



Aalto-yliopisto
Insinööritieteiden
korkeakoulu

Ville Viitanen

Parhaat käytännöt katutyömaan hukan ja aiheutuneen haitan minimoimiseksi

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

Espoossa 7.5.2020

Valvoja: Professori Antti Peltokorpi

Ohjaaja: Tekniikan tohtori Rita Lavikka

Tekijä Ville Viitanen

Työn nimi Parhaat käytännöt katutyömaan hukan ja aiheutuneen haitan minimoimiseksi

Maisteriohjelma Geoengineering**Koodi** ENG23

Työn valvoja Professori Antti Peltokorpi

Työn ohjaaja(t) Tekniikan tohtori Rita Lavikka

Päivämäärä 7.5.2020**Sivumäärä** 64**Kieli** suomi

Tiivistelmä

Katuhankkeet aiheuttavat merkittävää haittaa kadunvarren asukkaille, hankkeiden vaikutusalueella oleville yrityksille, sen läpi liikkujille sekä muille katualueen käyttäjille. Katu-alueella sijaitsevat kunnallistekniset järjestelmät ovat useilta osin tulleet elinkaarensa päähän ja tarve katujen korjausrakentamiselle on tällä hetkellä suuri. Katujen korjausrakentamisen haasteet eivät vastaa tyyppillisen talonrakentamisen tai infrarakentamisen haasteita, jolloin ratkaisut on kehitettävä katurakentamista tukeviksi.

Tämä diplomityö on toteutettu osana Helsingin kaupungin Aalto yliopistolta tilaamaa Toimivat katuhankkeet projektia, jonka tavoitteena oli tunnistaa katuhankkeiden ongelmakohdat ja löytää rakentamista nopeuttavia ratkaisuja. Tässä työssä koottiin Helsingin katuhankkeiden haasteet, sekä analysoitiin katuhankkeissa syntyvää hukkaa ja jaoteltiin se kirjallisuudesta löytyviin hukkatyyppeihin. Lisäksi kartoitettiin olemassa olevia hyviä käytäntöjä, joilla voidaan vaikuttaa tunnistettuihin haasteisiin. Lopuksi työssä arvioitiin kunkin toimintamallin soveltuvuutta Helsingin kontekstiin, sekä niiden vaikutusta tunnistettuun hukkaan. Työn aineisto kerättiin haastatteleamalla eri toimijoita, sekä Toimivat katuhankkeet projektin yhteydessä pidetyistä työpajoista

Katujen saneeraushankkeiden haasteiksi tunnistettiin käytössä olevat urakoitsijoiden valintakriteerit ja sopimusmallit, jotka ovat liian suppeita ja jäykkiä katuhankkeiden sujuvaan ja joustavaan toteuttamiseen. Katuhankkeet toteutetaan poikkeuksellisen haastavassa toimintaympäristössä. Lisäksi monen eri toimijan ja tilaajan työmaat ovat haastavia kokonaisuuksia hallita suunnittelun, aikataulujen ja työn yhteensovittamisen osalta. Hankkeiden lähtötiedot ovat hyvin puutteelliset, joka yhdessä valmiiksi laadittujen suunnitelmien kanssa aiheuttaa jatkuvia muutostarpeita hankkeiden aikana. Nykyinen muutostenhallintaprosessi aiheuttaa keskeytyksiä rakentamiseen hitautensa takia. Nykyisessä toteutusmallissa hukkaa esiintyy lähes jokaisessa hankkeen eri vaiheessa.

Tässä työssä tunnistettiin jo olemassa olevia käytäntöjä, joilla katuhankkeiden haasteita voitaisiin ratkoa. Yhteistyötä ja joustavuutta edistävät sopimusmallit helpottavat rakentamisen aikaisten ongelmien ratkaisua, erilaisilla työtavoilla voidaan vaikuttaa esimerkiksi lähtötietojen laatuun ja nykyaikaisten teknologioiden hyödyntämisellä voidaan helpottaa muun muassa osapuolten välistä kommunikaatiota. Katurakentamisen haasteisiin on siis olemassa malleja, joilla suurimman osan haasteista voi ratkaista. Uusien käytäntöjen toimeenpano vaatii yhteistyötä ja ponnisteluja.

Avainsanat Katurakentaminen, infrarakentaminen, hukka, sopimusmallit, kilpailutus



Author Ville Viitanen

Title of thesis Best Practices to Minimize Waste and Disturbance in Street Renovation Projects

Master programme Geoengineering

Code ENG23

Thesis supervisor Professor Antti Peltokorpi

Thesis advisor(s) D.Sc. (Tech.) Rita Lavikka

Date 7.5.2020

Number of pages 64

Language Finnish

Abstract

Street renovation projects cause significant disturbance to traffic, businesses and people. Different infrastructure systems located under the street surface have reached the end of their life cycle in many cities in Finland. This causes and increased need for new street renovation projects. The challenges of street renovation projects differ significantly from typical infrastructure or building construction projects. There is a need for developing solutions specific to the street renovation setting.

This master's thesis is part of Aalto university's Toimivat katuhankkeet project. The project was commissioned by the city of Helsinki to develop solutions to speed up construction. In this thesis the challenges in Helsinki's street renovation project were researched and their root causes were analysed. Additionally, the waste present in these projects was identified and categorized. Best practices to solve these challenges were also researched. Finally, for each found practice suitability for Helsinki's projects was analysed and their ability to reduce waste was also considered. The material for this thesis was gathered through interviews and workshops.

The major challenges of street renovation projects were found to be contracts and tendering process that do not allow flexibility during construction. The working environment of street renovation projects is challenging. Also, the multiple owners of different infrastructure systems make coordination in design, scheduling and work a challenge. The initial data for construction is often incomplete or wrong which drives a constant need to change the designs during construction. However, the current model for dealing with design changes is too slow and rigid to keep construction flowing without stops. Additionally, waste was found in almost all the stages of the current projects.

Best practices which could help with the challenges were identified. Project delivery methods which encourage co-operation and flexibility were found to help with surprises during construction. Planning methods could help creating more reliable initial data. The use of modern technology could help co-planning and co-operation among different parties. There are multiple best practices which could mitigate most of the problems of street renovation projects, but effort and co-operation is needed in order to put these practices in to use.

Keywords Infrastructure construction, street renovation, waste, project delivery methods, tendering

Alkusanat

Tämä työ on tehty osana Helsingin kaupungin Aalto yliopistolta tilaamaa Toimivat katuhankeet tutkimusta. Idean tämän työn aiheeseen sain professori Antti Peltokorvelta.

Haluan kiittää syvästi Antti Peltokorpea mahdollisuudesta osallistua erittäin mielenkiintoiseen projektiin, sekä diplomityön tekemisen aikaisesta tuesta ja kärsivällisyydestä. Haluan myös kiittää Rita Lavikkaa työn ohjauksesta. Lisäksi haluan kiittää koko toimivat katuhankeet projektiryhmää mahdollisuudesta olla mukana tässä hankkeessa, sekä hyvästä ajatusten vaihdosta ja kannustuksesta.

Lopuksi haluan vielä kiittää vaimoani rajattomasta tuesta, kannustuksesta ja kärsivällisyydestä, sekä vanhempiani kaikesta saamastani avusta. Ilman teitä tämä ei olisi ollut mahdollista.

Vantaalla 30.7.2020

Ville Viitanen

Sisällysluettelo

Lyhenteet.....	1
1 Johdanto.....	2
1.1 Tutkimuksen tausta.....	2
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset.....	3
1.3 Tutkimusmenetelmät.....	3
2 Teoria ja aikaisemman tiedon kuvaus.....	5
2.1 Katurakentaminen.....	5
2.1.1 Katurakentamisen erityispiirteet.....	5
2.1.2 Katurakentamisesta aiheutuvat haitat.....	6
2.1.3 Yhteisrakentaminen.....	7
2.1.4 Maanalaisen infrastruktuurin paikantaminen.....	8
2.2 Urakkamuodot ja kilpailutus.....	10
2.2.1 Käytössä olevat toteutus- ja urakkamuodot.....	10
2.2.2 Kilpailutus ja kannustimien käyttö.....	13
2.3 Lean johtaminen.....	15
2.3.1 Lean ja Toyota Production System.....	15
2.3.2 Lean-ajattelun periaatteet.....	17
2.3.3 Hukka.....	18
2.3.4 Lean rakentamisessa.....	19
2.3.5 Lean työkalut rakentamisessa.....	21
2.4 Kirjallisuuskatsauksen lopputulokset.....	23
3 Tutkimusaineisto ja aineistonkeruumenetelmät.....	24
3.1 Aineistonkeruu- ja analysointimenetelmät.....	24
3.2 Tutkimusaineisto.....	24
4 Helsingin katuhankkeiden nykytila.....	26
4.1 Prosessi ja osapuolet.....	26
4.2 Katuhankkeiden haasteet.....	28
4.3 Katuhankkeiden aiheuttamat häiriöt.....	33
4.4 Helsingin katuhankkeiden haasteiden analyysi.....	34
4.5 Tunnistettu hukka.....	36
5 Parhaat tunnistetut käytännöt.....	37
5.1 Sopimusmallit ja kilpailutus.....	37
5.1.1 Allianssimalli.....	37
5.1.2 Puitekumppanuus.....	39
5.1.3 Yksikköhintakilpailutus ja kehitysvaihe.....	39
5.1.4 Bonukset ja läpimenoajan painotus.....	41
5.1.5 Bonusten liittäminen asiakastyytyväisyyteen.....	42
5.2 Työtavat.....	43
5.2.1 Riskien systemaattinen tarkastelu.....	43
5.2.2 Kadun sulkeminen liikenteeltä.....	44
5.3 Teknologian hyödyntäminen.....	45
5.3.1 Mallipohjainen suunnittelu.....	45
5.3.2 Maatutka.....	46
5.3.3 Visuaaliset apuvälineet.....	47
5.3.4 Suurtehoimurin käyttö kaivamiseen.....	48
5.4 Häiriöiden ehkäisy ja niiden vaikutusten vähentäminen.....	48
5.5 Parhaiden käytäntöjen arviointi ja soveltuvuus Helsinkiin.....	49
5.5.1 Sopimusmallit ja kilpailutus.....	49
5.5.2 Työtavat.....	51
5.5.3 Teknologian hyödyntäminen.....	54

5.6	Yhteenveto tuloksista.....	56
6	Pohdinta ja johtopäätökset.....	59
	Lähdeluettelo	61

Lyhenteet

LPS	Last Planner System- tuotannonohjausmenetelmä
LVM	Liikenne- ja viestintäministeriö
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
TPS	Toyota Production System, Toyotan kehittämä tuotantofilosofia
YKT	Yhteinen kunnallistekninen työmaa

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta

Jo pidemmän aikaa Suomessa on ollut käynnissä kaupungistumisprosessi, jossa ihmiset ovat keskittyneet asumaan maan suurimpiin kaupunkeihin. Kaupungistumisen kanssa samaan aikaan on tapahtunut kaupunkialueiden tiivistämistä uudenlaisten alueidenkäyttöstrategioiden seurauksena. Entistä tiiviimmät ja suuremmat kaupunkikeskittymät yhdessä vihreiden arvojen nousun kanssa ovat aiheuttaneet muutosta ihmisten liikkumistapoihin, joka on näyttäytynyt haluna panostaa julkiseen-, sekä kevyeen liikenteeseen. Myös olemassa olevat katuverkostot joutuvat muutospaineen alle, kun kaupunkeihin halutaan laajempia kävelykeskustoja, parempia pyöräteitä tai uusia raitiovaunuyhteyksiä.

Katualueet toimivat myös kiinteistöjä palvelevan kaupunki-infrastruktuurin sijoituspaikkana. Katualueille on sijoitettu ajan saatossa niin vesijohdot, viemärit, sähköjohdot, kuin kaukolämpöputketkin. Tämä infrastruktuuri vaatii huoltamista ja on monessa kunnassa tullut peruskorjausikään. Pahimmillaan käytössä on edelleen esimerkiksi vesijohtoja, jotka ovat 1800-luvulta. Katujen alla olevalla infrastruktuurilla on siis jo korjausvelkaa ja paine peruskorjaukseen merkittävä. Vanhan lisäksi tällä hetkellä rakennetaan useassa paikassa uutta infrastruktuuria vanhoihin kaupunginosiin. Teleoperaattorit rakentavat valokuituverkkoaan ja kiinteistöjen jäähdytystarpeisiin pyritään vastaamaan kaukokylmäverkolla.

Katuhankkeet ja kadulla tapahtuva rakentaminen aiheuttavat merkittävää haittaa kadunvarren asukkaille, hankkeiden vaikutusalueella oleville yrityksille, sen läpi liikkujille ja muille katualueen käyttäjille. On siis tarve parantaa katuhankkeiden toimintatapoja niiden läpimenoajan lyhentämiseksi ja haittavaikutusten vähentämiseksi. Nykyrakentamisessa syntyy merkittävä määrä hukkaa, jota vähentämällä saadaan nopeutettua rakentamista, sekä parannettua sen laatua.

Helsingissä katujen korjausrakentaminen on erittäin ajankohtaista, sillä sitä tehdään merkittävässä määrin tulevina vuosina. Helsinki on ottanut tavoitteekseen olla maailman toimivin kaupunki ja siihen tavoitteeseen kuuluu mahdollisimman pienet korjausrakentamisesta aiheutuneet häiriöt kaupunkilaisille. Helsinki onkin käynnistänyt useita hankkeita katurakentamisen parantamiseksi. Tämä diplomityö on toteutettu osana Helsingin kaupungin Aalto yliopistolta tilaamaa Toimivat katuhankkeet projektia, jossa selvitetään Helsingin katuhankkeiden nykytilan haasteita, sekä pyritään kehittämään niihin ratkaisuja.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tavoitteena on löytää ja tunnistaa jo käytössä olevia toimintamalleja Helsingin kantakaupungin katujen korjausrakentamisprojekteissa esiintyvän hukan minimoimiseen, sekä näiden projektien aiheuttamien häiriöiden vähentämiseen.

Tutkimuskysymykset

1. Mitkä ovat katujen korjaushankkeiden ongelmakohdat niiden sujuvan läpiviemisen kannalta? Millaisia häiriöitä kyseisistä hankkeista aiheutuu?
2. Millaisia toimintatapoja on olemassa näiden ongelmien ratkaisuksi? Millaisia toimintatapoja on olemassa aiheutuneiden häiriöiden vähentämiseksi?
3. Miten tutkitut ratkaisut sopivat Helsingin kaupungin katuhankkeisiin?

Tutkimus keskittyy sekä rakentamisen ongelmiin, että sen aiheuttamaan haittaan. Helsingin kantakaupungin korjausrakentamisen nykytila tulee selvittää, jotta ymmärretään sen haasteet, joihin parhailla toimintamalleilla voidaan vaikuttaa. Parhaita toimintamalleja tarkastellaan siinä kontekstissa, jossa ne ovat käytössä, mutta niiden soveltuvuutta Helsingin toimintaympäristöön on myös arvioitava.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa käytettiin konstruktivistista tutkimusotetta. Konstruktivistinen tutkimusote on metodologia, jolla pyritään löytämään innovatiivisia ratkaisuita reaali maailman ongelmiin ja sitä kautta tuottamaan lisäarvoa tieteenalalle, jossa sitä sovelletaan. Konstruktivistinen tutkimusote edellyttää muun muassa, että tutkimus on huolellisesti kytketty olemassa olevaan tietoon ja teoriaan, ja että empiiriset löydökset reflektoidaan takaisin teoriaan. Konstruktivistisessa tutkimuksessa haluttu päämäärä on valmiiksi tiedossa, mutta miten se saavutetaan ei ole. Tässä työssä konstruktivistisen tutkimuksen tuloksena syntyi uusien toimintatapojen suunnitelmia, joita sovelletaan käytäntöön tutkimushankkeen seuraavassa vaiheessa. (Lukka 2001)

Tutkimuksessa käytettiin tutkimusstrategiana tapaustutkimusta. Tapaustutkimuksessa pyritään tutkimaan syvällisesti vain yhtä kohdetta tai ilmiökokonaisuutta. Tapaustutkimuksen tavoitteena on tutkimuskohteen systemaattinen, tarkka ja totuudenmukainen kuvailu (Aaltio-Marjosola 1999). Tämän tutkimuksen tapauksessa tapaustutkimuksen kohteena oli Helsingin katuhankkeet, niiden aiheuttamat haitat, sekä haasteet niiden nopealle läpimenoille. Tutkimuksessa käytettiin lisäksi vertailukehittämisen (benchmarking) keinoja. Vertailukehittämisessä omaa toimintaa vertaillaan valitun kohteen toimintaan, josta pyritään oppimaan ja tätä kautta kehittämään omaa toimintaa (Kyrö 2004). Tässä tutkimuksessa vertailukehittämisen menetelmiä käytettiin parhaiden käytäntöjen löytämiseen ja tunnistamiseen.

Tutkimus toteutettiin ensin tekemällä kirjallisuuskartoitus olemassa olevasta tiedosta ja teorioista. Kirjallisuuskartoituksessa painotettiin erityisesti katurakentamisen erityispiirteitä ja sen nykyisiä haasteita, jotta saatiin kuva katuhankkeiden yleisistä haasteista, joita voitiin myöhemmin verrata Helsingin katuhankkeiden haasteisiin. Ilmiökokonaisuuteen liittyvät teoriat pyrittiin kuvaamaan siinä laajuudessa, kuin tämän hankkeen yhteydessä niihin pystytään vaikuttamaan. Toisin sanoen teoria rajattiin tilaajan, urakoitsijoiden ja

suunnittelijoiden vaikutusmahdollisuuden piirissä olevaan aikaisempaan tietoon ja teorioihin. Tämä aihepiiri alkaa rakennushankkeessa tilaajan tekemistä valinnoista kilpailutuksesta ja urakkamallivalinnoista jatkuen suunnittelun kautta työn toteutukseen. Ratkaisuja haasteisiin pyrittiin löytämään myös rakennusalalla viime vuosina voimakkaasti vaikuttaneesta lean- ajattelusta. Lean- ajattelu tarjoaa työkaluja rakennushankkeissa syntyvän hukan tunnistamiseen, sekä sen vähentämiseen.

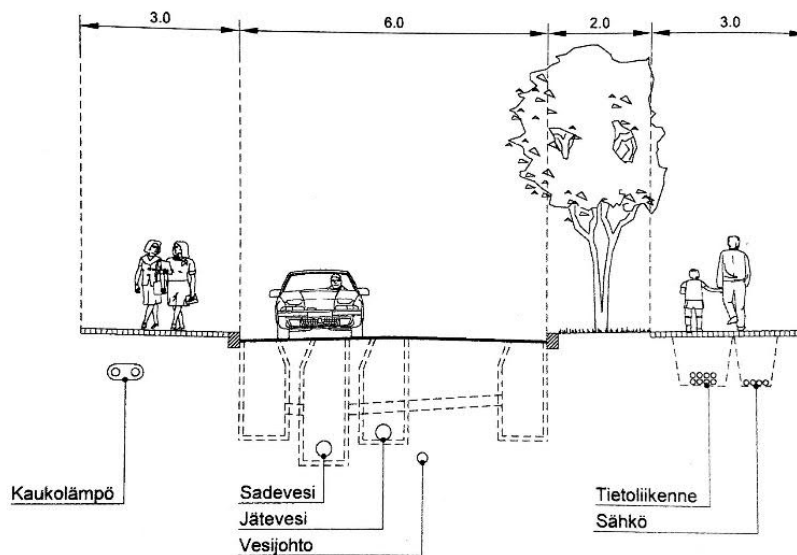
Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa työpajojen ja Toimivat katuhankkeet -tutkimushankkeen alussa tehtyjen haastattelujen perusteella muodostettiin kokonaiskuva Helsingin katuhankkeiden haasteista. Haastatteluista kerättiin myös tietoa katuhankkeissa esiintyvistä hukasta. Toisessa vaiheessa pyrittiin löytämään jo käytössä olevia ratkaisuja tunnistettuihin haasteisiin ja hukan vähentämiseksi. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa usea toimija ilmoitti kiinnostuksen esitellä omia toimintamallejaan tätä tutkimusta varten. Tämän lisäksi ensimmäisen vaiheen urakoitsijahaastatteluissa nousi esiin kohteita, joissa oli käytössä tai käytetty onnistuneesti toimintamalleja tai työkaluja, jolla katuhankkeita saataisiin sujuvammiksi. Lisäksi kirjallisuuden perusteella tunnistettiin kohteita, joissa oli käytetty tavanomaisesta poikkeavia potentiaalisia malleja tai työkaluja. Sekä ilmoittautuneita, että haastatteluissa esiin nousseita kohteita tutkittiin haastattelemalla toimintamalleja ja työkaluja käyttäneitä, sekä tutkimalla erilaisia näihin toimintamalleihin ja työkaluihin liittyviä asiakirjoja. Tutkimuksen kolmannessa vaiheessa arvioitiin löydettyjen ratkaisuiden toimivuutta teorian pohjalta, sekä niiden soveltuvuutta Helsingin kontekstiin.

2 Teoria ja aikaisemman tiedon kuvaus

2.1 Katurakentaminen

2.1.1 Katurakentamisen erityispiirteet

Katurakentaminen poikkeaa merkittävästi tien rakentamisesta ja talon rakentamisesta. Samalla tavalla myös kadun peruskorjaus poikkeaa merkittävästi tien tai rakennuksen peruskorjauksesta. Katualueella sijaitsee tyypillisesti merkittävä määrä muitakin rakenteita, liikkumiseen tarkoitettujen rakenteiden lisäksi. Tyypillisiä katualueella olevia rakenteita ovat vesijohdot, viemäriputket, kaukolämpö- ja kaukokylmäputket sekä sähkö- ja telejohdot (*Katu 2002 : kadunrakennuksen tekniset ohjeet.*). Katualueen tehtävänä on liikumisen ja siihen liittyvien toimintojen lisäksi toimia muun kaupunkia palvelevan infrastruktuurin sijoituspaikkana.



Kuva 1. Teknisen huollon sijoitus katualueella. Katualueella on usean eri omistajan laitteistoa pintakerrosten alla. (*Katu 2002 : kadunrakennuksen tekniset ohjeet.* 2003)

Katualueella olevalla kunnallistekniikalla on tyypillisesti useita eri omistajia, vaikka kunta omistaisikin katualueen. Esimerkiksi vesi-, sähkö- ja telejohdoilla on kaikilla omat omistajansa. Näiden järjestelmien omistajilla on usein omat intressinsä, jotka eivät välttämättä ole samat kuin katualueen omistavalla kunnalla. (*Katu 2002 : kadunrakennuksen tekniset ohjeet.* 2003). Kadunpidon järjestäminen kuuluu kuitenkin lain mukaan kunnalle. ”Kadunpito käsittää kadun suunnittelemisen, rakentamisen ja sen kunnossa- ja puhtaanapidon sekä muut toimenpiteet, jotka ovat tarpeen katualueen ja sen yläpuolisten ja alapuolisten johtojen, laitteiden ja rakenteiden yhteen sovittamiseksi” (*Maankäyttö- ja rakennuslaki.* 1999).

Vanhoille katualueille on ajan saatossa rakennettu kaapeleita ja johtoja usein satunnaisesti niihin paikkoihin mistä on löytynyt tilaa. Vanhoja käytöstä poistettuja kaapeleita ja putkia ei tyypillisesti poisteta katualueelta kustannussyistä, kun uusia asennetaan tilalle. Katutila onkin vuosien saatossa täytynyt merkittävästi, sekä käytössä olevista järjestelmistä, että jo käytöstä poistetuista putkista ja kaapeleista. Nykytilanne saattaa paikoin olla se, että

katutilasta on vaikea löytää tilaa uusille kaapeleille. (Reiniko Oy ym. 2010; Alatyppö & Sipilä 2017)

Katuhankkeiden osapuolien haastatteluista on käynyt ilmi, että nykyisten laitteiden ja joihtojen lähtötiedot ovat kunnilla usein epätarkkoja eivätkä vastaa todellista tilannetta (Haapaniemi 2013). Paikoin olemassa olevasta infrastruktuurista ei ole tietoa lainkaan, tai tieto saattaa olla hyvin vajavaista. Kaapelien kulku maassa on saatettu piirtää karttaan suorana viivana, vaikka todellisuudessa se jäljittelisikin esimerkiksi tien muotoja. Tyypillisesti myös kaapelien ja putkien asennussyvyyden tieto puuttuu. (Reiniko Oy ym. 2010)

Helsingissä vuoden aikana tapahtuvissa kaivutöistä 33% oli myöhässä alkuperäisestä aikataulustaan 2017 julkaistussa tutkimuksessa. Myöhästymiset aiheutuivat muun muassa huonosti valmistellusta työstä, työvaiheiden puutteellisesta yhteen sovittamisesta tai materiaalityömitusten myöhästymisistä, mutta myös maanalaisen infrastruktuurin aiheuttamat yllätykset, sekä vauriot ja odottamattomat esteet ovat yleisimpiä syitä katualueilla tehtävien kaivutöiden myöhästymiselle (Alatyppö & Sipilä 2017).

Sähkökaapelien, sekä vesihuoltojärjestelmien lisäksi katualueella on yleensä myös tietoliikennekaapeleita. Tietoliikenne operaattoreita saattaa toimia alueella useita, joilla kaikilla on omat kaapelikanavansa. Vaikka telemarkkina-alueissa televerkkoyritykset veloitetaan vuokraamaan kaapelikanavan vapaana oleva osa muille yrityksille tämä ei yleensä toteudu johtuen korkeista vuokrista ja valvonnan hankaluudesta. (*Katu 2002 : kadunrakennuksen tekniset ohjeet. 2003; Telemarkkina-alue 396/1997.*)

Pohjatutkimusten tekeminen käytössä olevalla katualueella on huomattavasti haastavampaa kuin uudisrakentamiskohteissa. Katualueella työtä hidastavat muun muassa liikenne, sekä alueella olevat rakenteet ja järjestelmät. Liikennevirasto määrittelee katualueella tehtävien pohjatutkimusten olosuhteet vaikeiksi tai erittäin vaikeiksi. Vaikeat tai erittäin vaikeat olosuhteet lisäävät merkittävästi pohjatutkimusten kustannuksia ja niihin kuluva-aikaa. (*Pohjatutkimuksen työsaavutukset ja kustannukset. 2008*)

2.1.2 Katurakentamisesta aiheutuvat haitat

Katutyömaa voi aiheuttaa haittoja terveydelle, liikenteelle, sekä liike-elämälle. Yksi suurimmista ongelmien aiheuttajista on melu (Summanen 2013). Ympäristömelu aiheuttaa helposti häiriöitä sille altistuville ja pidempään jatkuessaan se voi aiheuttaa muun muassa erilaisia unen häiriöitä (Jauhiainen 2009). Tehokkain tapa meluhaittojen ehkäisemiseksi on tiedottaminen. Lyhytaikaista meluhaittaa on helpompaa sietää, kun siitä tietää etukäteen. Etukäteen tiedossa olevaan meluhaittaan voi myös varautua, joka osaltaan ehkäisee haittavaikutusten syntyä. (Summanen 2013)

Katurakentamisen yhteydessä syntyvä pöly on myös terveystaittojen aiheuttaja. Pitkäaikainen altistuminen on erityisen haitallista, mutta myös tilapäisestä altistumisesta pölylle saattaa olla merkittäviä haittoja terveydelle. Pölyä on havaittu olevan kohonneita arvoja rakennustyömaiden lähistöllä erityisesti kesäaikaan. Katutyömaalla pölyä muodostuu erityisesti maanrakennusvaiheessa, mutta mikäli työmaalla louhitaan tai porataan kalliota, muodostuu myös siitä pölyä. Maa-aines joka kulkeutuu työmaalta katualueelle, lisää katualueen pölyvarastoa. Kuivuessaan se nousee ilmaan liikenteen tai tuulen mukana. (Summanen 2013)

Tie- ja katualueilla tehtävät työt aiheuttavat haittaa autoliikenteelle ja kevyelle liikenteelle. Tyypillisimmät häiriöt liikenteessä ovat matka-aikojen kasvu, ruuhkautuminen ja epätietoisuus liikennejärjestelyistä. Pienhiukkaspäästöjen lisäksi autoliikenne aiheuttaa myös typpioksidipäästöjä. Nämä päästöt riippuvat automäärästä ja ajonopeudesta ja ovat ongelma erityisesti kaupunkirakenteessa olevissa katukuiluissa. Ruuhkautuminen ja liikenteen sujuvuuden heikentyminen alentavat ajonopeutta, jolloin typen oksidipäästöt kasvavat ja ilmanlaatu heikkenee. (Kollamus ym. 2015)

Tietyömaasta on haittaa myös sen vaikutusalueen yrityksille. Minnesotan liikenneviraston teettämässä raportissa havaittiin yritystoiminnalle haitalliseksi muun muassa rajoittunut pääsy yrityksiin, vähentynyt liikenne alueella, projektin pitkä kesto, heikot opasteet, tien sulkemiset ja kiertotiejärjestelyt. Lisäksi yritykset ilmoittivat myös joissain tapauksissa ruuhkautumisen vaikeuttaneen asiakkaiden pääsyä yritykselle ja sieltä pois, sekä pysäköintitilan vähenemisen saaneen asiakkaat välttelemään työmaan vaikutusalueita. (Minnesota Department of Transportation 2009)

2.1.3 Yhteisrakentaminen

Katurakenne toimii usean eri infrastruktuurijärjestelmän sijoituspaikkana. Näiden järjestelmien asentamisesta aiheutuu häiriöitä tien käyttäjille, sekä ympäristön yrityksille ja asukkaille. Viime vuosina on alettu ymmärtämään katurakenteeseen sijoitettavien järjestelmien samanaikaisen rakentamisen etuja. Yhteisrakentamisen avulla saadaan kustannussäästöjä, kun kaivutyön kustannukset voidaan jakaa eri toimijoiden kesken. Häiriö kadun käyttäjille pienenee, kun häiriö aiheutuu vain kerran. Myös palvelutasoa saadaan kerralla nostettua kokonaisvaltaisesti. (Reiniko Oy ym. 2010)

Yhteisrakentamisella tarkoitetaan rakentamista, jossa useampi tilaaja tai omistaja rakentaa samaan aikaan samalla työmaalla. Yhteinen rakennustyömaa on määritelty valtioneuvoston asetuksessa rakennustyömaan turvallisuudesta niin, että se on työmaa jossa toimii samaan aikaan tai peräkkäin useampi kuin yksi työnantaja (*Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009*). Ei ole olemassa lakia, joka velvoittaisi eri osapuolia rakentamaan katualueella samaan aikaan ja tekemään rakentamisessa yhteistyötä, lukuun ottamatta telemarkkinalakia, jossa tietoliikenneverkko-operaattorit velvoitetaan yhteisrakentamiseen keskenään (*Telemarkkinalaki 396/1997*).

Kunnan vastuulla on katualueelle sijoitettavien johtojen ja laitteiden yhteensovittaminen (*Maankäyttö- ja rakennuslaki*. 1999). Kunnan tarve peruskorjata katua tai rakentaa uutta on lähtökohhta yhteisrakentamiseen katuhankkeissa ja yhteisen kunnallisteknisen työmaan syntymiselle (Suomen Kuntaliitto 2017). Yhteisrakentamisen osapuolet on määritelty Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisemassa raportissa Yhteisrakentamisen hyvät käytännöt seuraavasti: ”Yhteisrakentamisen osapuolia ovat liikenneväylien pitäjät, vesihuoltolaitokset, sähkön- ja kaasunjakelijat, kaukokylmän ja -lämmönjakelijat, teleoperaattorit ja maa-alueen omistajat” (Reiniko Oy ym. 2010).

Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisemassa raportissa Yhteisrakentamisen hyvät käytännöt vertailtiin useaa eri yhteisrakentamishanketta ja löydettiin kymmenen onnistuneita yhteisrakentamishankkeita yhdistävää tekijää (Reiniko Oy ym. 2010):

1. Riittävän aikainen tiedottaminen
2. Riittävä tulevien hankkeiden ennakointi

3. Avoin yhteistyö kaikkien osapuolten kesken
4. Yhteisen infrareitin hyödyntäminen
5. Selkeästi nimetty päätilaaja, jolla vetovastuu
6. Suunnittelun ja suunnitelmien yhteensovittaminen
7. Yhteinen kilpailutus
8. Yksi pääurakoitsija, joka vastaa koko hankkeen toteutuksesta
9. Pääurakoitsijalle alistetut sivu-urakoitsijat
10. Yksi päävalvoja

Raportin mukaan yhdenkin näistä tekijöistä puuttuminen voi johtaa siihen, yhteisrakentamisen edut jäävät saamatta.

Yhteinen kunnallistekninen työmaa (YKT) on Helsingin kaupungin kehittämä konsepti kunnallisteknisten järjestelmien yhteisrakentamiselle. YKT prosessi ulottuu hankesuunnittelusta rakentamiseen saakka. YKT prosessissa on yhdessä sovitut ja kehitetyt toimitatavat kullekin hankkeen vaiheelle. Ensimmäisen YKT- sopimus sovittiin 2008, jolloin mukana olivat kaupungin edustajat, vesilaitos, kaukolämpö, sähköverkko, sekä liikelaitos. Viimeisimmässä sopimuksessa mukana ovat edellä mainittujen lisäksi kaasujakelu, sekä kaikki merkittävimmät tietoliikenne operaattorit. (Ahlroos 2013; Karlsson 2018)

Tienrakennusprojekteissa jotka vaikuttavat maanalaisiin infrastruktuurijärjestelmiin, on näiden järjestelmien siirtämisen onnistumiseksi havaittu tärkeäksi kommunikointi, koordinointi ja yhteistyö. Tärkeimpinä työkaluina yhteistyön parantamiseksi on havaittu kuu-kausittaiset koordinoititapaamiset, aikainen tiedottaminen ja koordinointi, projektikohtainen koordinointi, sekä selkeä määritely taho, joka johtaa yhteistyötä ja koordinointia. (Aneetha 2018; El-Rayes ym. 2017; Sturgill ym. 2014)

2.1.4 Maanalaisen infrastruktuurin paikantaminen

Heikot tiedot katualueella olevista maanalaisista teknisistä järjestelmistä ovat maailmanlaajuinen ilmiö. Mikäli tunnistamattomia johtoja tai putkia löydetään urakan kaivuuvaiheessa, voidaan joutua suunnittelemaan teknisiä ratkaisuja uudelleen, mikä johtaa ongelmiin urakan aikataulun kanssa (Osman 2007). Heikkojen tietojen aiheuttamia projektien viivästyksiä ja kustannusten nousua on pyritty vähentämään kattavilla infrastruktuurin paikantamisohjelmilla. Eri puolilla maailmaa onkin luotu erilaisia standardeja maan alla olevien laitteiden ja järjestelmien paikantamiselle. Yleisesti englanninkielisessä kirjallisuudessa maanalaisien järjestelmien paikantamisesta käytetään lyhennettä SUE (subsurface utility engineering) ja sen suorittamisen ja ohjelmoinnin avuksi on luotu standardeja muun muassa Yhdysvalloissa, Britanniassa ja Kanadassa. Maanalaisen infrastruktuurin tutkimuksen käyttöä suositellaan projekteissa, joissa joudutaan siirtämään eri infrastruktuurin osia (Sturgill ym. 2014).

Iso-Britanniassa ja Yhdysvalloissa on saman tyyppiset standardit eri tasoille infrastruktuurin paikantamiseksi tehtäville tutkimuksille. Standardeissa tutkimukset on jaoteltu neljään tasoon jotka ovat:

Taso D: Olemassa olevan datan kerääminen aiemmasta tiedosta, kuten tietokannoista, tai suullisesta tiedosta.

Taso C: Kerätyn tiedon perusteella tilanteen tarkastaminen paikan päällä. Näkyvistä järjestelmien osista järjestelmien mittaaminen ja arviointi.

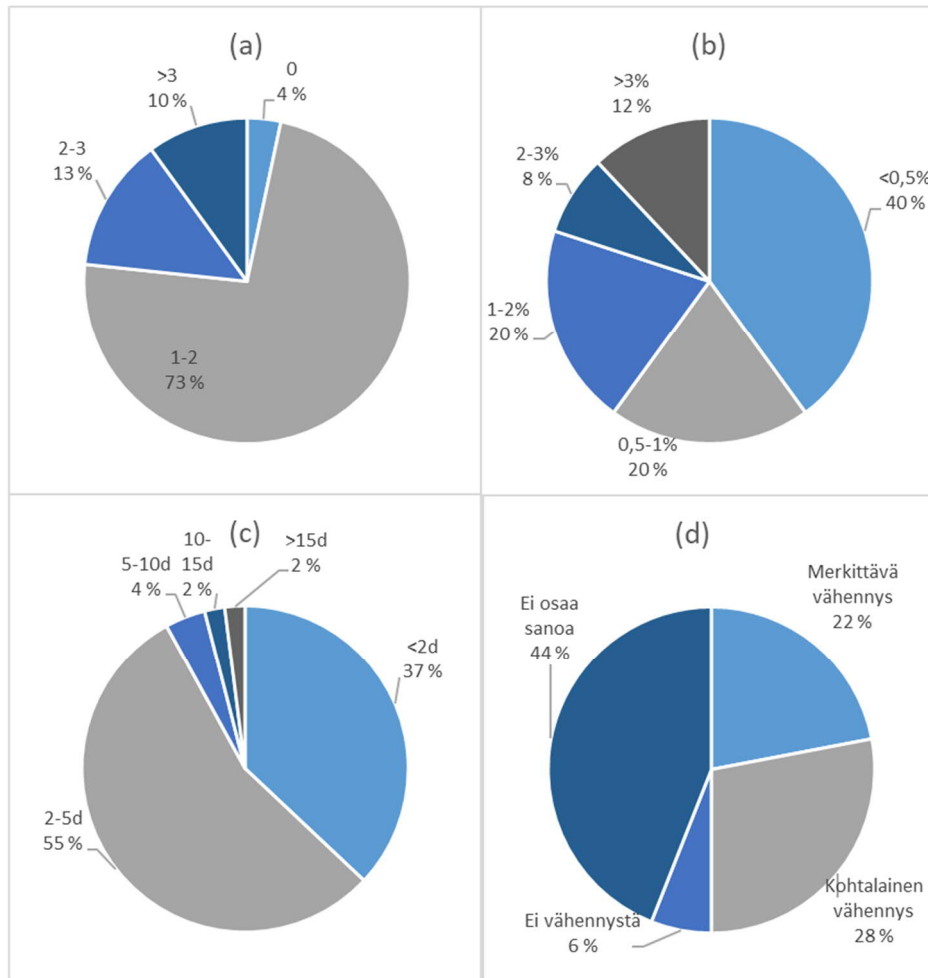
Taso B: Tasojen D ja C kerätyn tiedon perusteella tehtävä järjestelmien osien paikantaminen geofysikaalisin menetelmin. Geofysikaalisina menetelminä käytetään maatulkaa, sekä kaapelitulkaa. Maatulkan avulla saadaan tietoa järjestelmien sijainnista ja syvyydestä, kun taas kaapelitulkan avulla saadaan tietoa myös siitä mikä järjestelmä on kyseessä (sähkökaapeli, valurautaputki). Kaapelitulkan syvyyssulottuvuus on yleensä maksimissaan 4,5 metriä. Sillä voidaan löytää pieniä jännitteisiä kohteita, sekä metallisia kohteita maasta. Maatulkan syvyyssulottuvuus riippuu erittäin paljon maan ominaisuuksista, mutta se on tyypillisesti maksimissaan 4,5 metriä. Maatulkan avulla nähdään tietoa myös muista kerrosrajoista ja maanalaisista kohteista. Tällä tasolla tieto kerätään karttatiedoksi tai merkitään tien pintaan tulevia tutkimuksia varten.

Taso A: Varmistetaan kaivamalla järjestelmät esiin niiden sijainti ja laatu, jos esimerkiksi edellisten tasojen tulokset ovat jääneet epäselviksi tai etsittyä järjestelmää ei olla löydetty. Kaivuu tehdään käyttäen imukaivuria tai käsin kaivamalla. (American Society of Civil Engineers 2003; British Standards Institution 2014)

Tutkimustason valinta tehdään riskianalyysin perusteella. Georgian ja Washingtonin liikennelaitokset ovat kehittäneet vaikutusarviointikaavakkeen, jonka avulla arvioidaan maanalaisten järjestelmien vaikutuksia projektille ja niiden aiheuttamia riskejä, sekä sitä kautta annetaan ohje tutkimustason valinnasta (Singha ym. 2007). Yhdysvaltojen moottoriteiden rakentamisesta vastaava Federal Highway Administration saattaa pienissä projekteissa, joissa järjestelmät ovat hyvin tiedossa, käyttää vain tason D tutkimuksia, mutta monimutkaisissa projekteissa palkataan ulkopuolinen ammattilainen arvioimaan tarvittavaa tutkimuksen tasoa. Esisuunnitteluvaiheessa tyypillisesti tehdään tutkimus tason D mukaan. Yleissuunnitteluvaiheessa tyypillisesti tutkimusta jatketaan tasolle B saakka, jolloin voidaan merkittävästi helpottaa uusien järjestelmien suunnittelua niin, etteivät ne törmää vanhojen kanssa. Pienillä muutoksilla suunnitelmiin voidaan saada työn tekemistä turvallisemmaksi ja helpommaksi. Lopullisia tie- tai katusuunnitelmia varten tunnistetaan mahdolliset epävarmuuskohdat, joissa tehdään tason A tutkimukset. Tutkimuksissa saadut tiedot jaetaan myös muille tahoille, kuten järjestelmien omistajille, sekä järjestelmä-tietojen ylläpitäjille. (Federal Highway Administration 2018)

Yhdysvaltojen moottoriteiden rakentamishankkeita käsitelleessä tutkimuksessa ja Kanadan Ontarion provinssin katuhankkeita käsitelleessä tutkimuksessa on todettu, että maanalaisten infrastruktuurin paikantamisohjelmilla saavutetaan positiivisia vaikutuksia aika- ja rahassäästöjen muodossa. Tutkituissa Yhdysvaltojen moottoritiehankkeissa tutkimuksiin käytetyt rahat saatiin takaisin 4,62 kertaisina ja Ontarion katuhankkeissa 3,41 kertaisina. Tulot koostuivat onnettomuuksien vähentymisestä, yllätyksistä johtuvien lisä- ja muutostöiden aika ja hintavaikutuksista, suunnittelukulujen vähentymisestä, ongelmien tunnistamisesta jo suunnitteluvaiheessa, järjestelmille aiheutuneiden rikkoutumisten vähenemisestä, sekä liikenteelle aiheutuneen häiriön vähenemisestä. Tutkituissa Ontarion katuhankkeissa oli kaikissa onnistuttu löytämään, A ja B tasoja yhdistävällä tutkimusohjelmalla, väärin karttoihin merkittyjä järjestelmiä. Lisäksi monessa hankkeessa oli löy-

detty aiemmin tuntemattomia järjestelmiä tai niiden osia. Molempien tutkimusten perusteella suositeltiin maanalaisen infrastruktuurin tutkimista B ja A tason tutkimuksilla. (Osman 2007; Lew 1998)



Kuva 2 – Urakoitsijoille teetetyt kyselytutkimuksen tulokset maanalaisten järjestelmien vaikutuksista Ontarion katuhankeissa: (a) epätarkkoista sijaintitiedoista johtuneet järjestelmien rikkoutumiset hanketta kohden, (b) keskimääräiset korvaukset (% urakan kokonaishinnasta) epätarkkojen tietojen takia, (c) projektiin aiheutunut viive epätarkkojen tietojen seurauksena, (d) potentiaalinen urakoitsijan riskikiintiön vähennys mikäli tiedot olisivat tarkkoja. (Osman 2007)

2.2 Urakkamuodot ja kilpailutus

2.2.1 Käytössä olevat toteutus- ja urakkamuodot

Hankkeen toteutusmuodolla tarkoitetaan rakennushankkeen toteuttamiseksi vaadittavien hankintojen tavan ja hankkeen tarvitsemien palvelutuottajien valintojen, hinnanmääritystapojen, sopimusten ja vastuunjaon muodostamaa kokonaisuutta. Toteutusmuodon valinta on tilaajalle strateginen, sillä se määrittää hankkeen kulun. Tilaajan tulee ensin päättää mitkä osat hankkeesta tilaajaorganisaatio toteuttaa itse. Jäljelle jääneet tehtävät tilaajaorganisaatio jakaa ulkopuolisille palveluntarjoajille valitsemansa kokoisina osuuksina. Tärkeimpiä hankkeen toteutusmuotoon vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa:

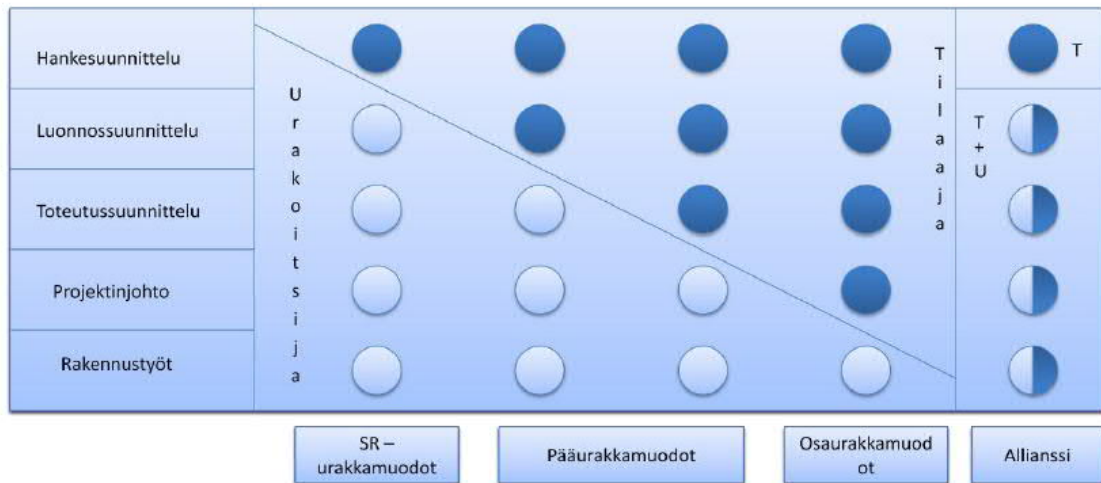
- Kohteen tekninen vaativuus

- Aikataulun kireys
- Tarve pysyä aikataulussa
- Kustannustaso
- Tarve pysyä kustannuksissa
- Suunnitelmien laatutaso
- Suunnitelmaratkaisuiden toimintavarmuus
- Laatuvaatimukset
- Toteutuksen joustavuus

(Kankainen & Junnonen 2001)

Lisäksi tilaajan tulee arvioida omien resurssiensa riittävyys, sekä oma osaamisen tasonsa eri toteutusmuotojen johtamiselle. Toteutusmuodon valinnalla pyritään saavuttamaan tilaajan tavoitteet ja minimoimaan tilaajalle aiheutuvat riskit. (Kankainen & Junnonen 2001) Peltosen mukaan toteutusmuodon valintaan vaikuttavat päätökset ovat suoritusvelvollisuuden määrittäminen, urakan laajuus, maksuperuste, tarjousten hankintatapa ja käytettävät asiakirjat (Peltonen 1999).

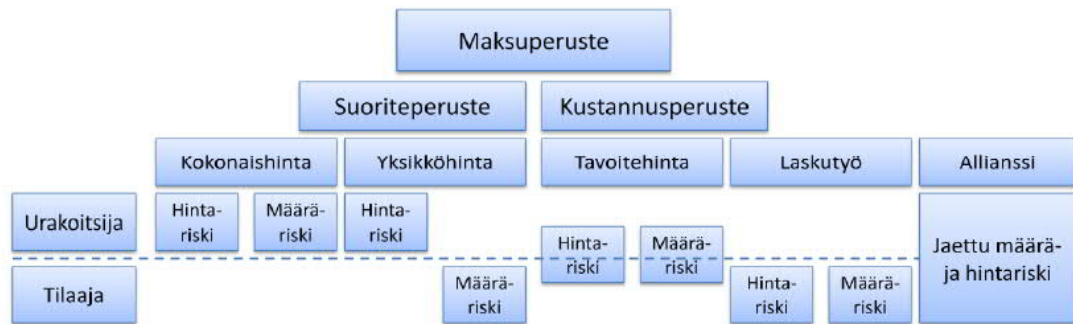
Urakkamuotojen vastuunjako voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan sen mukaan missä vaiheessa tilaaja siirtää urakoitsijalle vastuun urakan loppuun viemisestä. Suunnittelun sisältävissä urakkamuodoissa urakoitsija vastaa hankkeesta luonnossuunnitteluvaiheesta lähtien. Tämän toimintatavan yhtenä etuna on se, että tarjousta tekevät urakoitsijat ja suunnittelijat voivat jo tarjousvaiheessa löytää innovatiivisia suunnitteluratkaisuita. Kilpailutus voidaan myös toteuttaa hinta-, laatu- tai edullisuuskilpailuna. Tällöin hanke saadaan paremmin toteuttamaan tilaajan tavoitteita. Pääurakkamuodoissa tilaaja tekee tai teettää suunnitelmat, joiden pohjalta urakoitsija tekee toteutussuunnittelun ja toteuttaa hankkeen. Tilaaja voi teettää hankkeen kokonaisurakkana tai jakaa osia urakasta muille kuin pääurakoitsijalle. Tällöin pääurakoitsija on kuitenkin velvoitettu huolehtimaan työn kokonaisuorituksesta ja sivu-urakoitsijat ovat alistetut pääurakoitsijalle. Etuna kokonaisurakassa on se, ettei tilaajan tällöin tarvitse olla sopimussuhteessa useampaan urakoitsijaan, eikä ristiriitaisia vastuukysymyksiä synny yhtä helposti. Osaurakkamuodoissa tilaaja hoitaa projektin johtamisen sen suunnittelun lisäksi. Tilaaja voi myös hankkia projektinjohtamiseen konsultin tai projektinjohtourakoitsijan, joka hoitaa projektin johtamisen tilaajan sijasta. (Peltonen & Kiiras 1998)



Kuva 3 - Urakan vastuunjako eri toteutusmuodoissa (Peltonen & Kiiras 1998; Runtti 2015)

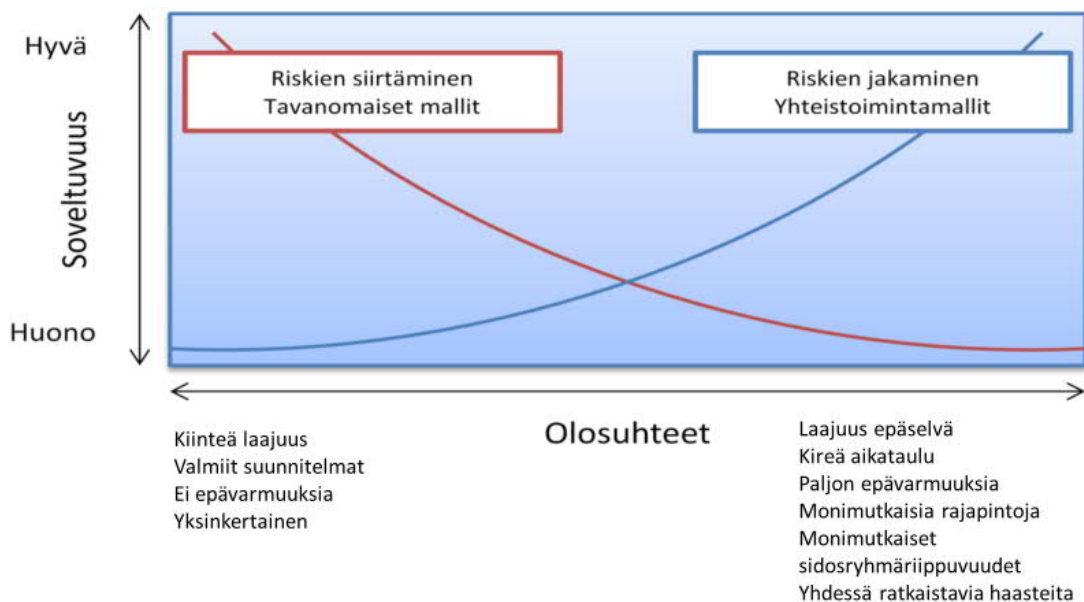
Rakennushankkeisiin liittyy aina riski. Riski voidaan jakaa sen seurauksien mukaan aikataulu-, kustannus-, laatu ja hallintoriskeihin. Riskejä voidaan pyrkiä ennakoimaan, niihin voidaan varautua tai riskiä voidaan siirtää sopimusteknisesti toiselle osapuolelle. Tilaaja voi esimerkiksi pyrkiä siirtämään riskiä urakoitsijalle (Peltonen & Kiiras 1998). Korjausrakentamisessa riskit poikkeavat jonkin verran tavallisesta uudisrakentamisesta. Riskejä korjausrakentamisessa aiheuttavat esimerkiksi piilossa olevat ongelmat, rakenteelliset muutostarpeet, suunnittelijoiden osaaminen ja suunnitelmien yhteensopivuus olemassa olevaan rakenteeseen. Korjausrakentamisessa lisä- ja muutostöiden osuus on merkittävästi suurempi, kuin uudisrakentamisessa. Purkuvaiheessa selviää suunnitelmien soveltuvuus kohteeseen ja sen takia sopimusmuodon tulee palvella tilaajan ja toteuttajan välistä yhteistyötä rakentamisen aikaisten yllättävien tilanteiden ratkaisemiseksi. Häiriöt vaikuttavat hankkeen aikatauluun negatiivisesti. Yleensä ongelmaksi muodostuu muutossuunnittelulle varattu vähäinen henkilöresurssi, joka aiheuttaa kiireellistä suunnittelua, jolloin ei voida ottaa huomioon ratkaisuiden kokonaisvaikutusta hankkeeseen, sekä sen aikatauluun. Tilaajan tulisikin sopimusmuodon avulla varmistaa myös muutossuunnittelun resurssien riittävyys. (Kallio 2005; Sastamoinen 2005)

Korjausrakentamisessa on yleistä, että suunnitelmia joudutaan muuttamaan vielä rakennusaikanakin, kun vanhaa rakennetta purettaessa saadaan uutta tietoa kohteen todellisista rakenteista. Korjaushankkeissa rakentamisen aikaiset muutostarpeet ovat yleisiä ja niitä on usein paljon hankkeen aikana. Muutokset saattavat yhden suunnitteluratkaisun lisäksi koskea esimerkiksi tuotantotapaa. Muutokset pitäisi pystyä toteuttamaan riidattomasti ja joustavasti, jotta riitely ei vaikuta kilpailutukseen ja urakka saadaan toteutettua budjetissa. Korjausrakentamisurakoilta vaaditaankin siis joustavampia muutosmahdollisuuksia, kuin perinteisiltä rakennusurakoilta. Muuntojoustavan rakentamisen saavuttamiseksi voidaan käyttää useita toteutusmuotoja tai niiden yhdistelmiä. Sekä pääurakkamuodot, että projektinjohtourakointi sopii muuntojoustavaan rakentamiseen. Urakkamuodon maksuperusteista tavoitehintaurakka sopii parhaiten muuntojoustavaan toteutukseen. Laskutyö ja kokonaishintaurakka soveltuvat sellaisenaan huonoiten muuntojoustavaan toteutusmuotoon. Suunnittelun osalta muuntojoustavuutta edellyttää muun muassa rakentamisen aikana tulevat yllätykset. Suunnittelussa ei ole järkevää tehdä täydellisiä suunnitelmia, joita joudutaan hankkeen aikana jatkuvasti muuttamaan. (Peltonen 1999)



Kuva 4 - Eri maksuperusteiden riskijaot urakoitsijan ja tilaajan välillä (Runtti 2015; Peltonen & Kiiras 1998)

Perinteisesti tilaaja pyrkii siirtämään mahdollisimman paljon riskiä muille osapuolille. On kuitenkin yleisesti hyväksyttyä, että riski urakoissa tulisi olla sillä osapuolella, jolla on parhaat mahdollisuudet sitä hallita. Usein tilaajan ja urakoitsijan välisiä riitoja syntyy, kun tilaaja pyrkii siirtämään urakoitsijalle riskejä, joita tämän ei ole mahdollista hallita. Mikäli projekti on rutiininomainen ei riskin siirtämisestä välttämättä ole haittaa. Kuitenkin mikäli projekti on esimerkiksi laajuudeltaan epäselvä, aikataulultaan poikkeuksellisen kireä, siinä on paljon epävarmuustekijöitä tai monimutkaisia rajapintoja, johtaa riskien siirtäminen helposti vastakkainasetteluun ja riitoihin. Tällaisissa hankkeissa paras lopputulos saadaan aikaiseksi yhteistyötä painottavalla toimintamallilla, kuten allianssilla, jossa riskit ja voitot jaetaan reilusti osapuolten kesken.



Kuva 5 - Perinteisten- ja yhteistoimintamallien soveltuvuus eri olosuhteissa (Runtti 2015; Ross 2003)

2.2.2 Kilpailutus ja kannustimien käyttö

Kilpailutuksella on merkittävä rooli rakennusurakoissa. Kilpailutuksen avulla tulisi pyrkiä edistämään tilaajan tavoitteita hankkeelle (Gransberg 1997). Rakennushankkeissa tyypillisesti kilpailutuksen pääkriteerinä on hinta. Alimpaan urakkahintaan keskittyminen aiheuttaa urakoitsijoissa herkästi oman toimintansa suojaamista (Erik Eriksson 2007).

Hintaan perustuvan kilpailutuksen huonoja puolia ovat lisäksi esimerkiksi se, että se keskittyy vain urakan hintaan laadun tai läpimenoajan sijaan, se olettaa lisäksi suunnitelmien olevan täydellisiä ja toteuttamiskelpoisia ja se olettaa, että minimivaatimusten täyttämisen riittää, eikä lisälaadusta olisi hyötyä (Gransberg 1997).

Yksi tapa toteuttaa tilaajan tavoitteiden edistäminen on laadullinen kilpailutus. Laadullisia kriteerejä voivat olla esimerkiksi tekninen osaaminen, projektinjohto-osaaminen, taloudellinen vakaus, henkilöstön pätevyys, aiempi kokemus, aiempi suoriutuminen, läpimenoaika ja riski tilaajalle. Tärkeää laadulliselle kilpailutukselle on, että halutut tavoitteet tunnustetaan aikaisessa vaiheessa hanketta. Näin saadaan hankkeelle toimittaja, joka saavuttaa tilaajan kaikki tavoitteet, eikä vain alinta hintaa. Laadullisen kilpailutuksen avulla voidaan lisätä toimittajan innovaatioita ja keskittyä laatuun pelkän hinnan sijaan. Tilaajalle on kuitenkin enemmän vaivaa tällaisesta menettelystä, sillä kilpailutuskriteerit pitää valmistella huolellisesti halutun vaikutuksen saavuttamiseksi. Kilpailutuksesta tulee myös monimutkaisempi prosessi, joka vaatii tarkempaa läpikäyntiä. (Gransberg 1997)

Perinteiset toteutusmallit eivät kannusta aina urakoitsijaa toimimaan optimaalisella tavalla. Kannustimien avulla on pyritty vaikuttamaan tähän haasteeseen. Kannustimina on käytetty pääasiassa rahallisia kannustimia, vaikka esimerkkejä toisenlaisistakin on olemassa. Lähtökohtana kannustinjärjestelmälle on tehdä oikeudenmukaisiin perusteisiin pohjautuva menetelmä, joka palkitsee hyvästä toiminnasta ja rankaisee huonosta, tilaajan tavoitteiden vastaisesta toiminnasta. Sopimuksen perusrutiinitasolla ei siis tällöin tule saada sanktioita eikä bonuksia. Kannustimia voidaan sitoa samantapaisiin ominaisuuksiin, kuin kilpailutuskriteerejäkin, esimerkiksi urakka-aikaan tai laatuun. Kannustimien avulla on mahdollista saavuttaa merkittäviä etuja perinteisiin menetelmiin verrattuna. Kannustinjärjestelmällä voidaan saada parannusta laatuun, sillä voidaan ohjata innovaatioihin tai parempaan projektin edunmukaiseen toteutukseen. (Lahdenperä & Koppinen 2003)

Kannustimien käyttöön liittyy myös riskejä ja haasteita. Bonuskriteerit on haastavaa määrittellä niin, että ne palvelevat hankkeen etua toivotulla tavalla. Uhkana on esimerkiksi keinotekoinen bonusten optimointi, jossa tingitään kaikesta muusta kuin bonuksiin oikeuttavasta tekemisestä. Kannustinjärjestelmän toimiminen edellyttää myös sopivien mittarointimenetelmien kehittämistä, mikä voi olla haastavaa. Projektin johtamisesta saattaa tulla työläämpää kannustinjärjestelmän vaatiman mittaroinnin myötä. Kannustimet saattavat myös pahimmillaan nostaa projektin kokonaiskustannuksia. (Lahdenperä & Koppinen 2003)

Helsingissä kilpailutuksen pisteytystä ja kannustinjärjestelmää on kokeiltu infrarakennushankkeessa. Laadun pisteytys hankkeessa toteutettiin pisteyttämällä 30% laatua ja 70% hintaa kilpailuvaiheessa. Kyseisessä kokeilussa haasteeksi muodostui kannustinjärjestelmän mittarointiperusteiden, seuraamiskäytäntöjen ja arviointimenettelyjen luominen, eikä kannustinjärjestelmää ehditty kehittää niin, että rahallisia bonuksia olisi voitu maksaa urakoitsijalle. Tilaajan kriteereinä hankkeessa olivat tiedottamisen taso ja ruuhka-aikeiden liikennejärjestelyt. Kokonaisuudessaan urakka oli kuitenkin onnistunut ja kilpailun pisteytyksestä ja kannustinjärjestelmästä saatiin positiivisia tuloksia. (Nyyssönen 2018)

2.3 Lean johtaminen

2.3.1 Lean ja Toyota Production System

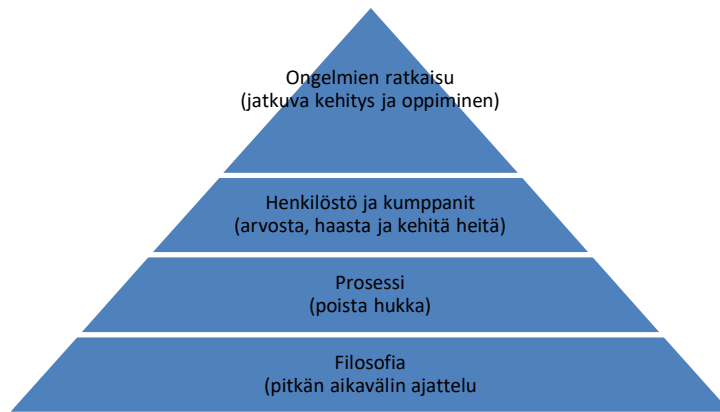
Lean-ajattelun tausta on Toyotan autonvalmistukseen kehittämässä toimintakulttuurissa ja toimintatavoissa. Toyota onnistui luomaan valmistusprosessin, joka oli mukautuvampi ja tehokkaampi kuin kilpailijoillansa. Toisin kuin aikansa muut valmistusprosessit Toyota pyrki resurssitehokkuuden sijaan parhaaseen mahdolliseen prosessin virtaukseen. Toyotalla ei ollut varaa pitää yllä varastoja pienissä tehtaissaan, joten se pyrki minimoimaan ne. Monitaitoiset työntekijät pyrkivät yhteistyön avulla virheettömään tuotantoon Toyotan tehtaissa. Virheitä ei ryhdytty korjaamaan vaan ne pyrittiin ehkäisemään jatkuvan kehityksen kautta. Vaikka työntekijät olivatkin monitaitoisia, oli työtehtävät pitkälle standardisoituja. Toyota sovelsi omaa tuotanto filosofiaan myös alihankkijoihinsa ja integroi ne tiiviisti osaksi Toyotan tuotanto prosessia. Toyotan luoma kokonaisuus johti kilpailijoita nopeampaan ja edullisempaan tuotantoon. (Krafcik 1988)

Toyotan tuotantoprosessia on vuosien saatossa kuvattu monen kirjoittajan toimesta. Eri kirjoittajat ovat lähestyneet Toyotan tuotantoa eri kulumista ja päätyneet esittämään sen ydintä milloin filosofian, milloin työtapojen tai periaatteiden mukaan. Toyotalla on itse kehitetty tapa esittää yrityksen toimintatapa talona (kuva 3), jonka pystyssä pysymiseen vaaditaan kaikkien elementtien mukana olemista. Talo koostuu filosofiasta, strategiasta sekä työkaluista. (Liker 2004)



Kuva 6 - Toyotan tuotantosysteemi kuvattuna talona (Liker 2004)

Liker esitti kirjassaan *The Toyota Way*, periaatteet, joiden pohjalta Toyotan yrityskulttuuri ja tuotantoprosessi on kehitetty, 14 kohdan listalla. Lisäksi nämä 14 periaatetta oli jaoteltu neljään eri tasoon. Liker kutsui tätä jaottelua neljän P:n malliksi, jossa eri tasot olivat ongelmien ratkaisu (problem solving), henkilöstö ja kumppanit (people and partners), prosessi (process) ja filosofia (philosophy).



Kuva 7 - Toyotan toimintaperiaatteiden eri tasot (Liker 2004)

Likerin 14 periaatteen lista (Liker 2004):

I. Filosofia

1. Perusta päätöksesi pitkän ajan filosofiaan jopa lyhyen ajan taloudellisten vaikutusten kustannuksella.

II. Prosessi

2. Luo jatkuvasti virtaava prosessi tuodaksesi ongelmat esille.
3. Käytä imuohjausta välttääksesi ylituotantoa.
4. Tasapainota tuotanto (työskentele kuin kilpikonna älä kuten jänis).
5. Luo kulttuuri jossa ongelmat pysähdytään ratkaisemaan heti, jotta laatu saadaan oikeaksi kerralla.
6. Standardisoidut tehtävät ja prosessit ovat pohja jatkuvalle oppimiselle ja työntekijöiden kasvattamiselle.
7. Käytä visuaalisia tarkistusmenetelmiä, jotta ongelmat eivät jää näkemättä.
8. Käytä vain luotettavia paljon käytettyjä teknologioita, jotka palvelevat prosessiasi ja työntekijöitäsi.

III. Henkilöstö ja kumppanit

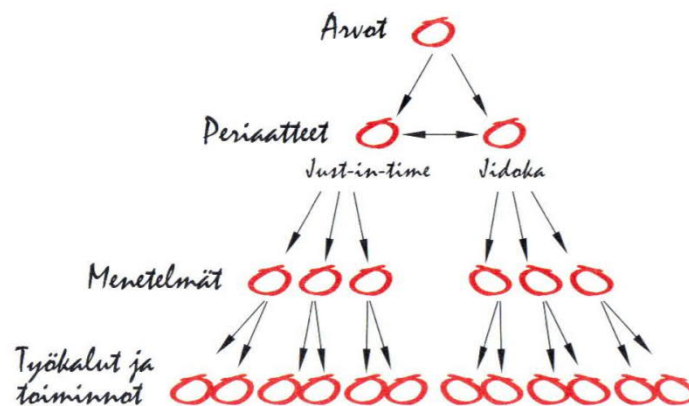
9. Kasvata johtajia jotka ymmärtävät työtänsä, sisäistävät filosofian ja opettavat sitä eteenpäin.
10. Kehitä poikkeuksellisen hyviä henkilöitä ja tiimejä, jotka seuraavat yrityksesi filosofiaa.
11. Arvosta kumppaneitasi ja alihankkijoitasi haastamalla heitä ja auttamalla heitä parantamaan toimintaansa.

IV. Ongelmien ratkaisu

12. Mene ja tarkista tilanne itse, jotta ymmärrät tilanteen.
13. Tee ratkaisuja rauhassa miettimällä, käymällä läpi kaikki vaihtoehdot. Pane ratkaisut käytäntöön nopeasti.

14. Muutu oppivaksi organisaatioksi loppumattomalla pohtimisella ja jatkuvalla parantamisella.

Toyota Production System on siis kuvattu erilaisina elementteinä, jotka koostuvat aina työtavoista yrityksen arvoihin saakka. Koska lean- ajattelu on linkitetty vahvasti TPS:n voi välillä jäädä epäselväksi mitä kaikkea lean on ja mitä se ei ole. Modigin ja Åhlströmin mukaan Toyotan tuotantojärjestelmä voidaan jakaa neljään tasoon, jolla Lean filosofiaa toteutetaan. Ylin taso on yrityksen arvot, jotka kertovat miten yrityksen tulisi toimia. Seuraava taso ovat periaatteet, jotka kertovat sen, kuinka yrityksen tulisi ajatella. Kolmas taso ovat menetelmät, jotka kertovat mitä yrityksen tulisi tehdä. Viimeinen taso on työkalut ja toiminnot, jotka kertovat sen mitä yrityksen tulisi käyttää. Lean ajatteluun sisältyy siis niin strategisia tavoitteita, tuotannon ohjausperiaatteita, kuin niitä tukevia työkalujakin. (Modig & Åhlström 2013)



Kuva 8 - Lean filosofian eri tasot Toyotan tuotantojärjestelmässä (Modig & Åhlström 2013)

2.3.2 Lean-ajattelun periaatteet

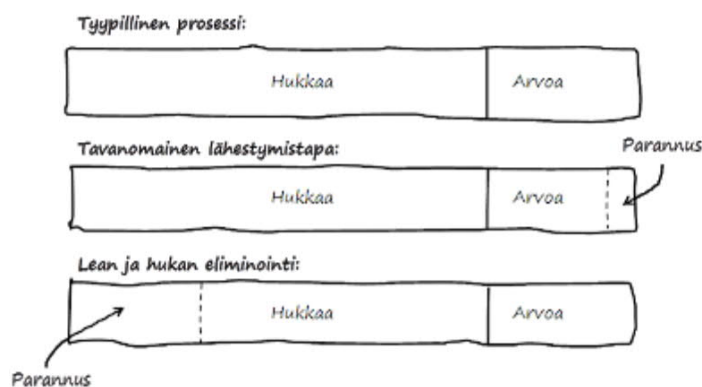
Lean-ajattelu voidaan ymmärtää strategiavalintana, jossa tuotannon tehokkuuteen ja parantamiseen pyritään resurssitehokkuuden sijaan parantamalla virtaustehokkuutta. Resurssitehokkuuteen keskittyminen johtaa todellisuudessa pidempiin läpimenoaikoihin ja lopulta tehostomampaan kokonaisprosessiin. Kun yksittäisten laitteiden tai prosessin vaiheiden tehokkuutta kasvatetaan johtaa se väistämättä lisätyöhön ja varastojen kasvattamiseen. Virtaustehokkuuden parantaminen puolestaan johtaa nopeampiin läpimenoaikoihin. Lean periaatteiden avulla virtaustehokkuutta parantamalla on myös tarkoitus parantaa koko prosessin kokonaistehokkuutta. (Modig & Åhlström 2013)

Lean ajattelun periaatteet pohjautuvat Toyota Production Systemin on kuvattu monessa lähteessä ja ne vaihtelevat riippuen lähestymistavasta. Suosituin ja tunnetuin tapa on ehkä kuitenkin Womackin ja Jonesin kirjassaan Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation esittämä viiden periaatteen lista (Womack & Jones 1996).

1. Määrittele arvo asiakkaan lähtökohdista
2. Tunnista arvoketju – tunnista tuotteen koko arvoketju ja poistaa siitä arvoa tuottamaton hukka

3. Virtaus – paranna koko arvoketjun virtausta yksittäisten vaiheiden sijaan
4. Imuohjaus – valmista ja suunnittele tuotteita vain asiakkaan tarpeiden niin vaatiessa
5. Täydellisyys – pyri täydelliseen prosessiin poistamalla hukka aina kun se havaitaan

Arvon virtauksen optimointi läpi tuotantoketjun on siis lean-ajattelun ydin (Bertelsen & Koskela 2004). Toisin kuin perinteiset tuotantotekniikat lean ei pyri lisäarvoon luomalla tehokkaampia työkaluja tai prosessin osia vaan vähentämällä hukkaa prosessista (Modig & Åhlström 2013).



Kuva 9 - Lean ajattelussa prosessia parannetaan vähentämällä sen hukkaa (Modig & Åhlström 2013)

Lean ajattelun sisällä tuotannon ohjaukselle on esitetty kolmen ulottuvuuden teoriaa, jossa tuotantoa käsitellään kolmen eri mallin kautta. Tätä kolmen ulottuvuuden teoriaa kutsutaan TFV-teoriaksi. Muunnosmallin (transformation) kautta tuotanto nähdään syötteiden muuntamisena tuotteeksi ja sen avulla kokonaismuunnos voidaan jakaa pienempiin osiin, sekä nähdään mitä tehtäviä tarvitaan näiden muunnosten suorittamiseksi. Virtausmallin (flow) kautta ymmärretään tuotanto virtauksena, jossa on muuntamisen lisäksi siirtämistä, tarkastamista ja odottamista. Tämän mallin avulla voidaan vähentää työvaiheita jotka eivät muunna syötteitä tuotteiksi. Arvomallin (value) kautta tuotanto nähdään prosessina, jossa voidaan tuottaa arvoa asiakkaalle. Asiakkaan tarpeet voidaan arvomallin avulla ottaa huomioon suunnittelussa ja tuotannossa. TFV- teorian avulla tuotannon ohjaus voidaan jakaa käytännön tehtäviin: tehtävien hallintaan, virtauksen hallintaan ja arvon muodostuksen hallintaan. (Koskela 2000)

2.3.3 Hukka

Operaatioissa on toimintoja jotka tuottavat arvoa ja toimintoja jotka eivät tuota arvoa eli hukkaa. Arvoa tuottamattomien toimintojen vähentäminen on operaatioiden parantamisen kulmakiviä (Koskela 1992; Koskela 1993). Yksi lean –ajattelun kantavia teemoja on hukkan tunnistaminen ja sen vähentäminen. Womack ja Jones määrittivät hukalle kaksi kategoriaa. Tyypin yksi hukka on sellaista hukkaa, joka on tällä hetkellä välttämätöntä operaatioiden toimimisen kannalta. Tyypin kaksi hukka on vastaavasti täysin turhaa ja

saattaa jopa vähentää tuotettua arvoa (Womack & Jones 1996). Lean ajattelussa on tunnistettu 7 prosesseissa muodostuvaa hukkaa (Ohno 1988; Womack & Jones 1996; Slack ym. 2011):

1. Ylituotanto – ylimääräiset tuotteet, tuotteiden liian aikainen valmistuminen ja operaatioiden jatkuminen sen jälkeen kun ne olisi pitänyt jo lopettaa
2. Odotus – tyypillisesti työvaiheen myöhästymisen aiheuttama odotusaika seuraavan työvaiheen koneille tai työntekijöille. Voi olla sitä, kun tavarat odottavat työstämistä
3. Ylimääräinen kuljettaminen – tavaroiden siirtäminen operaatiosta toiseen. Siirtely ei tuo lisäarvoa tuotteelle ja se tulisi minimoida.
4. Ylimääräinen työ – syntyy, kun joudutaan tekemään uudestaan tai korjaamaan. Voi syntyä myös vääränlaisista työtavoista tai laitteista
5. Tarpeettomat varastot – kaikki varastot, joita ei tarvita olemassa olevien tilausten toteuttamiseen
6. Ylimääräinen liike – kaikki liike joka ei ole lisäarvon tuottamista, kuten työntekijöiden tai koneiden liike paikalta toiselle
7. Laaturiheet – aiheuttava asiakastytymättömyyttä ja rahallisia menetyksiä

Hukkaa voi tarkastella myös lajittelemalla sen materiaalihukkaan, sekä ajalliseen hukkaan. Materiaalihukka syntyy yli jääneestä materiaalista, kuten jätteistä, sekä ylituotannosta (Polat & Ballard 2004).

2.3.4 Lean rakentamisessa

Rakentamista voidaan pitää tuotantona (Bertelsen & Koskela 2004). Tuotantoprosessina rakentaminen vastaa parhaiten prototyypituotantoa, eli tuotetaan yksittäinen uniikki tuote väliaikaisella organisaatiolla (Koskela & Koskenvesa 2003). Tuotantoprosesseja voidaan perinteisesti kuvailla neljän ulottuvuuden avulla. Nämä ulottuvuudet ovat tuotantomäärä, tuotteiden moninaisuus, kysynnän vaihtelu ja prosessin näkyvyyden määrä. Kadunperusparannusprojekti on ainutlaatuinen, eli tuotantomäärä on alhainen ja tuote on joka kerta erilainen, tosin rakennusprojekti koostuu osista, jotka toistuvat projektista toiseen samankaltaisina. Pienen tuotantomäärän prosesseilla on tapana olla vaikeasti toistettavia, niillä on korkeat yksikköhinnat. Työntekijät tekevät myös isompia osia prosessista. Prosesseilta joissa tuote vaihtuu usein, vaaditaan joustavuutta ja ne räätälöidään aina asiakkaan tarpeisiin sopiviksi. Ne ovat tyypillisesti myös monimutkaisia. Kadun peruskorjausprojekti on osittain näkyvä prosessi, sillä rakennustyö tapahtuu pääasiassa julkisella paikalla, jossa saattaa olla jopa liikennettä rakennettavan alueen läpi. Prosesseissa jotka ovat asiakkaille näkyviä, asiakkaat sietävät vähemmän odotusta ja viivästyksiä, kuin piilossa tapahtuvissa prosesseissa. Tällaisissa prosesseissa asiakaspalvelun merkitys korostuu. (Slack ym. 2011)

Rakentaminen poikkeaa monella tavalla valmistusprosesseista, joihin lean-ajattelu alun perin kehitettiin. Tavallisessa projektijohtamisessa projektien katsotaan olevan säännöllinen ja ennustettava ilmiö, jota voidaan hallita sopimuksilla vaiheilla ja toiminnoilla. Tässä katsantokannassa projektit koostuvat peräkkäisistä toiminnoista ja projekti etenee lineaarisesti eteenpäin. Todellisuudessa rakennusprojekti on kuitenkin monimutkainen dynaaminen ilmiö, jota toteutetaan monimutkaisessa ja epälineaarissa ympäristössä. Rakennusprojekteissa yhteistyön tarve korostuu, jotta voidaan toimia monimutkaisessa ympäristössä (Bertelsen & Koskela 2004). Rakennusprojekteissa projektiorganisaatio on väliaikainen, mutta pidemmällä sopimuksilla ja suhteilla tämän vaikutusta voidaan vähentää (Koskela 1993). Kuitenkin hukka niin rakennusprojekteissa, kuin valmistusprosesseissäkin syntyy samanlaisesta toimintokeskeisestä ajattelusta, jossa pyritään osaoptimoimien avulla kokonaisprosessin parantamiseen (Howell 1999).

Taulukko 1 - Tehdasteollisuuden ja rakennustoiminnan erot (Peltonen & Kiiras 1998)

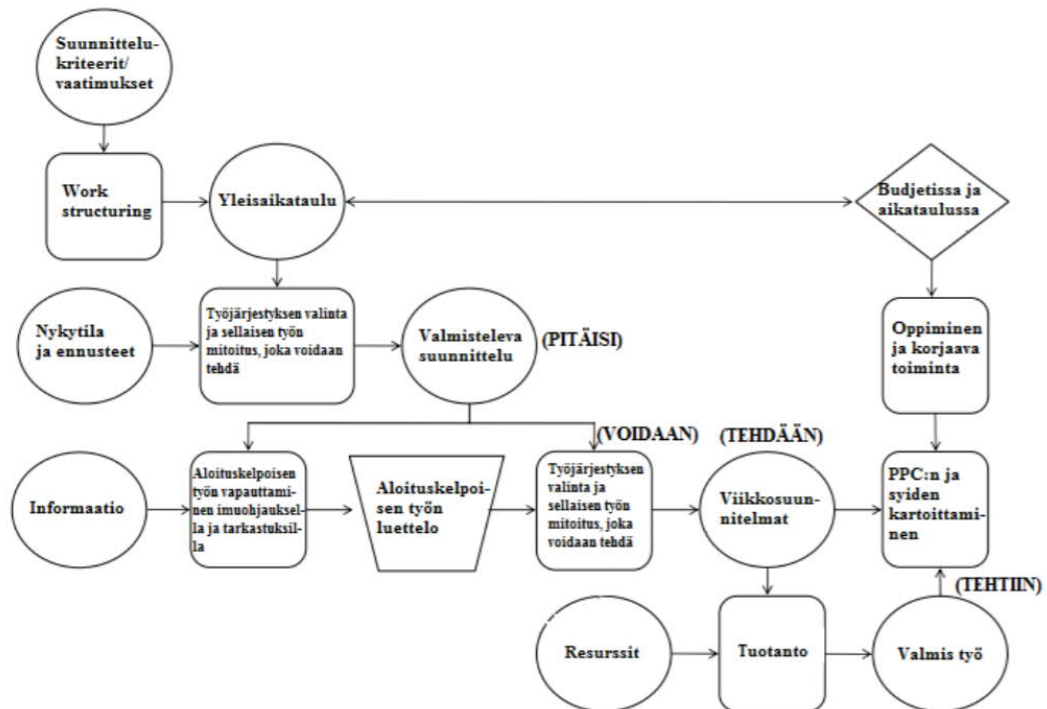
Tehdasteollisuus	Rakennustoiminta
Suunnittelun, tuotannon ja markkinoinnin päätäntävalta on yksissä käsissä.	Päätäntä on jakautunut rahoittajille, rakennuttajille, suunnittelijoille, paikallisille viranomaisille ja urakoitsijoille.
Toistuvuus ja standardointi ovat korkealla tasolla.	Jokainen hanke suunnitellaan erikseen.
Tyypillisen tuotteen tuottamiseen tarvitaan vähäinen määrä yksinkertaistettuja toimintoja.	Tyypillisen rakennusprojektin toteuttamiseen tarvitaan suuri määrä käsityötä. Toiminta on työvoimavaltaisempaa kuin tehdasteollisuus.
Kaikki toiminta suoritetaan yhdessä pysyvässä toimipaikassa.	Toiminta on hajotettu useisiin tilapäisiin kohteisiin.
Lyhyet valmistusajat ja suuret tuotantosarjat mahdollistavat tuotteen jatkokehittelyn prototyyppien avulla.	Pitkä rakennusprosessi ja jokaisen hankkeen ainutkertaisuus vaikeuttavat saatujen kokemusten ja palautteen hyödyntämistä jatkossa

Lean rakentamisen kaksi keskeisintä teemaa ovat virtauksen parantaminen ja hukan vähentäminen projektikohtaisella tasolla (Ballard, G. & Howell 1994). Arvon määrittäminen lean-rakentamisessa ei kuitenkaan ole yksiselitteinen asia, vaan se on riippunut katsantokannasta ja kirjoittajasta. Lean-ajattelussa arvo määritellään asiakkaan tarpeiden ja vaatimusten kautta. Infrastruktuuriprojekteissa työn tilaaja ei välttämättä ole kuitenkaan valmistuneen kohteen loppukäyttäjä. Tällöin tulisi miettiä valitaanko arvonmuodostusta tarkasteltaessa asiakkaaksi työn tilaaja vai loppukäyttäjä (Pasquire & Salvatierra-Garrido 2011). Infrastruktuurin rakennusprojekteissa arvoon liittyy myös elinkaariajattelu. Elinkaariajattelun kautta voidaan nähdä rakennusprojektin kaikki vaikutukset käyttöön ja huoltoon saakka (Olstad Opsahl ym. 2015).

2.3.5 Lean työkalut rakentamisessa

Last Planner System (LPS)

Rakentamisessa on tuotannossa perinteisesti käytetty ylhäältä alaspäin ohjaavaa hierarkista tuotantomallia, jossa on käytetty työntöohjausta. Last Planner System on menetelmä, joka perustuu imuohjaukseen. LPS menetelmässä aikataulua suunnitellaan kaikkien toimijoiden kanssa yhdessä eteenpäin. Ensinnäkin selvitetään mitä tulisi tehdä, jotta aikataulussa pysyttäisiin. Tämän jälkeen selvitetään, mitä tehtävien tekeminen vaatii. Kunkin tulossa olevan tehtävän suorittamismahdollisuudet varmistetaan niin, että tehtävät voidaan suorittaa aikataulussa. Mahdollisten esteiden poistaminen on sen vastuulla, joka pysyy niihin parhaiten vaikuttamaan. Esteitä tehtävien suorittamiselle voi olla esimerkiksi niitä ennen vaadittavat toisten tehtävien valmistumiset, materiaalitilaukset tai suunnitteludokumentit. Lopuksi sovitaan mitä kukakin tekee ja suunnitellaan tehtävät työt. LPS:n avulla varmistetaan myös, että viikkotasolla on tarpeeksi toteutettavia tehtäviä ja että näiden tehtävien tekemistä vaikeuttavat esteet on poistettu ja ne voidaan suorittaa. (Ballard, H. G. 2000)



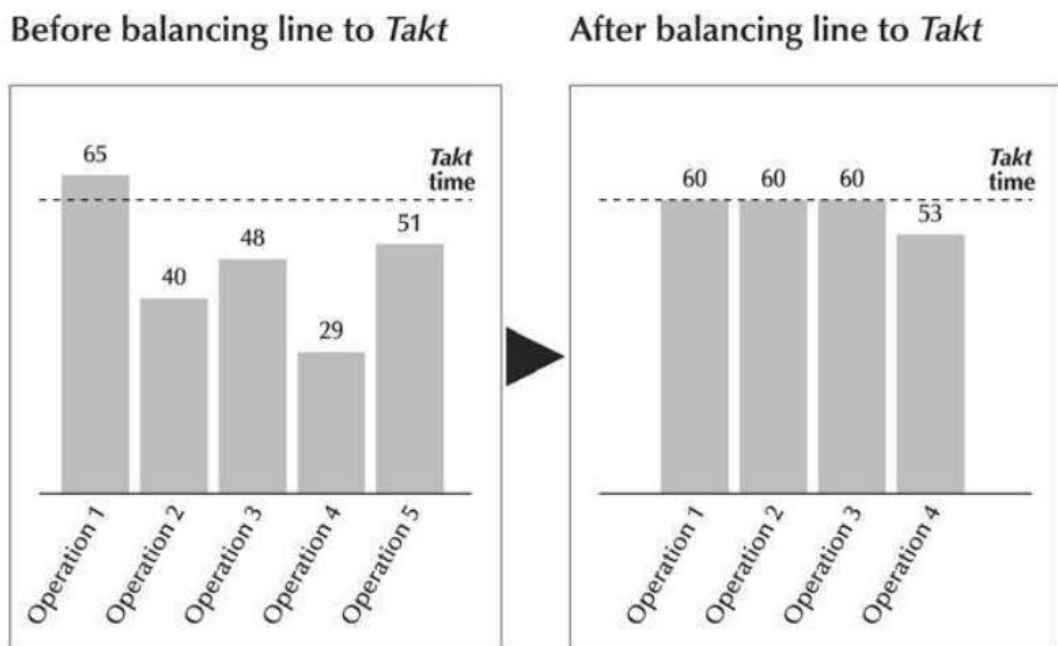
Kuva 10 - Last Planner System prosessi (Keskiniva ym. 2018)

Kaikkien hankkeissa mukana olevien toimijoiden, kuten tilaajan, aliurakoitsijoiden ja sivu-urakoitsijoiden tulisi olla mukana LPS suunnittelussa parhaan mahdollisen toteutuksen saavuttamiseksi. Kun kaikki toimijat osallistuvat suunnitteluun, on osapuolten sitoutuminen hankkeeseen merkittävästi parempaa. Eri osapuolten osaaminen saadaan koko hankeorganisaation käyttöön ja samalla jokaisen osapuolten ymmärrys omasta työstä ja sen linkittymisestä kokonaisuuteen paranee. Yhdessä suunnittelu lisää myös luottamusta toimijoiden välillä ja parantaa näin ollen yhteistyötä läpi projektin. (Merikallio & Haapasalo 2009)

Tahtituotanto

Tahtituotanto on virtausperiaatteella toimiva tuotannonohjaus menetelmä, jossa hankealue jaetaan pienempiin osiin eli eräkokonaisuuksiin. Näille osille määritetään valmistusaika ja peräkkäiset työvaiheet ohjelmoidaan aikatauluun alkamaan heti toisensa perään. Tahtiaikatuotannon johtava ajatus on, että mukaan ei lasketa puskuriaikoja, jolloin tahtiaikatuotannon avulla saadaan paremmin esille tuotannon ongelmat ja ne pystytään korjaamaan tuotantoprosessin aikana. Tahtiaikatuotanto keskittyy virtaustehokkuuteen resurssitehokkuuden sijaan. Tahtiaikatuotannon perusajatuksena on, että työ jaotellaan sopivan pieniin osiin, joissa eri työvaiheet seuraavat toisiaan samassa tahdissa. Eri työvaiheiden nopeuksia voidaan säätää lisäämällä tai vähentämällä niiltä resursseja. Tahtiaikatuotannossa toisiaan seuraavat työvaiheet saavat jatkuvaa palautetta toisiltaan, jolloin ne pystyvät jatkuvaan oppimiseen ja korjaamaan virheet seuraavaa osiota varten. Lisäksi seuraava työvaihe saa tietoa edellisen työvaiheen etenemisestä ja voi näin ollen ottaa sen huomioon omassa tekemisessään. (Drew ym. 2004)

Tahtiaikatuotantokokeilut ovat viime vuosina lisääntyneet rakentamisessa ja raportoituja tahtiaikatuotantokokeiluja on viime vuosien aikana tehty erityisesti talonrakentamisen puolella. Näistä kokeiluissa on pääasiassa saatu positiivisia tuloksia ja pystytty vähentämään hukkaa, lyhentämään projektin läpimenoaikaa tai molempia (Lehtovaara ym. 2019). Tahtiaikatuotantoa on kokeiltu myös infrarakentamisessa onnistuneesti vähentäen hukkaa (Fiallo & Howell 2012).



Kuva 11 - Tahtiaikatuotannon ja tavallisen tuotannon ero (Drew ym. 2004)

Just-in-time (JIT)

Just-in-time (JIT) on tuotantotapa, jossa pyritään tuottamaan ja toimittamaan tuotteet tai materiaalit mahdollisimman oikea-aikaisesti oikeaan paikkaan. JIT:n avulla voidaan pienentää varastokapasiteettiä ja vähentää siihen liittyviä riskejä. Tuotteet tai materiaalit valmistetaan asiakkaan tai prosessin vaiheen tilauksesta mahdollisimman nopeasti. JIT vaatii hyvin virtautettua tuotantoa, jotta asiakaskysyntään voidaan varautua nopeasti. (Drew ym. 2004)

2.4 Kirjallisuuskatsauksen lopputulokset

Kirjallisuuden perusteella katuhankkeet eroavat sekä vaikutuksiltaan, että haasteilta muista tavanomaisista infrarakennushankkeista. Sekä haasteet, että vaikutukset liittyvät vahvasti siihen, että katualueella toimitaan muun yhteiskunnan keskellä. Katualueella tapahtuvan rakentamisen vaikutukset eivät siis rajoitu pelkästään autoliikenteeseen, vaan katualue toimii yhteiskunnan tärkeimpien toimintojen sijoituspaikkana sekä ihmisten elinalueena. Koska katualue toimii useiden eri järjestelmien sijoituspaikkana, on katurakentamisessa mukana monta eri toimijaa. Toisin kuin esimerkiksi talonrakentamishankkeissa, jokaisella järjestelmällä on oma omistajansa omine tavoitteineen, mikä luo erilaiset haasteet yhteistyölle eri toimijoiden kesken. Empiirisen tutkimuksen kannalta tämä tarkoittaa sitä, että teknisten haasteiden ja sopimusmallien lisäksi on tutkittava yhteistyön haasteita, sekä kartoitettava yhteistyötä helpottavia toimintamalleja ja työkaluja.

Katuhankkeissa ei tiedetä mitä kadun alla on, mikä aiheuttaa haasteita hankkeiden suunnittelulle ja toteuttamiselle. Näitä samoja haasteita ei kartoituksen perusteella ole maailmallakaan pystytty ratkaisemaan yhdellä menetelmällä, vaan menetelmien yhdistelmällä. Tärkeintä tuntuisi olevan järjestelmällinen tuntemattomien osien kartoitus, jonka tasoon tulisi tutustua myös Helsingin osalta. Heikot lähtötiedot näyttäisivät myös johtavan yhteistyön korostumiseen ja yhteistyötä korostaviin sopimusmalleihin. Helsingin mallin sopimista epävarmuuksiin tulee siis tarkastella sen joustavuuden, sekä sen epävarmuuksia-järjestelmällisen tunnistamisen osalta.

Rakentamisessa yleisesti esiintyy erittäin paljon hukkaa erinäisistä syistä. Lean-ajattelun avulla tätä hukkaa voidaan tunnistaa ja luokitella. Lean-johtaminen antaa myös kokonaisvaltaisen filosofian prosessin kehittämiseen nopeamman virtauksen aikaansaamiseksi. Lean-ajattelu on myös tuottanut useita mahdollisia työkaluja ja ratkaisumalleja, joiden soveltuvuutta Helsingin tapaukseen kannattaa tutkia.

3 Tutkimusaineisto ja aineistonkeruumenetelmät

3.1 Aineistonkeruu- ja analysointimenetelmät

Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa aineistona käytettiin Toimivat katuhankkeet tutkimuksessa tehtyjä haastatteluja sekä työpajoja. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina haastatteluina, joissa haastattelu eteni tutkimusryhmän ennalta luoman haastattelurungon mukaan, mutta haastateltavat saivat vapaasti vastata ja kertoa teemoista laajemminkin. Tämän vaiheen haastattelut toteuttivat tutkimusryhmän eri jäsenet ja niistä luotiin äänitteet, joiden pohjalta tämän työn tekijä tutustui myös niihin haastatteluihin joissa ei ollut paikalla. Haastattelujen pohjalta muodostettiin kuva Helsingin katuhankkeiden toimintaympäristöstä, joka on esitelty kappaleessa 4.1. Haastatteluista kerättiin Helsingin katuhankkeiden haasteet, jotka luokiteltiin kuuteen luokkaan. Haasteista huomioitiin analyysiin ne, jotka toistuivat vähintään kahdessa haastattelussa. Haasteita analysoitiin edelleen ja suoritettiin juurisyyanalyysi Helsingin katuhankkeiden nopean läpimenon esteistä Current Reality Tree- tree ajatteluprosessilla (Goldratt 1990).

Toisessa vaiheessa tätä tutkimusta aineistoa kerättiin haastattelemalla ensimmäisen vaiheen ja kirjallisuuskatsauksen aikana löydettyjä ja ilmoittautuneita hyvien käytäntöjen edustajia, jotka ratkaisivat jonkin juurisyyanalyysin tuottamista haasteista. Haastattelut toteutettiin niin, että kunkin käytännön tai toimintamallin konteksti pyrittiin selvittämään puolistrukturoituna haastatteluna, joka tehtiin haastattelurungon pohjalta. Tämän jälkeen käytännöt ja toimintamallit selvitettiin vapaammalla temahaastattelulla, jossa tutkijalla oli kuhunkin käytäntöön räätälöitynä muutaman kysymyksen runko. Myös nämä haastattelut äänitettiin. Aineistona kerättiin myös urakkaohjelmia sekä muita käytäntöihin liittyviä dokumentteja, kuten tarjouspyyntöasiakirjoja. Toisessa vaiheessa aineistoa kerättiin myös tekemällä muistiinpanoja hankkeen aikana toteutetuissa työpajoissa. Haastatteluissa ja aineiston käsittelyssä käytettiin benchmarking menetelmää, eli verrattiin Helsingin katuhankkeissa esiintyviä toimintatapoja haastateltavien esittelemiin käytäntöihin ja toimintamalleihin. Löydetyistä käytännöistä pyrittiin löytämään yhtäläisyyksiä ja samalla ne jaoteltiin osiin, sillä yksi haastateltava saattoi esitellä useamman hyvän käytännön, jotka eivät liittyneet toisiinsa, mutta olivat linkittyneitä muualla tunnistettuihin hyviin käytäntöihin.

Kolmannessa vaiheessa löydettyjen toimintamallien ja käytäntöjen kontekstia verrattiin Helsingin katuhankkeiden toimintaympäristöön, sekä käytäntöjä itseään kirjallisuudesta löytyviin teorioihin ja pyrittiin näin muodostamaan käsitys käytäntöjen ja toimintamallien toimivuudesta Helsingin katuhankkeissa.

3.2 Tutkimusaineisto

Tutkimusaineisto koostuu ensimmäisen vaiheen haastatteluista ja työpajoista, sekä toisen vaiheen haastatteluista, työpajoista ja dokumenteista. Ensimmäisessä vaiheessa aineisto koostui 55 haastattelusta, johon osallistui yhteensä 75 henkilöä. Haastatteluista tilaajan ja rakennuttajakonsultin kanssa oli 13, joihin osallistui 15 henkilöä, urakoitsijoiden kanssa 19 (23 hlöä), suunnittelijoiden kanssa 7 (10 hlöä) ja YKT- osapuolten kanssa 10 (20 hlöä). Lisäksi muita tahoja haastateltiin kuudessa haastattelussa (7 hlöä). Ensimmäisessä vaiheessa järjestettiin myös yksi työpaja, joka keskittyi haasteiden tunnistamiseen. Tähän

työpajaan osallistui 32 henkilöä, joista 6 urakoitsijan, 4 suunnittelijoiden, 9 YKT -kumppaneiden ja 6 Helsingin kaupungin edustajaa, sekä 7 muita ryhmiä edustavia henkilöitä.

Toisessa vaiheessa haastateltuina oli 9 tilaajan, 12 urakoitsija ja 2 suunnittelijan edustajaa. Lisäksi toisessa vaiheessa toteutettiin kaksi työpajaa. Ensimmäisen työpajan teemana oli toteutusmallit ja yhteistyön parantaminen ja siihen osallistui 5 urakoitsijan, 6 suunnittelijan, 10 YKT- kumppanin ja 7 Helsingin kaupungin edustajaa, sekä 10 muiden toimijoiden edustajaa. Toisen työpajan teemana oli reaaliaikainen tilannekuva ja tuotannonohjaus ja siihen osallistui 7 urakoitsijoiden, 4 suunnittelijoiden, 9 YKT- kumppanien ja 8 Helsingin kaupungin edustajaa, sekä 10 muiden toimijoiden edustajaa.

4 Helsingin katuhankkeiden nykytila

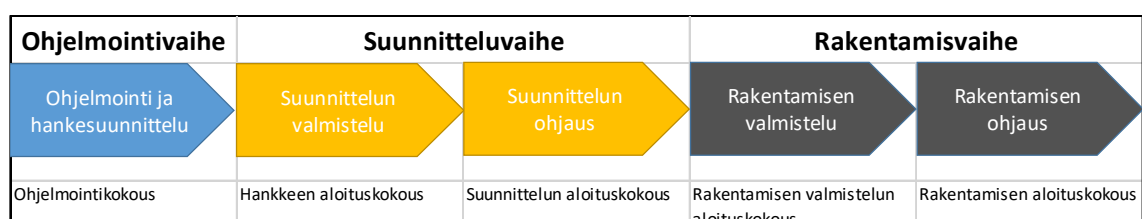
4.1 Prosessi ja osapuolet

Helsingin katualueille pätee rakentamisen kannalta samat erityispiirteet, kuin kirjallisuudessa on esitetty. Katualueilla on usean omistajan johtoja ja laitteita, joista osa on tullut peruskorjausikään. Osa vesiputkista on esimerkiksi rakennettu 1800-luvun lopulla. Helsingin kantakaupungissa katualueille on sijoitettu muun muassa sähkölinjat, kaukolämpöputket, kaukokylmäputket, käyttövesi ja viemäriputket, hulevesiviemärit, sekä tietoliikennekaapelit. Koska katualueilla on usean toimijan omistamia putkia- ja laitteita, ovat kantakaupungin peruskorjaushankkeet tyypillisesti usean tilaajan hankkeita. Helsingissä usean tilaajan hankkeet pyritään toteuttamaan YKT- sopimuksen puitteissa. YKT- sopimuksessa on määritelty eri osapuolten vastuut, sekä kustannusten jakautuminen yllättävissä tilanteissa. Helsingissä YKT- sopimuksen piiriin kuuluvat Helsingin kaupungin lisäksi, Helsingin energia, HSY, sekä teleoperaattorit

Helsingissä YKT- hankkeiden ohjelmoinnissa käytetään LOUHI järjestelmää. LOUHI on karttapohjainen järjestelmä, johon YKT-toimijat tallentavat tulevia hankkeitaan. LOUHI-järjestelmästä nähdään suoraan alueella olevat eri toimijoiden tarpeet ja sen avulla voidaan käynnistää yhteinen suunnittelu tuleville hankkeille. Isommat YKT- hankkeet lähtevät liikkeelle pääasiassa kaupungin aikataulun mukaan. Suuremmissa YKT- katuhankkeissa päätilajana toimii tyypillisesti Helsingin kaupungin Kaupunkiympäristön toimiala.

YKT-hankkeissa suunnittelu johdetaan niin, että hankkeelle valitaan pääsuunnittelija, jonka vastuulla on kaikkien suunnitelmien yhteensovitus. Pääsuunnittelija suunnittelee tyypillisesti myös Helsingin kaupungin omat suunnitelmat, kuten katusuunnitelmat. Eri YKT- osapuolet tilaavat pääasiassa omat suunnitelmansa itse valitsemaltaan suunnittelijalta tai suunnittelevat hankkeen osansa itse. Tällaisia suunnitteluosia ovat tyypillisesti esimerkiksi vesi-, sähkö- ja kaukolämpöputket. Suunnittelua tehdään osittain mallipohjaisesti, mutta erityisesti kunnallistekniikan suunnitelmat tehdään edelleen pääosin 2D-suunnitteluna. Suunnittelijoiden tekemiä malleja ei ole jaettu urakoitsijoille koneohjausta varten vaan urakoitsijat tuottavat itse omat koneohjausmallinsa urakka-asiakirjoista, mikäli käyttävät työssä koneohjausta.

Päättilaaja kilpailuttaa pääsuunnittelijalta saamansa suunnitelmien perusteella hankkeen ja valitsee kilpailutuksen perusteella hankkeelle päätoteuttajan. Helsingin katujen peruskorjaushankkeissa on pääasiassa käytetty pääurakoitsijan valinnassa valintakriteerinä vain hintaa, eikä muita kriteerejä kuten nopeampaa läpimenoaikaa ole käytetty yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta. Hankkeet toteutetaan kokonaisurakoina. Hankkeen päätoimeuttaja on kilpailutuksen voittanut pääurakoitsija. YKT-hankkeissa käytetään pääasiassa YSE:n mukaisia sopimusehtoja, vaikka joitakin poikkeuksiakin on saatettu sopimukseen lisätä.

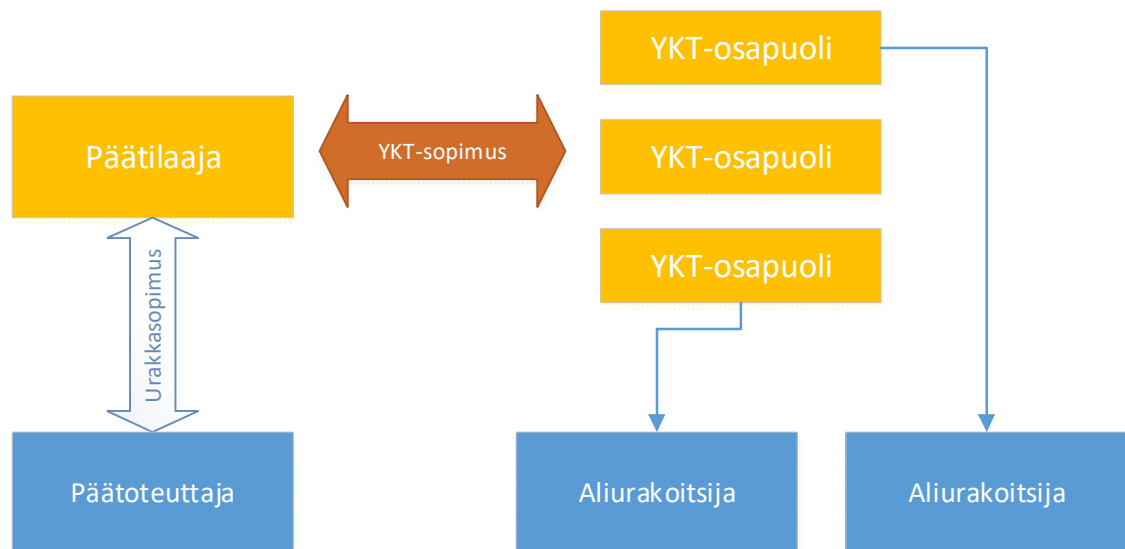


Kuva 12 - YKT- hankkeen eteneminen tilaajan näkökulmasta (Ahlroos 2013)

Rakentamista valvoo päätilaajan valitsema valvoja. Tyypillisesti Helsingin kaupungin katurakentamishankkeissa valvonnasta vastaa kaupunkiympäristön toimiala. Helsingin kaupunkiympäristön toimiala joko tilaa valvonnan konsultilta tai käyttää siihen omia työntekijöitään. Rakentamisvaiheessa päätoteuttaja toteuttaa urakkasopimuksen mukaiset osat itse tai aliurakoitsijoidensa kautta. Muut hankkeissa mukana olevat YKT-tilaajaosapuolet tilaavat osan hankkeen toteutuksesta omalta aliurakoitsijaltaan tai toteuttavat ne itse oman rakentamisorganisaationsa kautta.

Päätoteuttajalle kuuluu yleensä kaikki maanrakennustyöt, mutta ei välttämättä putkien ja johtojen asennuksia. Tyypillisesti esimerkiksi tele- ja sähköjohtojen suojaputket asentaa pääurakoitsija ja varsinaiset kaapelit teleoperaattorin tai sähkölaitoksen oma aliurakoitsija. Katualueella oleva yhdyskuntatekniikka vaatii monelta osin osaamista ja pätevyyskysymyksiä, joita pääurakoitsijalla ei tyypillisesti ole. Peruskorjaushankkeissa katualueilla sijaitsee johtoja, jotka joudutaan siirtämään pois rakentamisen tieltä. Nämä johtojen siirrot toteuttaa erityisosaamistarpeesta johtuen myös vaihtelevasti johtojen omistajat itse, tai omistajien valitsemat aliurakoitsijat.

Päätoteuttaja ei ole sopimussuhteessa muiden YKT-toimijoiden aliurakoitsijoihin, eikä näitä ole urakkasopimuksesta alistettu pääurakoitsijalle. Päätoteuttaja tekee hankkeen aikataulun myös sivu-urakoiden osalta omaan aiempaan kokemukseensa perustuen. Päätoteuttajalla on koko toteutuksen aikaisten töiden yhteensovitus ja aikatauluvastuu. Päätoteuttaja esittää yleisaikataulun tilaajalle, joka hyväksyy sen ennen rakentamisen aloittamista. Aikataulussa ei ole tyypillisesti huomioitu yllättävistä tilanteista johtuvaa töiden keskeytymistä, vaikka tämän kaltaisia yllätyksiä tulee jokaisessa hankkeessa. Joissakin hankkeissa yllätyksiä tulee keskimäärin kerran päivässä.



Kuva 13 - YKT -hankkeen rakentamisvaiheen sopimussuhteet. Päätoteuttaja ei ole sopimussuhteessa YKT-osapuolten aliurakoitsijoihin.

4.2 Katuhankkeiden haasteet

Katuhankkeiden haasteet koottiin haastattelujen pohjalta. Haasteet jakautuivat koko hankkeen toteutusajalle aina valintakriteereistä ja sopimusmalleista, muutostenhallinta-prosessiin ja aikataulujen ja työn yhteensovittamiseen. Haasteet on alla lajiteltu helpommin käsiteltäviksi osakokonaisuuksiksi.

Valintakriteerit ja sopimusmallit

Helsingin katuhankkeissa käytettävät urakoitsijoiden valintakriteerit ja sopimusmallit eivät edistä tilaajan tavoitteita. Katuhankkeiden tarjouspyynnöissä annetaan vaatimuksia urakoitsijoille toteutusajan, pätevyyden, liikennejärjestelyjen jne. osalta. Näiden vaatimusten täytyessä ainoa kriteeri urakoitsijan valinnalle on yleensä kuitenkin hinta. Kun hinta on ainoa kilpailukriteeri urakoitsijoiden välillä, pyritään hankkeeseen käytettävät resurssit minimoimaan. Urakoitsijat eivät esimerkiksi pyri lyhyempiin läpimenoaikoihin kasvattamalla joitain tiettyjä resursseja, koska lyhyemmällä läpimenoajalla ei ole merkitystä parasta tarjousta valittaessa. Haastateltavien mukaan kilpailun saattaa esimerkiksi voittaa se urakoitsija, joka uskaltaa tehdä huonoimmat liikennejärjestelyt, vaikka liikennejärjestelyjen laatutasolle onkin tarjouspyyntöasiakirjoissa annettu vaatimuksia. Urakoitsijoiden ohjaamisessa on lisäksi käytetty vain vähän tilaajan tavoitteiden saavuttamiseen kannustavia ohjainkeinoja. Esimerkiksi nopeammasta projektin läpiviennistä ei tyyppillisesti saa merkittävää bonusta ja mahdolliset viivästymiset aikataulussa eivät välttämättä johda sanktioihin johtuen hankkeessa tapahtuvien muutostarpeiden määrästä.

Tilaaja saattaa asettaa vaatimuksia urakoitsijalle siitä, mitä toimia tulee olla suoritettuna minkäkin ajan päästä urakkasopimuksen allekirjoituksesta. Haastateltavien mukaan tyyppillisesti työt tulee aloittaa kaksi viikkoa sopimuksen allekirjoituksen jälkeen. Vaatimus nopeasta työn aloittamisesta aiheuttavat haastateltavien mukaan sen, että urakan valmisteluun jää vähän aikaa. Tämä aika on urakoitsijalla erittäin kiireistä, koska samassa ajassa on työn aloittamiseksi toteutettava suuri määrä toimintoja kuten sidosryhmien kuulemiset, jolloin omaa aikataulusuunnitteluun käytettävä aika on kortilla. Aikataulusuunnitelmia ei ehditä välttämättä pohtia riittävästi, mikä saattaa johtaa suoraan aikatauluongelmiin. Koska aikataulusuunnittelulla on kiire jää uudet työtavat tai järjestelyt kokeilematta. Koska melko harva tehty tarjous johtaa hankkeen saamiseen, eivät urakoitsijat pysty tekemään aikataulusuunnittelua riittäväälle tasolle tarjouksen laskennan yhteydessä. Myös yhteydenpito muihin kuin päätilaajaan jää vaillinaiseksi.

Koska tieto käynnistyvistä hankkeista tulee myöhään ja on vaihtelevasti saatavilla, saattaa tarjouspyyntö olla ensimmäinen kerta, kun urakoitsija kuulee hankkeesta. Tarjouspyyntöön vastaamiselle jätetty aika on tiukka ja silloin ei ehdi miettiä innovatiivisia ratkaisuja hankkeen toteutukseen. Mikäli tulevista hankkeista olisi olemassa parempaa tietoa pystyisivät urakoitsijat suunnittelemaan innovatiivisempia ratkaisuja hankkeen toteutukseen, joita voisivat myös tarjota tilaajalle.

Vaikea toimintaympäristö

Helsingin katuhankkeiden toimintaympäristö hidastaa ja vaikeuttaa hankkeiden sujuvaa ja turvallista läpivientä. Haastatteluissa ja työpajoissa ulkoisina haasteina katuhankkeiden sujuvalle toteuttamiselle esille nousivat hankkeen sijaintiin ja hankealueen kokoon liittyvät fyysiset rajoitteet, sekä lainsäädännöstä tulevat toiminnan reunaehdot. Hankkeen sijainti vaikuttaa kiertotiemahdollisuuksien järjestämiseen. Helsingin kantakaupungissa

liikennemäärät ovat usein suuria kaduilla, joilla peruskorjausta toteutetaan. Suurille liikennemäärille on haastavampaa löytää kiertotiemahdollisuutta Helsingin kantakaupungin tiiviistä katuverkosta, aiheuttamatta merkittävää haittaa liikenteelle. Helsingissä ei tyypillisesti suljeta rakennettavaa katuja tai edes osia siitä liikenteeltä, vaan liikenne pyritään pitämään mahdollisimman sujuvana rakennustyömaan lävitse.

Kantakaupungissa katualueet rajoittuvat useimmissa paikoissa rakennusten seiniin. Väliaikaisia liikennejärjestelyjä varten ei siis voida rakentaa ylimääräistä kaistaa pientareelle, vaan on tasapainoteltava riittävän työalueen ja väliaikaisten liikennejärjestelyjen välillä. Tämä aiheuttaa sen, että katutöissä työalue on erityisen rajallinen. Työalueen rajallisuus rajoittaa materiaalivarastoja, kun materiaaleja tai koneita ja laitteita ei voida varastoida työkohteessa. Oikea-aikaisten toimitusten merkitys kasvaa ja työn eteneminen muuttuu alttiiksi materiaalitöiden ongelmille, jolloin ne johtavat tavallista helpommin työn viivästymiseen. Työmaalla työalueen rajallisuus aiheuttaa haasteita myös ylijäämämaiden sijoittamiselle. Koska tilaa työkohteessa ei ole edes pienille läjitysalueille, käytännössä maata ei voida kaivaa ellei sitä saada lastattua suoraan kuorma-autoon. Helsingin kantakaupungin alueella ei tyypillisesti ole läjitysalueita, joita urakoitsijat voisivat käyttää, vaan maamassat joudutaan kuljettamaan usein pitkiäkin matkoja, mikä lisää kustannuksia. Automäärä joka tarvittaisiin siihen, että työkohteessa olisi aina kuorma-auto on käytännössä kustannuksiltaan niin suuri, ettei se ole realistinen vaihtoehto. Alueelta ylös kaivetut maamassat viedään yleensä kolmannen osapuolen maamassojen käsittelyyn, mikä johtaa siihen, ettei niitä voida käyttää myöhemmin hankkeessa, vaikka tämä olisikin muutoin mahdollista.

Lainsäädännön puolelta haasteita aiheuttavat ylityörajoitteet. Lainsäädäntö antaa luvan vain kahdeksan tunnin työvuoroihin, mikä johtaa siihen että vaikka työmaan saakin pyörimään kahdessa vuorossa, tukitoiminnot on saatavilla vain kahdeksaksi tunniksi päivässä. Työlainsäädännön lisäksi meluluvat antavat aikavälin, jolla työ on suoritettava. Lainsäädäntö sen sijaan ei anna mahdollisuutta rauhoittaa katualuetta töiden päätyttyä edes lyhyeksi aikaa, vaan rakentaminen samalla kadulla voidaan aloittaa heti uudelleen. Tämä saattaa aiheuttaa osapuolien intressieroja ja vaikeuttaa eri osapuolien sitouttamista hankkeeseen.

Haastateltavien mukaan katuhankkeiden vaikea toimintaympäristö on johtanut useaan ongelmaan hankkeissa. Haastateltavien mukaan katuhankkeet eivät muun muassa toimintaympäristön takia ole urakoitsijoiden päälliketoimintaa. Muista projekteista urakoitsijalla voi olla parempi kokemuspohja ja ne katsotaan tärkeämmiksi liiketoiminnan jatkuvuuden kannalta. Tämä on johtanut, tilaajan näkemyksen mukaan, siihen että urakoitsijat saattavat priorisoida resurssejaan toisiin hankkeisiin katuhankkeiden kustannuksella. Mahdolliset sopimussakotkin saatetaan olla valmiita ottamaan vastaan, jolloin niiden merkitys jää vähäiseksi. Parhaat työntekijät saatetaan laittaa muihin hankkeisiin. Resursien priorisointi johtaa tyypillisesti myös aikatauluongelmiin.

Lähtötiedot ja suunnitelmat

Yhdeksi isoimmaksi haasteita aiheuttavaksi tekijäksi katuhankkeissa nimettiin hankkeen aikana tulevat yllätykset, jotka johtuvat siitä, ettei todellinen tilanne kohteessa vastaa lähtötietoja. Nämä yllätykset johtavat helposti viiveisiin projektin rakentamisvaiheessa, sillä urakoitsijoiden keinot varautua yllätyksiin ovat katuhankkeissa varsin rajallisia. Yllätysten sattuessa joudutaan työ kohteessa tyypillisesti keskeyttämään, ja siirtymään varames-

taan, mikäli sellainen on käytettävissä. Tällaisia yllätyksiä ovat tyypillisesti oletettua heikommat pohjaolosuhteet, kalliopinnan odottamaton sijainti tai vanhojen putkien tai johtojen poikkeava sijainti.

Iso osa yllätyksistä jotka poikkeavat lähtötiedoista johtuvat yllättävistä pohjaolosuhteista. Yleensä tämä liittyy erityisesti arvioitua korkeammalla olevaan kalliopintaan, mutta saattaa olla myös pilaantunutta maa-ainesta. Kalliopinnan korkeampi asema aiheuttaa tarpeen louhimistyölle, joka on tavallista hitaampaa kaupunkiympäristössä, jossa louhintaa ei välttämättä voida tehdä räjäytystyönä vaan se joudutaan tekemään esimerkiksi hydraulikalouhintana.

Paljon yllätyksiä rakentamisen aikana aiheuttavat myös yllättävät rakenteet. Yllättävät rakenteet ovat usein johtoja tai putkia, joiden asema poikkeaa merkittävästi suunnitelmiin merkitystä tai niitä ei ole lainkaan merkitty suunnitelmiin. Toisinaan vastaan tulee myös muita yllättäviä rakenteita, kuten pitkälle ylettäviä kellaritiloja tai muita vanhoja betonirakenteita. Tällaiset rakenteet saattavat aiheuttaa vahinkoja, kuten putkirikkoja, jotka johtavat lisätöihin. Väärässä paikassa olevat johdot ja putket saattavat aiheuttaa muutoksia työjärjestykseen tai rakennesuunnitelmiin. Tuntemattomat johdot aiheuttavat merkittävää viivettä, sillä niiden käyttötarkoitus ja siirtomahdollisuudet joudutaan selvittämään erikseen, mikä pysäyttää työn kohteessa selvityksen ajaksi.

Yllättävät rakenteet ja pohjaolosuhteet johtuvat tyypillisesti lähtötietojen puutteista. Suunnitteluvaiheessa ei ole saatu riittävää tietoa pohjaolosuhteista tai johdoista ja putkista. Tämä saattaa johtua pohjaolosuhteiden kohdalla riittämättömistä pohjatutkimuksista. Pohjatutkimusten tekeminen koettiin katujen peruskorjaushankkeissa erityisen haastavaksi. Kadut ovat jo käytössä, mistä johtuen pohjatutkimusten tekeminen ajoradalta aiheuttaisi haittaa liikenteelle. Katualueen sivulta tehdyt pohjatutkimukset eivät usein haastateltavien mukaan vastanneet tilannetta muualla katualueella. Katualue saattaa olla täynnä putkia ja johtoja, joiden tarkka sijainti ei ole tiedossa, mikä myös osaltaan vaikeuttaa pohjatutkimuksien tekoa. Kairauksia ei usein voida tehdä kaivamatta johtoja esiin. Putkien ja johtojen kohdalla erityisesti korkeusasema tuottaa suunnittelijoille ongelmia, sillä vanhojen putkien korkeusasemaa ei ole merkitty esimerkiksi johtotietokantaan, jolloin korkeusasemaksi joudutaan olettamaan tavallinen suunnittelukorkeus. Tämä korkeus ei useinkaan vastaa todellista johtojen sijaintikorkeutta. Kokonaisuudessaan tarkkojen lähtötietojen saaminen katualueella on vaikeaa.

Suunnitelmien laatuun oltiin pääasiassa tyytyväisiä, mutta niissäkin nähtiin puutteita. Suunnitelmien valmiuden taso vaihtelee hankkeittain. Suunnitelmien rakennettavuusongelmat aiheuttavat viivettä rakentamiseen, sillä ne tulevat yllätyksenä urakoitsijalle siinä vaiheessa, kun urakoitsija ei voi enää niitä ratkaista ilman viivettä rakentamisessa. Rakennettavuusongelmia saattavat olla esimerkiksi eri suunnitelmalajien törmäykset tai vaikeasti rakennettavat rakenteet. Suunnittelijoilla ei koettu olevan riittävästi kokemusta rakentamisesta ratkaistakseen kaikkia rakennettavuusongelmia hankkeen suunnitteluvaiheessa. Syitä yhteensovittamisen epäonnistumiselle ovat muun muassa mallipohjaisen suunnittelun puute, jolloin ei ole myöskään todellisia yhdistelmämalleja joissa olisi kaikki tieto kaikista suunnitelmista, eikä näin ollen suunnitelmien törmäyksiä voida huomata helposti. Suunnittelijoilla ei myöskään ole välttämättä riittävää kokemusta rakentamisesta, jolloin ei välttämättä ymmärretä eri työvaiheiden toteutustapoja. Haastateltavien mukaan suunnitelmista ei välttämättä pysty suoraan näkemään tarvitaanko työn tekemiseksi johtosiirtoja vai ei. Mikäli johtosiirtojen tarpeellisuutta ei voida todeta ajoissa on niiden järjestäminen ajallaan vaikeaa. Eri toimijoilla on erilaiset resurssit ja aikataulut,

jotka tulisi saada aikaisessa vaiheessa sovitettua yhteen, jotta johtosiirrot saadaan tehtyä ajallaan.

Osa haastateltavista kertoi Suomessa vallitsevan kroonisen suunnittelijapulan. Suunnittelijat ovat usein hyvin kiireisiä, joten eri vaiheessa olevia hankkeita saattaa olla yhdellä suunnittelijalla käynnissä samaan aikaan useita. Osittain kiireestä johtuen, mutta myös tilaajan antamien rajallisten resurssien takia päädytään helposti perinteisiin ratkaisuihin, jotka eivät välttämättä olisi hankkeen kannalta parhaita.

Muutostenhallintaprosessi

Yllätyksistä johtuvien muutosten hallintaprosessin hitauden koettiin olevan yksi suurimmista haasteista Helsingin katuhankkeissa. Koska yllätyksiä tulee katuhankkeissa jatkuvasti, on niiden hallinnalla merkittävä vaikutus hankkeen etenemiseen ja läpimenoaikaan. Voimassa olevien sopimusten mukaan alkuperäisestä suunnitelmasta poikkeamisesta on tehtävä poikkeamaraportti, jonka jälkeen suunnittelija korjaa suunnitelmat. Tämän jälkeen tilaaja hyväksyy uudet suunnitelmaratkaisut ja vasta sitten rakentamista voidaan jatkaa. Tähän viralliseen prosessiin saattaa kulua useita viikkoja. Käytännössä sopimuksen mukaisia prosesseja ei noudateta vaan urakoitsija sopii työmaalla muutoksista valvojan ja suunnittelijan kanssa suullisesti. Uusi suunnitelma hyväksytetään tilaajalla, jonka jälkeen rakentamista jatketaan. Virallinen prosessi kulkee menettelyssä taustalla ja korjaukset suunnitelmiin sekä virallinen poikkeamisen hyväksyntä saattaa tulla viikkojen päästä. Urakoitsijat kokivat menettelyn oman liiketoimintansa kannalta haastavana, sillä heillä ei ole menettelyssä sopimuksen tuomaa turvaa riitatilanteessa.

Päätöksenteon hitaus muutos- ja lisätyötilanteissa hidastaa rakentamista. Tyypillisesti pienistäkin muutoksista joudutaan hakemaan tilaajalta päätös. Päätöksen saaminen on kohtalaisen nopeaa vähäisissä muutostöissä, mutta tämäkin vaihtelee. Katuhankkeissa käytettävien YSE:n mukainen menettely muutostyön kohdalla on erittäin jäykkä, sillä se vaatisi lisä- ja muutostöiden virallista sopimista ennen työn jatkamista. Käytännössä katuhankkeissa YSE:n mukaista menettelyä ei kuitenkaan noudateta, vaan työtä jatketaan kohteessa ja lisä- ja muutostöiden hinta ja aikatauluvaikutuksista sovitaan jälkikäteen. Päätöksiä tekevät lisäksi henkilöt, jotka eivät ole välttämättä hankkeen päivittäisessä tekemisessä mukana. Helsingin kaupungin katuhankkeissa valvojina käytetään usein konsultteja, joille ei ole annettu todellista päätäntävaltaa edes pieniin muutostöihin. Kaupungin omilla valvojilla on sen sijaan paremmat mahdollisuudet päättää vähäisistä muutostöistä paikan päällä yhdessä urakoitsijan kanssa. Konsultti- valvoja joutuu viemään asian tilaajan päätettäväksi, jona aikana työtä ei voida tyypillisesti kohteessa jatkaa.

Koska päätöksenteko yllätystilanteissa ei ole riittävän nopeaa, joudutaan työn jatkamiseksi keskeyttämään työt alkuperäisessä mestassa ja siirryttävä jatkamaan töitä varamestassa, mikäli mahdollista. Uuteen mestaan siirtyminen vaatii usein uusia suunnitelmia ja lupia sen lisäksi, että myös kalusto ja työntekijät joudutaan siirtämään uuteen paikkaan. Tyypillisesti kaivulupia ei välttämättä ole haettu uuteen paikkaan etukäteen vaan ne haetaan siinä vaiheessa, kun työ alkuperäisessä kohteessa keskeytyy. Kaivulupaprosessi ruuhkautuu etenkin kesäisin ja uuden kaivuluvan saaminen saattaa kestää melko kauan. Kaivulupia ei myöskään käsitellä kokonaisuuksina vaan kaduittain. Uuteen mestaan siirryttäessä urakoitsija saattaa joutua suunnittelemaan uudet liikennejärjestelyt. Näitä järjestelyjä ei ole tyypillisesti suunniteltu etukäteen. Tilaajan täytyy myös hyväksyä uudet liikennejärjestelyt ennen kuin ne voidaan toteuttaa. Urakoitsijahaastatteluissa kävi ilmi, että uusien liikennejärjestelyjen hyväksymisessä saattaa kestää tarpeettoman kauan.

Muutostyöt vaativat usein uusia suunnitelmia, joiden pohjalta urakoitsija voi tehdä työnsä. Pääosin suunnittelijoiden tarjoamaan työmaapalveluun oltiin tyytyväisiä. Kuitenkin välillä uuden suunnitelman saaminen kestää tarpeettoman kauan. Nähdäkseen ongelman suunnittelijan tarvitsee tyypillisesti mennä paikan päälle. Joskus paikan päälle saapumisessa kestää, sillä työmaakatselmuksot saattavat olla kiireen takia suoraan pois jostain muusta työstä. Haastateltavien mukaan tilaajapuolelta ei välttämättä ole resursoitu riittävästi työtunteja jatkuvaan ongelmien ratkomiseen. Ongelmia työmaapalveluissa syntyy myös kesäisin loma-aikaan, kun alkuperäinen suunnittelija ei ole paikalla ongelmatilanteissa.

Suunnittelun, aikataulujen ja työn yhteensovittaminen

Eri osapuolten työn yhteensovittaminen koettiin katuhankeissa erittäin haastavaksi ja sen koettiin aiheuttavan merkittävää hukkaa koko prosessiin. YKT –prosessissa eri YKT –osapuolet vastaavat kukin oman vastualueensa suunnittelusta. Pääsuunnittelija vastaa näiden suunnitelmien yhteensovittamisesta. Nykyiset suunnittelukäytännöt koettiin rasakiksi ja suunnittelun resurssien keskittyvän vääriin asioihin. Suunnittelukokouksia, joissa on mukana kaikkien suunnittelijoiden edustajat, katsottiin olevan liikaa ja niissä suunnitelmien yhteensovittaminen resurssien hukkaamiseksi. Kun suunnittelukokouksissa ratkotaan yhteensovittamisongelmaa, ovat muut kuin asian osaiset turhaan paikalla. Nykyiset tiedon jakamis- ja hallintajärjestelmät koettiin kankeiksi. Suunnittelu toteutetaan pääasiassa mallipohjaisena, mutta tiedon jakaminen tapahtuu edelleen 2D tulosteina. Tämä vaikeuttaa yhteensovittamisongelmien havaitsemista. Suunnittelussa todettiin olevan myös resurssipulaa ja suunnittelun kilpailutuksen ohjaavan suunnittelua kohti resurssien minimoimista ja tavanomaisia suunnitteluratkaisuja.

Rakentamisvaiheessa haasteeksi koettiin rakentamisen valmisteluvaiheen lyhyys. Kun valmisteluvaihe on liian lyhyt, ei haastateltavien mukaan jää riittävästi aikaa ottaa yhteyttä kaikkiin hankkeen osapuoliin. Käytännön ongelmiksi oli havaittu eri työvaiheiden yhteen sovittamisen haasteet. Työn aikataulu- ja työjärjestyksen suunnittelun tekee katuhankeissa päätoteuttaja, joka on yleensä pääurakoitsija. Yhteistä aikataulusuunnittelua ei ole tai se koettiin puutteelliseksi. Käytännössä pääurakoitsija suunnittelee kaikkien työmaan työvaiheiden aikataulun aiemman kokemuksensa perusteella, vaikka työvaihe toteutettaisiin sivu-urakkana ja pääurakoitsija ei ole sopimussuhteessa sivu-urakoitsijaan. Sivu-urakoitsijat ovat tyypillisesti YKT –osapuolten omia rakentajia tai aliurakoitsijoita. Pääurakoitsija lähettää aikataulun ja työjärjestyksen YKT –osapuolten ja tilaajan kommentoitavaksi. Urakoitsijat kokivat, etteivät he saa suunnitelmiinsa kommentteja YKT -osapuolilta saati tilaajalta.

Yhteistyössä ja eri osapuolten välisessä kommunikaatiossa koettiin olevan ongelmia koko hankkeen läpi. Eri osapuolilla ei ollut selkeää kokonaiskuvaa hankkeesta ja sen etenemisestä tarjolla, eikä ollut selvää ketkä olivat minkäkin osapuolen yhteyshenkilöt ja vastuhenkilöt joihin voi ottaa yhteyttä tarvittaessa. YKT –osapuolten mukaan tieto hankkeen kulusta tai alkamisesta kulkee huonosti. YKT-kumppanit saavat tiedon projektin alkamisesta eri reittejä projektista riippuen. Välillä tieto hankkeen alkamisesta tulee vasta, kun rakentaminen aloitetaan. Joissain tapauksissa tietoa ei tule lainkaan. Kun YKT- kumppanit eivät saa tietoa hankkeen alkamisesta riittävän ajoissa, on heidän vaikeampaa suunnitella omaa resurssien käyttöönsä, joka saattaa johtaa siihen, etteivät he pysty tekemään omaa osuuttaan hankkeesta ajallaan. Lisäksi haastateltavien mukaan muiden osapuolten tarpeita ei tiedetä rakentamisessa ja näin ollen saatetaan hankaloittaa muiden rakentamista tai vahingoittaa muiden laitteita tai johtoja.

Muiden kuin pääurakoitsijoiden omien aliorakoitsijoiden sitouttaminen laadittuun aikatauluun koettiin haastavaksi. Kun YKT-kumppani ei ole mukana aikataulusuunnittelussa, eivät he myöskään kerro onko aikataulu sopiva, saati onko heillä mahdollista tehdä työtä kyseisenä aikana. Urakoitsijoiden mukaan sitoutuminen yhteiseen aikatauluun on myös heikompaa, mikäli sitä ei ole ollut mukana laatimassa ja näin ollen on todennäköisempää etteivät YKT-kumppanit tee omaa työtään ajallaan. YKT-kumppanien mukaan oman työn suunnittelu ja aikataulutus on haastavaa, kun hankkeessa tapahtuvista aikataulumuutoksista ei saada tietoa. Lisäksi tieto tulee usein niin myöhään, ettei siihen voida enää reagoida. Myöskään suunnittelijat tai tilaaja eivät haastateltavien mukaan saa riittävästi tietoa hankkeen etenemisestä. Tämä aiheuttaa sen, että heidän on vaikeaa varautua mahdollisiin ongelmiin tai muutostarpeisiin.

Muita haasteita

Edellä esitettyjen haasteiden lisäksi haastatteluissa ja työpajassa esiin nousi myös muita haasteita. Resurssien rajallisuus aiheutti haasteita tukitoimiin, suunnitteluun sekä työn tekemiseen. Kaikissa edellä mainituissa on resurssipula. Joillakin työmailla todettiin olevan ongelmia työmaan vastuulla olevien suunnitelmien heikon laadun kanssa. Erityisesti työmaa-aikaisissa liikennejärjestelyissä koettiin olevan parantamisen varaa. Urakoitsijoiden näkökulmasta liikennejärjestelyt ovat lisämeno, jota pienentämällä pystytään kilpailemaan. Kilpailuttaminen hinnalla koettiin ongelmalliseksi myös tässä mielessä.

4.3 Katuhankkeiden aiheuttamat häiriöt

Katuhanke aiheuttaa häiriöitä kadun työmaan vaikutusalueella oleville asukkailla, sekä yrityksille. Lisäksi se aiheuttaa haittaa katualueen läpi kulkevalle liikenteelle. Tämä liikenteelle aiheutunut haitta ei välttämättä rajaudu vain korjauksen alla olevaan katualueeseen vaan heijastuu myös sen ulkopuolelle. Haastatteluissa ja työpajoissa nousi esiin useita katuhankkeiden ympäristölle aiheuttamia häiriöitä. Autoliikenteen ajoaikojen todettiin pidentyvän ja ajomukavuuden heikentyvän. Liikenteen sujuvuus heikkenee merkittävästi työmaa-alueella. Liikenteen sujuvuuteen ja ajomukavuuteen liittyen todettiin myös kulkureittien epäselvyyden aiheuttavan haittaa katualueen käyttäjille. Autoliikenteen lisäksi samantapaista haittaa aiheutuu myös kevyelle liikenteelle, jossa kävelyn ja pyöräilyn todettiin hankaloituvan. Edellä mainitut seikat aiheuttavat myös turvallisuuden heikkenemistä alueella.

Katutyömaasta ei aiheudu haittaa vain liikenteelle, vaan haittavaikutukset ovat laajemmat. Liiketoiminnan saavutettavuus alueella heikkenee, kun liikenteen sujuvuus heikkenee ja kulkureitit ovat epäselviä. Katuhankkeiden pääasiallinen rakennusaika sijoittuu kesäkauteen. Samaan aikaan ravintolat pitävät terassia katualueella, mikä ei välttämättä ole mahdollista katutyömaan toteutuksen aikana. Työmaasta on myös haittaa terveydelle. Työmaan toiminnasta todettiin aiheutuvan meluhaittaa. Meluhaitan lisäksi työmaasta todettiin aiheutuvan myös pölyhaittaa, kun kaivetaan ja käsitellään maamateriaaleja. Pienhiukkaspäästöjen todettiin myös kasvavan alueella, kun liikenne hidastuu ja ruuhkautuu. Työmaasta todettiin olevan myös esteettistä haittaa. Kaiken kaikkiaan viihtyisyys alueella heikkenee, minkä epäiltiin johtavan jopa kaupungin vetovoiman heikkenemiseen turistien ja paikallisten mielissä.

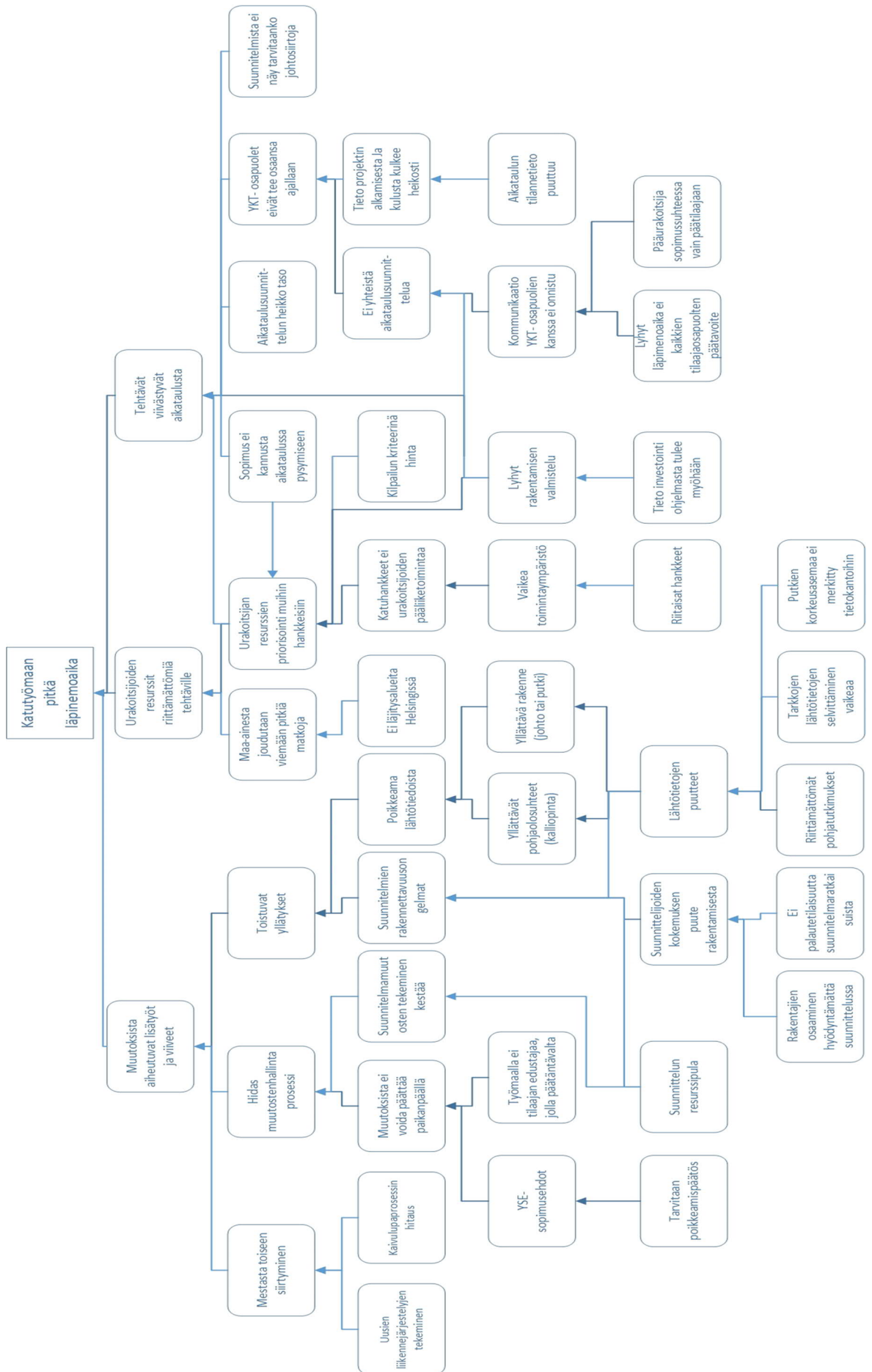
4.4 Helsingin katuhankkeiden haasteiden analyysi

Katuhankkeiden syy-seuraussuhde analysoitiin juurisyysanalyysin avulla (kuva 11). Analyysin perusteella hankkeiden haasteet koostuvat tyypillisistä rakentamisen ja erityisesti korjausrakentamisen haasteista. Kuitenkin yllätysten määrä poikkeaa tavallisesta korjausrakentamisen hankkeesta. Lisäksi tavallisesta korjausrakentamisesta poiketen, Helsingin katuhankkeissa toimitaan toimintaympäristössä, jossa useampi järjestelmän omistaja tekee työtä samalla työmaalla, joka luo tavallista haastavamman toimintaympäristön yhteistyön ja työn yhteensovittamisen onnistumiselle. Analyysin perusteella havaittiin, että tärkeimmiksi kokonaisuuksiksi nousi jatkuvat toistuvat yllätykset, jotka keskeyttävät rakentamisen kohteessa, näiden yllätysten vaatimien muutosprosessien aiheuttamat viiveet, sekä työn aikataulutuksen haasteet, jotka kumpuavat usean teknisen järjestelmän yhtäaikaista rakentamisesta, sekä jatkuvien yllätysten luomista haasteista aikataulun hallintaan. Analyysillä tunnistettiin näiden haastekokonaisuuksien lisäksi useita yksittäisiä ongelmia, joita ratkaisemalla katutyömaan läpimenoaika saataisiin lyhennettyä.

Jatkuvien yllätysten tärkeimmiksi juurisyiksi havaittiin poikkeamat lähtötiedoista, jotka johtuvat pääosin lähtötietojen puutteista. Tutkimuksen aikana havaittiin esimerkiksi, ettei johtotietokantaan ole tallennettu korkeustietoa, vaikka sellainen mitataankin jokaisesta maahan laitettavasta putkesta ja johdosta. Tarkkojen lähtötietojen saaminen katualueella on haastavaa johtuen päällekkäin vuosien aikana rakennetuista järjestelmistä. Esimerkiksi kairausten tekeminen on vaikeampaa, kun on riskinä osua maan alla oleviin järjestelmiin. Yhdeksi yhdistäväksi tekijäksi useille ongelmille nousi nykyisen toteutusmuodon ja sopimustyyppin jäykkyys hankkeessa, jonka nopea läpivieminen vaatisi nopeaa ongelmien ratkaisua tilaajan, suunnittelijan ja urakoitsijan yhteistyöllä. Helsingin katuhankkeet toteutetaan pääasiassa kokonaishintaurakoina, jolloin suunnittelu on tehty valmiiksi ennen rakentamisvaiheen aloittamista. Helsingin katuhankkeissa suunnitelmia tehdään kuitenkin riittämättömien tietojen pohjalta, jolloin suunnitelmien toteutuminen sellaisenaan on epätodennäköistä.

Tyypillisesti kokonaishintaurakan tarkoituksena on siirtää riskiä tilaajalta urakoitsijalle. Teoriassa hintariskin lisäksi kokonaisurakkamuodossa myös määräriski siirtyy tilaajalta urakoitsijalle. Urakoitsijoilla ei kuitenkaan Helsingin katuhankkeissa ole mahdollisuuksia hallita tätä riskiä millään tavalla, sillä heillä ei ole mahdollisuuksia varautua riittävästi hankkeissa ilmaantuviin yllätyksiin. Yllätykset lisäksi johtavat usein tilanteisiin, joissa alkuperäisiä suunnitelmia ei voida toteuttaa, jolloin hankkeen eteenpäin vieminen vaatii alkuperäisten suunnitelmien muuttamista ja usein myös lisätöitä. Todellisuudessa kokonaisurakkamuodossa riski ei siis siirry kokonaan urakoitsijalle, koska urakkaa ei voida toteuttaa alkuperäisten suunnitelmien mukaan. Urakkamuoto ja yllätykset johtavatkin helposti riitelyyn urakoitsijan ja tilaajan välillä siitä, miten toteutuneiden riskien taloudellisten ja aikatauluvaikutusten jako suoritetaan.

Kolmas iso tema joka analyysissä tunnistettiin, oli yllätystenhallintaprosessin hitaus. Jos jokainen yllätys vaatii uudelle mestalle siirtymisen ja siellä työn aloittamisen, koituu tästä lopulta viiveitä aikatauluun. Nopeammalle yllätysten käsittelylle havaittiin kaksi erityisesti siihen vaikuttavaa haastetta. Aika joka menee suunnitelmamuutosten tekemiseen, sekä kankeat YSE:n mukaiset menettelyt, jotka hidastavat päätösten tekemistä. Myös viiveet kommunikaatiossa tilaajan ja urakoitsijan välillä hidastavat prosessia.



Kuva 14 - Helsingin katuhankkeiden pitkän läpimenoajan juurisyyt

4.5 Tunnistettu hukka

Lyhyempien rakentamisen läpimenoaikojen saavuttamiseksi rakennushankkeiden tulisi olla sujuvia ja tehokkaita. Lean-ajattelun periaatteiden mukaisesti rakentamisen prosessissa oleva hukka heikentää prosessin virtaustehokkuutta ja näin ollen myös pidentää läpimenoaikoja. Helsingin katuhankkeiden haasteiden tunnistamisen lisäksi, on tärkeää tunnistaa myös millaista hukkaa haasteista aiheutuu jotta ymmärretään millaisin toimenpitein haasteita kannattaa ratkaista ja mitkä parhaista toimintamalleista todellisuudessa poistavat hukkaa prosessista. Hukka analysoitiin haastatteluissa nousseiden haasteiden ja eri toimijoiden kuvausten perusteella lean-periaatteiden mukaisesti. Hukan tunnistamisessa keskityttiin prosessin läpimenoajan kannalta oleelliseen hukkaan. Alla olevassa taulukossa 2 tunnistettu hukka on luokiteltu lean-kirjallisuudessa esitettyihin seitsemään hukkakategoriaan. Työssä ei ole tutkittu hukan määrää.

Katuhankkeissa tunnistettiin jokaista seitsemän kategorian mukaista hukkaa. Tämä kuvaa prosessin monimutkaisuutta, mutta toisaalta myös sitä, että parannusta prosessiin voidaan saada useaa eri tyyppistä hukkaa vähentämällä. Tunnistetut hukat liittyivät samoihin teemoihin, joihin myös haasteet liittyivät. Maaperässä piilevät yllätykset johtavat odottamiseen, ylimääräiseen työhön ja laatuvirheisiin rikkoutuneiden putkien ja kaapeleiden kautta. Muutosprosessin jäykkyys ja hitaus puolestaan johtaa useaan eri tyyppiseen odotukseen, ylimääräiseen työhön riitelyn takia, tarpeettomiin varastoihin kun työkohteita joudutaan pitämään auki useassa paikassa samaan aikaan, sekä ylimääräiseen liikkeeseen kun mestasta joudutaan siirtymään tarpeettomasti toiseen. Työn aikataulutuksen haasteet johtavat puolestaan YKT-kumppanien odottamiseen, jotka osaltaan taas johtavat ylimääräiseen liikkeeseen, sekä tarpeettomiin varastoihin. Näiden haasteteemoihin liittyvien hukkien lisäksi tunnistettiin myös ylituotantoa tarpeettoman tarkkojen suunnitelmien osalta, ylimääräistä kuljettamista johtuen kaivumateriaalin sijoituspaikkojen puutteesta, sekä laatuvirheitä tiedonkeruussa, kun järjestelmien korkeusasemaa ei tallenneta tietokantoihin.

Taulukko 2 - Helsingin katuhankkeissa tunnistettu hukka lajiteltuna lean- teorian mukaisiin hukkatyyppeihin

Hukkatyyppi	
Ylituotanto	Tarkat suunnitelmat, joita joudutaan muuttamaan rakentamisen alettua
Odotus	YKT-osapuolten työn odottaminen Muutosprosessin läpimeno odottaminen Muutostyöpäätösten odottaminen Suunnitelmamuutosten odottaminen
Ylimääräinen kuljettaminen	Kaivetun materiaalin kuljettaminen kauas
Ylimääräinen työ	Uudelleen suunnittelu Riitely Rikkoutuneiden kaapeleiden ja putkien aiheuttamat korjaustyöt
Tarpeettomat varastot	Keskeneräiset työkohteet, joista vain osassa työ etenee
Ylimääräinen liike	Muutoksesta johtuva mestasta toiseen siirtyminen
Laatuvirheet	Kaapeleiden rikkoutuminen Rakennettujen järjestelmien korkeusasematiedon hävittäminen

5 Parhaat tunnistetut käytännöt

Parhaita käytössä olevia käytäntöjä kerättiin haastatteleamalla niitä omassa toiminnassaan hyödyntäneitä infrarakentamisen eri toimijoita. Käytännöt on jaettu sopimusmalleihin ja kilpailutuksiin, työtapoihin, sekä teknologian hyödyntämiseen. Sopimusmallit ja kilpailutus ovat tilaajan työkaluja ja valintoja hankkeiden läpiviemiseksi, kun taas työtavat keskittyvät käytännön toimiin hankkeen eri vaiheissa. Teknologian hyödyntäminen taas käsittelee teknisiä apuvälineitä ja niiden käyttöä hankkeessa.

5.1 Sopimusmallit ja kilpailutus

Sopimusmallien ja kilpailutuksen osalta parhaiksi käytänteiksi tunnistettiin allianssimalli, puitekumppanuus, yksikköhintakilpailutus kehitysvaiheella, sekä bonukset ja läpimeinoajan painotus kilpailutuksessa. Nämä kaikki edustavat tilaajan käytössä olevia työkaluja ja tilaajan tekemiä valintoja hankkeiden alkuvaiheessa.

5.1.1 Allianssimalli

Allianssimalliin liittyen haastateltiin urakoitsijan edustajaa Tampereen raitiotieprojektin Raitiotieallianssista, Lahden eteläisen kehätien VALTARI- allianssista, sekä Raide-Jokerin allianssista. Tampereen raitiotieprojekti keskittyy uuden raitiovaunulinjan rakentamiseen Tampereen keskustan alueelle. Samalla rakennettavilla kaduilla myös peruskorjataan vanhaa infrastruktuuria ja katurakenteita. Projektin kokoluokka on merkittävästi suurempi taloudellisilta vaikutuksiltaan, sekä rakennettavalta matkalta, kuin tyypilliset Helsingin katujen peruskorjaushankkeet. Lahden eteläisen kehätien allianssimallilla rakennettava osuus on keskusta-alueen ulkopuolella kulkeva uusi tielinjaus, jossa ei korjata vanhaa jo olemassa olevaa rakennetta. Se on teknisesti erittäin haastava projekti, joka on myös taloudelliselta vaikuttavuudeltaan iso. Se eroaa siis merkittävästi Helsingin tyypillisistä kantakaupungin peruskorjausprojekteista. Raide-Jokeri rakennetaan Helsingin ja Espoon alueille kantakaupungin ulkopuolelle pääosin jo rakennetuille kaduille. Samalla korjataan myös vanhaa infrastruktuuria ja tehdään muita katujen perusparannuksen toimenpiteitä. Myös Raide-Jokeri on hankkeena tyypillistä kantakaupungin kadun perusparannusta huomattavasti suurempi projekti.

Allianssimallin projekteissa ei koettu kolmansien osapuolten kanssa olleen merkittäviä aikatauluongelmia projektin kannalta. Kaikki haastateltavat arvioivat projektin koon ja alueellisen merkittävyyden helpottaneen kolmansien osapuolten sitouttamista projektiin ja sen aikatauluihin. Tampereen raitiotieprojektissa oli panostettu erityisesti yhteistyöhön muiden osapuolten, kuten sähkö- ja vesilaitoksen kanssa pyrkimällä sopimaan asioista mahdollisimman aikaisin etukäteen. Tampereella ei ennen raitiotieprojektin alkamista ollut haastateltavan mukaan perinnettä yhteisrakentamisesta, minkä johdosta muiden osapuolten saaminen mukaan projektiin oli haastavaa. Johtosiirtojen sujuvuuteen oli erityisesti panostettu ja koettiin, että siinä oli onnistuttu. Huolimatta tavallista paremmista lopputuloksista, oli myös näissä projekteissa viivästyksiä ja aikatauluongelmia syntynyt. Nämä ongelmat olivat kuitenkin vähäisiä, eivätkä vaikuttaneet projektien kokonaisuuka- tauluun.

Allianssimallissa oli haastatelluissa hankkeissa käytössä pitkä kehitysvaihe, jonka aikana voitiin kehittää uusia rakennustapoja ja innovaatioita rakentamiselle. Sen lisäksi että pitkän kehitysvaihe koettiin ratkaisevan tärkeäksi muiden osapuolten sitouttamiseksi projektiin, todettiin kehitysvaiheen mahdollistavan myös muiden tyyppillisesti vastaan tulevien ongelmien tunnistamisen ja ratkaisemisen jo etukäteen. Kehitysvaiheen aikana urakoitsijan osaamisen todettiin myös saatavan mukaan suunnitteluun. Kehitysvaiheen todettiin myös mahdollistavan tarkemman riskianalyysin teon ja sen kautta lisäpohjatutkimusten tekemisen tunnistettuihin riskikohtiin. Pohjatutkimuksia olikin kaikissa hankkeissa tehty tavanomaista enemmän. Pohjaolosuhteista johtuvat yllätykset oli saatu minimoitua. Kaikkia ongelmia ei kuitenkaan voitu ratkaista kehitysvaiheen aikana, vaan ongelmia jäi väistämättä myös rakentamisvaiheen aikana ratkaistaviksi.

Kaikissa allianssimallia käyttävissä projekteissa todettiin mallin antavan saman tapaisia hyötyjä suhteessa muihin toteutusmuotoihin. Jokaisessa haastatellussa allianssimalliprojektissa oli käytössä big room-tila, jolloin samassa tilassa olivat sekä suunnittelijat, että urakoitsijan edustajatkin. Big roomin merkittävimiksi hyödyiksi todettiin urakoitsijan osaamisen ja tiedon nopea ja helppo jakaminen. Urakoitsijan osaaminen saatiin allianssi-hankkeissa jo aikaisessa vaiheessa suunnittelun käyttöön. Näin pystyttiin poistamaan iso osa rakentamisen aikaisista ongelmista. Jokaisessa hankkeessa kerrottiin, että big room työskentely oli vaatinut oppimista kaikilta osapuolilta, sillä se erosi merkittävästi tavallisista hankkeista. Kulttuurin, jossa kysytään apua muilta, rakentaminen allianssin sisälle oli vaatinut aikaa ja sitä oli aktiivisesti ohjattu jokaisessa hankkeessa.

Rakentamisen aikaisten ongelmien ratkaiseminen todettiin nopeammaksi ja jouhevammaksi, kuin tavanomaisissa hankkeissa. Allianssimallissa ei noudateta YSE:ä, joten ongelmatilanteissa ei tarvita raskasta muutostyöstä sopimisen prosessia, vaan ratkaisu voitiin hankkeessa laittaa yleensä käytäntöön ilman erillistä lupaa tilaajalta. Koska suunnittelua tehdään limittäin rakentamisen aikana ovat suunnittelijat jo paikalla big roomissa ja oikeiden henkilöiden kokoaminen ongelman ratkaisua varten nopeaa. Yhdessä hankkeessa suunnittelijoista ja urakoitsijoista oli kasattu pienryhmiä, joilla oli oikeus päättää ja ratkaista suurin osa ongelmista ilman erillistä lupaa ylemmältä tasolta. Allianssimuodon koettiin nopeuttavan ongelmien ratkaisua merkittävästi. Koska suunnittelu tehdään limittäin rakentamisen kanssa oli suunnitelmia myös helpompaa muokata ja tarkentaa rakentamisen aikana esiin nousseiden haasteiden perusteella. Rakentamisen kanssa limitetyn suunnittelun koettiin mahdollistavan oppimisen hankkeen aikana.

Kaikki allianssimallia varten haastatellut hankkeet olivat huomattavasti tavanomaista katumanketta suurempia. Hankkeiden koon arvioitiinkin olevan ratkaisevaa, jotta allianssimallia voi käyttää rakentamisessa. Haastateltavat kokivat, että allianssimallissa käytetty pitkä kehitysaika sitoo paljon resursseja, eikä tällaiseen resurssien käyttöön ole varaa pienemmissä hankkeissa. Osa haastateltavista koki, ettei Suomessa yksinkertaisesti riitä osaavat työntekijät, mikäli hankkeita aletaan toteuttamaan allianssimallilla laajemminkin. Yhden haastateltavan mukaan allianssimallin voisi toteuttaa kevyemminkin. Esimerkiksi eräässä kirkon peruskorjausprojektissa allianssin osapuolet ovat vain yhden päivän viikossa yhdessä kehitysvaiheessa. Tällöin allianssin luomat hyödyt saadaan pääosin hankkeen käyttöön, mutta hankkeeseen sidotut resurssit pysyvät kohtuullisempina.

5.1.2 Puitekumppanuus

Britanniassa vierailussa projektissa vaihdettiin kaasulinjoja uusiin. Kaasulinjojen omistaja oli solminut puitekumppanuus tyyppisen sopimuksen saneerausta toteuttavien yritysten kanssa. Britanniassa kaasuverkko on valtava ja kaasuverkoston saneerausprojektin koko myös merkittävä. Puitekumppanuuden avulla kaasulinjojen omistaja yhdessä urakoitsijan kanssa pystyivät kehittämään toimintaa pidemmällä aikavälillä lyhyiden projektien sijaan. Pitkä projekti olikin jo merkittävästi parantanut urakoitsijan toimintaa ja osaamista kaasulinjojen uusimisessa. Puitekumppanuus antoi omistajalle mahdollisuuden ohjata ja kehittää urakoitsijan toimintaa pidemmällä aikavälillä ja sitoa urakoitsijan tavoitteet omiinsa sopivien maksuperusteiden ja oikein määriteltyjen kannustimien avulla (tarkemmin kappaleessa 5.1.4). Puitekumppanuus oli oikeastaan Britannian toimintamallin kulmakivi, joka mahdollisti kaiken pidempiaikaisen kehittämistyön hankkeessa.

5.1.3 Yksikköhintakilpailutus ja kehitysvaihe

Tähän työhön haastateltiin Imatralla toimivaa rakennuttajaa heidän kehittämästään perinteisestä poikkeavasta katu- ja tiehankkeiden rakennuttamismallista, sekä heidän käyttämistään teknisistä projektijohdon apuvälineistä. Imatran kaupungin liikennemäärät ovat merkittävästi Helsinkiä pienempiä. Imatralla ei ole yleensä paikallisia suunnittelijoita hankkeissa vaan suunnittelijat toimivat muualla, mikä luo oman haasteensa projekteille. Imatran katuhankkeissa on mukana muita toimijoita, kuten vesilaitos ja sähkölaitos, kuten Helsinginkin katuhankkeissa. Myöskään Imatralla ei verkostokartoituksista ole saatavilla tarkkoja korkeustietoja, mikä vaikeuttaa suunnittelua ja rakentamista. Muita samantapaisia haasteita Imatran katuhankkeissa ovat yllätykset, jotka johtuvat esimerkiksi pilaantuneesta maasta tai yllättävästä kallion pinnasta.

Imatralla on kehitetty oma ohjelma katuhankkeiden läpiviemiseksi. Ohjelma perustuu yksikköhintakilpailutukseen ja kehitysvaiheen käyttöön. Tämä ohjelma on esitetty vaihe vaiheelta alla.

1. Hanke suunnitellaan perinteiseen tapaan

Haastateltavan arvion mukaan noin puolet hankkeista suunnitellaan mallipohjaisena. Suunnitteluprosessiin kuuluu vesilaitos, kaupunki, suunnittelija ja rakennuttaja.

2. Tilataan liikenteenohjaussuunnitelma konsultilta

Imatralla on haastateltavan mukaan huomattu, että ulkopuolinen konsultti tekee laadukkaampia liikenteenohjaussuunnitelmia, mikä johtaa merkittävästi pienempiin liikenteelle aiheutuneisiin häiriöihin, sekä parempaan työn aikaiseen turvallisuuteen. Urakoitsijat myös tietävät tarkalleen mitä liikennejärjestelyiltä vaaditaan jo tarjousvaiheessa. Urakoitsijat eivät tällöin kilpaile liikenteenohjauksen laadulla, joka oli Imatralla havaittu riskiksi aiemmalla toteutustavalla. Haastateltavan kokemuksen mukaan sekä urakoitsijat, että tilaaja ovat molemmat olleet käytäntöön tyytyväisiä. Lisäksi liikenteenohjaussuunnitelma voidaan jakaa jo ennen urakan alkua, jolloin sitä voidaan käyttää viestintään tulevasta katuhankkeesta.

3. *Tilaja laskee itse määrät*

Määriin perustuvassa kokonaisurakassa tilaaja tekee itse määrälaskennan tai teetättää sen konsultilla.

4. *Kilpailutetaan urakka yksikköhinnoilla*

Urakkaohjelmaan laaditaan normaalit vaatimukset toteutusajalle. Mahdolliset bonukset tai sanktiot lisätään urakkaohjelmaan. Valitaan urakoitsijoiden tarjoamien yksikköhintojen perusteella, tilaajan laskemilla määrillä, halvin tarjous.

5. *Siirytään valitun urakoitsijan kanssa kehittämisvaiheeseen*

Tyypillisesti kehittämisvaihe saattaa kestää noin kuukauden. Kehittämisvaiheen tarkoitus oli haastateltavan mukaan saada urakoitsijan osaaminen osaksi hankkeen suunnittelua. Kehittämisvaihe kestää Imatran mallissa noin kuukauden. Materiaalitulauksia urakoitsija tekee tyypillisesti jo kehitysvaiheen aikana, jotta sen vaikutus hankkeen kokonaisaikatauluun pysyy maltillisena. Kehitysvaiheessa ovat mukana myös muut hankkeen toimijat. Näin aikataulut saadaan sovitettua kehitysvaiheen aikana. Myös rakennettavuus ja yhteensovitusongelmat muiden osapuolten kanssa saadaan helpommin esille. Haastateltavan mukaan kehittämisvaiheen neuvottelujen avulla on myös osia työstä sovittu toteutettavaksi omien puitesopimuksen alaisten urakoitsijoiden toimesta pääurakoitsijan rinnalla ja näin ollen saatu kustannushyötyjä.

6. *Tarkastetaan suunnitelmien toteutettavuus yhdessä*

Tarkastelussa on onnistuttu löytämään erityisesti suunnitelmien rakennettavuusongelmia, joita ei tyypillisesti huomata ennen rakentamisen aloittamista. Tarkastelun tarkoituksena on tuoda urakoitsijan osaaminen osaksi suunnittelua.

7. *Etsitään uusia innovaatioita*

Kehittämisvaiheen yksi merkittävimmistä tavoitteista on löytää uusia innovatiivisia rakentamisen ratkaisuja, jotka nousevat urakoitsijoiden osaamisesta. Haastateltavan mukaan urakoitsijoilta on kehittämisvaiheen avulla saatu merkittävä määrä uusia innovaatioita, jotka ovat olleet esimerkiksi rakenteita joita ei yleisesti toteuteta. Innovaatioiden avulla on onnistuttu saamaan myös aikataulusäästöä hankkeille. Tässä vaiheessa nousseiden innovaatioiden kustannussäästöt jaetaan urakoitsijan ja tilaajan kesken suhteella 60% säästöistä urakoitsijalle ja 40% tilaajalle. Tämän jaon tarkoitus on motivoida molempia osapuolia kokeilemaan uusia toteutustapoja.

8. *Tehdään suunnitelmien riskikartoitus*

Riskikartoitus tehdään yhdessä urakoitsijan kanssa ja sen tarkoitus on löytää hankkeen rakentamisvaiheen aikaiset riskit, joita voivat olla esimerkiksi pohjatutkimusten riittämättömyys jollain kohtaa rakentamisaluetta.

9. Vähennetään hankkeen riskejä

Epäselvien pohjaolosuhteiden kohdalla esimerkiksi voidaan tässä vaiheessa toteuttaa lisäpohjatutkimuksia. Lisäpohjatutkimusten kustannukset jaetaan puoliksi urakoitsijan ja tilaajan kesken. Tutkimuksia, kuten koekuoppien kaivuuta voidaan tehdä tässä vaiheessa myös urakoitsijan omalla kalustolla, jolloin tilaajan osuus tutkimuksista korvataan urakoitsijalle.

10. Sovitaan yhdessä lopullisista määristä

Urakoitsija suorittaa oman määrälaskentansa ja tilaaja tekee myös uuden määrälaskennan, mikäli kehitysvaihe on johtanut suunnitelmamuutoksiin. Tilaajan ja urakoitsijan määrälaskennan erot käydään yhdessä läpi jonka jälkeen sovitaan yhdessä lopullisista määristä.

11. Määrien ja yksikköhintojen perusteella muodostetaan tavoitehinta

Määrämuutosten vaikutukset jaetaan urakoitsijan ja tilaajan kesken. Esimerkkihankkeessa urakoitsija sai urakkahinnasta 2% tavoitehintapalkkion, mikäli määrämuutosten kustannukset jäivät alle 3%. 3-6% muutoksista palkkio oli 1%, 6-9% muutoksista ei maksettu palkkiota, 9-12% muutoksista kustannukset maksettiin puoliksi ja yli 12% ylityksistä urakoitsija maksaa kaikki määrämuutosten ylitykset.

Tässä mallissa lisätöistä, niiden suorittamisesta, maksuperusteesta ja vaikutuksesta urakan kokonaisaikatauluun sovitaan etukäteen. Haastateltavan mukaan yksikköhintoihin perustuvassa urakkamuodossa on kustannuksista sopiminen helpompaa, kun urakoitsijan yksikköhinnat ovat jo tiedossa hankkeen alkaessa.

Haastateltavan mukaan Imatralla käytetty ohjelma on onnistunut parantamaan hankkeiden läpivientiä. Ohjelman avulla on saatu kustannushyötyä muun muassa uusien innovatiivisten rakennustapojen kautta, sekä tunnistamalla ja poistamalla ongelmat jo ennen kuin rakentaminen alkaa. Lisäksi on löydetty tapoja rakentaa, jolla häiriöitä on saatu vähennettyä. Esimerkiksi haastateltavan mukaan eräässä kohteessa löydettiin rakentamistapa, jossa tie saatiin käyttökuntoon jo paljon ennen koko projektin valmistumista, näin vähentäen merkittävästi liikenteelle aiheutuneen häiriön kesto. Tällä tavalla toteutetuissa kohteissa on haastateltavan mukaan toteutettu lisäksi suunnitelmaratkaisuja, joita ei tavallisesti toteuteta.

5.1.4 Bonukset ja läpimenoajan painotus

Tavanomaisesta kokonaisurakkakilpailutuksesta poikkeavia kilpailutuskriteereitä on kehitetty Espoossa ja Oulussa. Näihin kilpailutuksiin liittyen haastateltiin molempien kaupunkien edustajia, sekä Espoon hankkeessa mukana olleen konsulttiyrityksen edustajia. Haastateltu konsulttiyritys on erikoistunut toimimaan rakennuttajan konsulttina erityisesti allianssi- ja kevytallianssimuotoisissa hankkeissa, sekä erilaisissa tavallisesta poikkeavissa kilpailutustavoissa. Konsulttiyritys oli mukana laatimassa urakkaohjelmaa ja suunnittelemassa kilpailutusta Espoon kohteessa, jossa kilpailutuksessa kokeiltiin tyypillisestä poikkeavaa menettelyä.

Espossa sillan peruskorjauskohteessa kokeiltiin kilpailutusmenettelyä, jossa tarjoukset pisteytettiin perustuen tarjousten hintaan, rakentamisen läpimenoaikaan, sekä aikaan jolloin tiellä oli alennetut nopeudet. Pisteytyksessä painotettiin 75% hintaa, 20% nopeaa läpimenoaikaa, sekä 5% alennetun nopeusrajoituksen käyttöaikaa. Kokonaispisteet muodostuivat seuraavasti:

$$\text{Kokonaispisteet} = \text{Hinnan vertailupisteet} + \text{Läpimenoajan vertailupisteet} + \text{Alennetun nopeusrajoituksen käyttöajan vertailupisteet.}$$

$$\text{Hinnan vertailupisteet} = \text{Halvin hyväksyty vertailuhinta} / \text{Tarjottu vertailuhinta} * 75$$

$$\text{Läpimenoajan vertailupisteet} = \text{Nopein hyväksyty läpimenoaika} / \text{Tarjottu läpimenoaika} * 20$$

$$\text{Alennetun nopeusrajoituksen käyttöajan vertailupisteet} = \text{Lyhin hyväksyty käyttöaika} / \text{Tarjottu käyttöaika} * 5$$

Kilpailutuksen lisäksi hankkeessa oli käytetty bonuksia ja sanktioita urakoitsijan kannustimena. Urakkaohjelmassa oli määritelty sanktiot ja bonukset luvattun läpimenoajan ja alennetun nopeusrajoituksen käyttöajan ylittämistä ja alittamisesta päivän tarkkuudella. Haastateltavien mukaan tämä kilpailutus oli onnistunut ja urakoitsija oli onnistunut alittamaan lupaamansa läpimenoajan.

Myös Oulussa on käytetty läpimenoaikaa hintakilpailun kriteerinä pääkaduilla, pyrki myksenään vähentää autoliikenteelle aiheutuvaa haittaa. Tarjousten vertailun kaupunki oli esimerkkiurakassaan tehnyt painotuksella, jossa hinnan painoarvo oli 70 prosenttia ja läpimenoajan 30 prosenttia. Samaan tapaan kuin ensimmäisen kaupungin esimerkissä, myös toisessa kaupungissa oli päiväkohtaista bonusta ja sanktiota käytetty läpimenoajan nopeuttamiseksi. Sanktio tai bonus määräytyi samalla periaatteella kuin ensimmäisen kaupungin kohteessa, eli toteutunutta läpimenoaikaa verrattiin tarjottuun läpimenoaikaan. Haastateltavan mukaan kilpailutus, jossa mukana oli aikakomponentti, oli tuottanut nopeampia läpimenoaikoja.

Haastateltavien mukaan kilpailutus, jossa on mukana aikakomponentti, oli rakennuttajalle työläämpi tapa kilpailuttaa katuhankkeita ja he arvelivat, että tästä syystä se ei ole yleinen toimintatapa. Haastateltavat huomauttivat myös, että tällaisella kilpailutuksella on riski ”pelaamisen” lisääntymiseen. Kilpailutuskriteerejä laadittaessa täytyy olla perinteistä tapaa tarkempi, jotta kilpailutuksella saadaan haluttu vaikutus.

Molemmissa kaupungeissa oli käytetty myös menetelmää, jossa urakoitsija sai bonuksia annetun läpimenoajan alittamisesta tai vastaavasti sanktioita sen ylittämistä. Bonuksien merkitys läpimenoajalle katsottiin kuitenkin tällaisessa menettelyssä vähäiseksi.

5.1.5 Bonusten liittäminen asiakastyytyväisyyteen

Britanniassa vierailussa projektissa vaihdettiin kaasulinjoja uusiin. Hankkeen kaikilla tasoilla oli otettu huomioon loppukäyttäjät. Hankkeelle oli luotu systemaattinen järjestelmä, miten loppukäyttäjää informoidaan missäkin vaiheessa hanketta ja mikä hankkeen osan

valmistuminen käynnistää minkäkin informoimisvaiheen. Jokaiselle loppukäyttäjälle jaettiin kussakin työvaiheessa informaatiolappunen, jossa kerrottiin mitä seuraavassa vaiheessa tapahtuu, miksi näin tehdään ja miten se vaikuttaa loppukäyttäjään. Informaatiolappujen lähettäminen käynnistyi automaattisesti, kun edellinen työvaihe oli kuitattu valmistuneeksi. Loppukäyttäjät oli huomioitu myös töiden toteutustavoissa. Työt pyrittiin tekemään mahdollisimman aiheuttaen mahdollisimman pientä haittaa ja työtapa oli valittu kuhunkin kohteeseen sen mukaan, mikä oli pienintä haittaa aiheuttava työtapa, joka voitiin toteuttaa. Työkohteissa myös työntekijät vaikuttivat aidosti kiinnostuneista loppukäyttäjien tyytyväisyydestä. Asiakastyytyväisyyden tavoittelu oli viety läpi tuotantoprosessin.

Kohteessa loppukäyttäjiltä kerättiin tyytyväisyyskysely säännöllisin väliajoin. Urakoitsijan bonukset oli sidottu tyytyväisyyskyselyn tuloksiin. Urakoitsijalle oli annettu tavoitetaso asiakastyytyväisyydelle, jonka ylittämällä se sai rahallisen bonuksen. Asiakastyytyväisyydelle oli myös vähimmäisvaatimus, jonka alittamalla sopimuksen sanktiot astuivat voimaan. Bonusten ja sanktioiden kokoluokka oli urakoitsijan kannalta merkittävä. Haastateltujen mukaan tällä menettelyllä oli iso vaikutus heidän toimintaansa ja se oli ajanut sitä tähtäämään parhaaseen mahdolliseen asiakastyytyväisyyteen.

5.2 Työtavat

Työtapojen osalta parhaiksi käytössä oleviksi käytännöiksi paljastuivat riskien systemaattinen tarkastelu, sekä kadun sulkeminen liikenteeltä.

5.2.1 Riskien systemaattinen tarkastelu

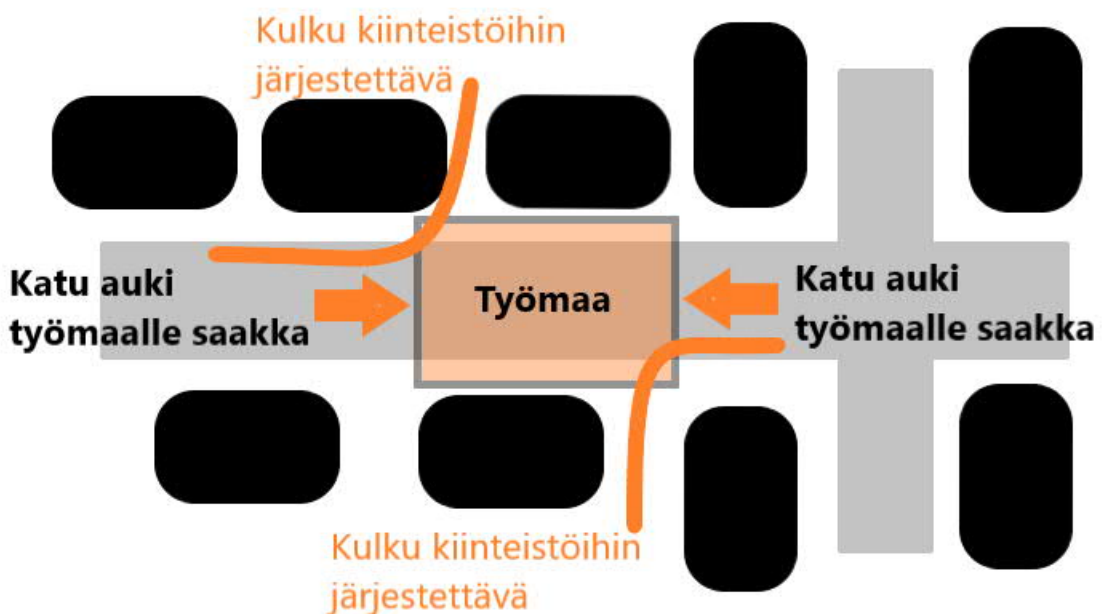
Vierailussa Lontoon kohteessa prosessien systemaattinen tarkastelu oli viety pitkälle. Projektin suunnitteluun ja toteutukseen oli liitetty tiiviisti myös riskien tarkastelu. Riskien tarkastelu tehtiin jokaiselle projektille samanlaisen prosessin mukaan, jonka prosessikuvaus oli jaettu yrityksen projektipankissa prosessikaavion ja sitä selittävien dokumenttien avulla. Prosessissa oli määritelty tehtävät riskitarkastelut, niiden järjestys, sekä kuka minkin riskitarkasteluun osallistuu ja millä tavalla. Riskitarkasteluun osallistuivat suunnittelija, rakennuttaja, sekä urakoitsija. Riskitarkasteluja tehtiin suunnitelmille ja niiden osille toimivuuden ja taloudellisten seikkojen osalta, aliurakoitsijoiden käytön osalta, sekä työturvallisuuden osalta. Esimerkiksi työturvallisuuden osalta oli kehitetty riskilista, jonka kautta voitiin arvioida hankkeen kokonaisriskiä ja aliurakoitsijoiden osalta pidettiin yllä tietokantaa, jossa arvioitiin aliurakoitsijoiden osaamista, kalustoa ja tilustilannetta ja niistä kumpuavaa riskiä projektille.

Systemaattisen riskitarkastelun avulla oli tarkoitus osallistaa kaikki projektin toteuttamiseen tarvittavat osat, jolloin tieto riskeistä siirtyi myös toteutukseen. Samalla riskitarkastelun avulla pystyttiin hyödyntämään niin suunnittelijan, kuin urakoitsijankin osaaminen riskien vähentämiseksi ja samalla pyrittiin jatkuvaan oppimiseen projektista toiseen. Systemaattinen tarkastelu takasi haastateltujen mukaan sen, että kaikki tarvittavat riskit käytiin läpi, sekä toteuttajien tunnistamat riskit pystyttiin ottamaan huomioon jo suunnitteluvaiheessa.

5.2.2 Kadun sulkeminen liikenteeltä

Yhdeksi ratkaisuksi katuhankkeiden nopeuttamiseksi urakoitsijoiden haastatteluissa nousi katualueen sulkeminen liikenteeltä rakentamisen ajaksi. Tätä ei urakoitsijoiden mukaan yleensä tehdä Helsingin katuhankkeissa. Sulkemista on kokeiltu Espoon ja Imatran kaupunkien katuhankkeissa, sekä se on vallitsevana käytäntönä Hyvinkään kaupungin rakennuttamissa katuhankkeissa.

Hyvinkään kaupunki sulkee tyypillisessä hankkeessaan peruskorjattavan katualueen läpiajoliikenteeltä. Hyvinkäällä liikennemäärät ovat Helsinkiä merkittävästi pienempiä ja kaupunkirakenne monin paikoin sellainen, että kiertotiemahdollisuus on olemassa. Mikäli kiertotietä ei voida järjestää helposti, ei katualueita suljeta. Haastateltavien mukaan katualueita ei kuitenkaan voida poistaa kokonaan käytöstä, sillä ajo kiinteistöihin on taatava. Kaikkien haastateltavien mukaan myös kevyen liikenteen kulku työmaan läpi järjestetään yleensä katualueen toiselta reunalta. Pituussuunnassa koko katua ei suljeta liikenteeltä vaan ainoastaan tarvittavan mittainen alue. Tarvittavan alueen kokoa määrittää esimerkiksi asennettavien putkien mitta. Materiaalivarastoa ei ole perustettu katualueelle, jotta työmaalle varattu alue ja rakentamisen aiheuttamat häiriöt pystyttäisiin pitämään mahdollisimman vähäisinä. Häiriön minimoimiseksi ajomahdollisuudet pyritään pitämään normaaleina työmaakuopalle saakka. Haastateltavien mukaan erityisesti katualueen yrityksiä varten pääsy kiinteistöille tulee katkaista mahdollisimman lyhyeksi aikaa.



Kuva 15 - Katualueen sulkeminen liikenteeltä

Katualueen läpiajoliikenteeltä sulkemisen suurimmat hyödyt liittyvät kaikkien haastateltavien mukaan työmaan turvallisuuteen, sekä nopeampaan läpimenoaikaan. Työmaan läpimenoaika arvioitiin merkittävästi lyhyemmäksi, kun läpiajavan liikenteen häiriövaikutusta ei ole. Haastateltavat arvoivat, että työ saattaa nopeutua jopa puolitoistakertaiseksi. Haastateltavat painottivat suurimmaksi hyödyksi kuitenkin työmaan turvallisuutta. Kun työmaa saadaan eristettyä ulkopuolisilta, on sen turvallisuus helpompaa järjestää. Läpiajavan liikenteen puuttuminen lisää haastateltavien mukaan sekä työntekijöiden, että ulkopuolisten turvallisuutta. Aasukailta ja yrityksiltä saadun palautteen perusteella katualueen sulkeminen koetaan yhtä hankalaksi, kuin tavanomainenkin kadun saneeraustyö.

5.3 Teknologian hyödyntäminen

Teknologian hyödyntämisen osalta parhaiksi käytännöiksi haastatellut olivat kokeneet mallipohjaisen suunnittelun, maatutkan käytön, visuaalisten apuvälineiden hyödyntämisen, sekä suurtehoimurin käyttämisen kaivamiseen.

5.3.1 Mallipohjainen suunnittelu

Mallipohjaisen suunnittelun taso vaihteli haastattelujen perusteella hankkeesta ja organisaatiosta toiseen. Tie- ja katusuunnitelmat tehtiin usein mallipohjaisena suunnitteluna, mutta eri kunnallisteknisten järjestelmien suunnittelu tehtiin pääasiassa 2D maailmassa. Ratamaailmassa on tehty viime aikoina iso siirtymä mallipohjaiseen suunnitteluun. Tätä työtä varten haastateltiin suurta radan välityskyvyn parantamishanketta johtaneita henkilöitä. Tässä hankkeessa mallipohjainen suunnittelu oli viety pitkälle.

Ratamaailmassa on katualueita enemmän erilaisia järjestelmiä, jotka suunnitellaan hankkeiden yhteydessä. Ratoihin itseensä liittyvien järjestelmien lisäksi, myös ratojen suunnittelualueella on erilaisia kunnallistekniikan järjestelmiä. Kyseisessä hankkeessa, kuten tyypillisissä katuhankkeissa kunnallistekniikan suunnittelutyön teki järjestelmien omistajat itse. Tästä huolimatta nämäkin järjestelmät oli onnistuttu suunnittelemaan mallipohjaisesti, sekä liittämään yhdistelmämalliin. Haastateltujen mukaan todelliseen mallipohjaiseen suunnitteluun siirtyminen ja kaikkien suunnitelmien yhdistäminen yhdistelmämalliksi vaatii tilaajaorganisaatiolta kovaa motivaatiota. Hankkeeseen lähdetessä tämä ei ollut mahdollista, vaikka muuta väitettiin. Mallien yhdistäminen ja kaikkien osien mallipohjainen suunnittelu vaati suuren määrän uusia objekteja ja malleja, joita hankkeen käyttöön hankittiin ostamalla valmiita objektikirjastoja ja kehittämällä itse osan malleista. Yhdistelmämallin tekoon ja mallien jakamiseen oli käytetty IFC formaattia.

Mallipohjaiseen suunnitteluun siirtymisestä koettiin saadun ison määrän hyötyjä. Yhdistelmämallin avulla eri järjestelmien törmäykset nähdään helposti, jolloin niistä johtuvat rakennettavuusongelmat vähentyvät merkittävästi. Toinen suora hyöty mallien käytöstä on mahdollisuus hyödyntää malleja suoraan koneohjauksessa. Yhdistelmämallien käytöstä oli saatu myös useita tiedonjakoa parantavia hyötyjä. Yhdistelmämalliin oli pääsy kaikilla hankkeeseen osallistuneilla, jolloin jokaisen oli helppoa tarkistaa oma rakennettavuus. Ongelmakohtat pystyttiin helposti merkitsemään malliin ja lähettämään niistä informaatio suoraan mallinkatseluohjelmasta oikealle henkilölle, esimerkiksi sähköpostin avulla. Myös toteumamallit tallennettiin, jolloin mallipohjainen suunnittelu tuki elinkaariajattelua. Olemassa olevien kattavien toteumamallien koettiin auttavan tulevaisuuden kunnossapidossa, sekä uusissa projekteissa.

Oulun kaupungilla oli katuhankkeissa käytössä mallipohjainen suunnittelu. Vaikka katusuunnittelu tehtiinkin mallipohjaisena, kuitenkin kunnallisteknisten järjestelmien suunnittelu tehtiin pääasiassa ”2D- paperiversioidena”. Oulussa tilaaja itse mallintaa myös muiden 2D- suunnitelmat ja yhdistää ne yhdistelmämalliin. Tilaajan tekemä yhdistelmämalli jaetaan urakoitsijoille myös koneohjausta varten. Oulussa lähes kaikki urakoitsijat käyttävätkin koneohjausta katuhankkeissa. Katutöissä Oulussa oli koettu yhdistelmämallin käyttö hyödylliseksi erityisesti keskusta-alueen projekteissa. Suurin hyöty koettiin olevan järjestelmien törmäystarkastelussa, joka auttaa järjestelmien yhteensovitusta. Oulussa ei kuitenkaan tallennettu toteumamalleja myöhempää käyttöä varten.

5.3.2 Maatutka

Maatutka nousi esiin haastatteluissa erityisesti tilaajapuolelta teknologiana, joka voisi vähentää yllätyksiä katurakentamisessa. Maatutkaa on tosin jo käytetty useassa hankkeessa aiemmin, mutta sen käyttö ei ole kuitenkaan vakioitunut normaaliksi käytännöksi. Tätä työtä varten haastateltiin maatutkauksia päätoimenaan tekevän yrityksen edustajaa, sekä suuren rakennusliikkeen edustajaa maatutkan haasteista ja mahdollisuuksista katurakentamiselle. Maatutkauksia päätoimenaan tekevä yritys on ollut mukana sekä Tampereen raitiotiehankeissa, että Helsingin ja Espoon raidejokerihankeissa.

Maatutkalla nähdään heijastuksia eri materiaalien kerrosrajoista. Maatutkaa on käytetty perinteisesti eri kerrosrajojen paikantamiseen, sekä yksittäisten kohteiden löytämiseen pinnan alta. Tällaisia kohteita voi olla esimerkiksi vanhat öljysäiliöt tai teräsputket. Haastateltavien mukaan katualueilla tietoa tutkalla saadaan pääasiassa maakerrosrajoista, metalliputkista, sekä vesitäytteisistä muoviputkista. Hyvässä tapauksessa syvyystieto saadaan kymmenen prosentin tarkkuudella, mutta syvyystiedon saanti vaatii tietoa rakennekerroksen materiaaliominaisuuksista. Maatutkaus suoritetaan erilaisilla maavastusantenneilla riippuen halutusta tutkimuksen syvyydestä. Sopivalla antennin valinnalla haastateltavien mukaan päästään tutkimuksella aina käytännössä rakennetun kerroksen pohjaan saakka.

Katurakenteen kerrosrajojen tutkiminen tehdään ajamalla autolla tien kaistat molempiin suuntiin. Näin saadaan tietoa tierakenteesta molempien kaistojen alta. Maatutkan eduksi perinteisiin kairauksiin nähden arveltiin se, että se tuottaa jatkuvaa tietoa kerrosrajoista pistemäisten kairausten sijaan. Haastateltavien mukaan maatutkalla kannattaisi tutkata pidempiä profiileja lyhyiden pätkien sijaan, sillä se auttaa myös tiedon tulkitsemisessä. Putkien sijainnin paikantamiseen voidaan käyttää työnnettävää kärryä, johon tutka on kiinnitetty. Putket kulkevat yleensä kadun suuntaisesti jolloin niiden sijainnin selvittämiseksi tutkaaminen on tehtävä poikittain katuun nähden. Myös putkista saadaan maatutkan avulla korkeustieto, josta on merkittävää apua Helsingin katuhankkeissa.

Haastateltavat arvioivat maatutkalle useita etuja perinteisiin kairausmenetelmiin verrattuna. Tutkaus voidaan tehdä nopeasti autolla ajamalla liikenteen seassa tai vastaavasti kävelemällä kärryn kanssa jalkakäytävällä. Putkien paikantamiseksi katuja vastaan poikittain tehtävän tutkimuksen haastateltavat ehdottivat tehtäväksi yöaikaan tai esimerkiksi viikonloppuisin, kun liikenne on merkittävästi vähäisempää. Kokonaisuutena maatutkaus ei aiheuta juurikaan häiriötä liikenteelle tai muuten ympäristölle. Maatutkaus on myös nopea tehdä. Lisäksi maatutkaus on rakenteita rikkomaton menetelmä. Tien ja kadun rakenteita ei tarvitse rikkoa tutkimusta varten.

Maatutkalle haastateltavat näkivät rajoitteita erityisesti Helsingin katuhankkeita ajatellen. Maatutkalla nähdään heijastuksia kerrosrajoista. Saaduista tutkakuvista on tulkittava mitä mikäkin kerrosraja on. Helsingissä ongelma on haastateltavien mukaan se, että ei etukäteen juurikaan tiedetä mitä maan alla on ja Helsingin historian takia siellä saattaa olla paljon erilaisia materiaaleja ja kohteita. Tämä tekee tutkakuvien tulkinnasta erityisesti Helsingissä erittäin vaikeaa. Haastateltavat ehdottivatkin, että maatutkausta käytettäisiin osana kokonaisvaltaista tutkimusohjelmaa, jossa kairauksista saatavalla pistemäisellä tiedolla täydennettäisiin maatutkauksella saatavaa tietoa. Maatutkatietoa voitaisiin käyttää tiedossa olevien putkien sijainnin varmistamiseen.

5.3.3 Visuaaliset apuvälineet

Tutkimuksessa löydettiin teknisiä apuvälineitä, jotka ovat helpottaneet muun muassa reaaliaikaisen tilannekuvan saavuttamisessa. Visuaalisiin apuvälineisiin liittyen tätä työtä varten haastateltiin Imatran kaupungin rakennuttajan edustajaa, sekä Lahden eteläisen kehätieprojektin edustajaa. Imatralla visuaalisten apuvälineiden käyttöön oli haastateltavan mukaan vaikuttanut erityisesti se, ettei Imatralla ole tyypillisesti paikallisia suunnittelijoita vaan suunnittelijat ovat kaukana hankealueelta. Tämän johdosta suunnittelijoiden saaminen paikalle on hankalampaa. Lahdessa visuaalisten apuvälineiden käyttö oli helpottanut merkittävästi suuren hankealueen tilannekuvan määrittämisessä.

Molemmissa hankkeissa oli käytetty kuvien ja videoiden jakamiseen samaa karttapohjaista kuvan ja videonjakopalvelua palvelua. Palvelun avulla kuvia ja videoita voitiin jakaa tarvittaville henkilöille. Kuvat ja videot voitiin linkittää paikkatietoon ja niihin pääsi käsiksi karttanäkymästä. Lisäksi karttanäkymää pystyi suodattamaan esimerkiksi ajan perusteella, jolloin voitiin nähdä viimeisimmät palveluun tallennetut tiedot. Imatralla palvelun avulla lähetettiin kännykkäkameran kuvaa kaivinkoneesta suoraan tarvittaville henkilöille, kuten suunnittelijoille. Kuviin ja videoihin liitettiin myös sijaintitieto, jolloin niiden paikantaminen oli helppoa. Tätä oli käytetty esimerkiksi videokuvan lähettämiseen haastavasta työvaiheesta. Suunnittelijoiden oli helpompaa varautua mahdollisiin suunnittelutarpeisiin, kun he näkivät tilannekuvan jatkuvasti. Videokuvan avulla oli pystytty sopimaan myös suunnitteluratkaisuista ilman, että suunnittelijoiden tarvitsi tulla paikan päälle. Oli myös havaittu, että löydettyjen tuntemattomien putkien tunnistaminen oli helpompaa, kun niistä saatiin kuva joka voitiin jakaa kaikille tarvittaville osapuolille. Kuvanjakoteknologian lisäksi Imatralla oli myös käytössä yksinkertaiset pikaviestiryhmät, joiden avulla jaettiin kuvia ja videoita. Haastateltavan mukaan kuvien ja videoiden jakaminen pikaviestin välityksellä oli havaittu hyväksi tavaksi ja se oli käytössä lähes jokaisessa hankkeessa.

Lahden eteläisessä kehätieprojektissa käytettiin karttatietoon liitettyä videokuvaa, sekä valokuvia erilaisiin käyttötarkoituksiin. Lahdessa tehtiin säännöllisiä droonilentoja hankealueen yli, joilla kuvattiin aluetta ylhäältä käsin. Videokuvan lisäksi drooneilla otettiin myös 360 asteen ilmakuvia halutuista kohteista. Sekä videot, että kuvat olivat kaikkien hankkeeseen liittyvien saatavilla pilvipalvelun kautta. Haastateltavan mukaan karttapalvelusta teki erityisen tehokkaan se, että lentovideot näki palvelussa reittiä kuvaavina viivoina, jolloin klikkaamalla tiettyä kohtaa viivasta pystyi aloittamaan lentovideon juuri siitä kohtaa. Palvelun avulla pystytään näyttämään nopeasti tilanne juuri oikeassa kohdassa.

Droonilentojen käyttö oli vakioitunut käytännöksi reaaliaikaisen tilannekuvan saamiseksi. Lentovideoilla näytetään nykytilanne aina palavereissa, jolloin kaikki siihen osallistuvat ovat tietoisia töiden tämän hetkisestä tilanteesta. Lentovideoiden avulla myös verrataan reaaliaikaista tilannekuvaa suunnitelmiin. Tämä on helpottanut ja nopeuttanut päätöksentekoa erityisesti muutostilanteissa. Suunnittelijoiden ei välttämättä tarvitse käydä paikan päällä, kun tilanne voidaan tarkistaa lentokuvien avulla. Tässä toimintatavassa oli haastateltavan mukaan kuitenkin puutteena se, ettei peittyneitä rakenteita pystytä todentamaan kuvista. Muut hankkeen osapuolet käyttävät palvelua hankkeen etenevän seurantaan.

Toinen käyttötarkoitus, mihin hankkeessa käytettiin karttapohjaista kuvanjakopalvelua oli liikennejärjestelyjen suunnitteluun ja laadunvalvontaan. Hankkeessa liikennejärjestelyt videokuvataan ajamalla ne läpi. Samaan tapaan kuin ilmasta otetuissa videoissa myös ajetuissa videoissa voidaan kartalta klikata kohtaa josta halutaan nähdä kuvaa. Suurimpana hyötynä toimintatavalle haastateltava mainitsi sen, että tällä tavoin nähdään liikennejärjestelyjen toimivuus käyttäjän näkökulmasta ja voidaan helposti paikantaa kohdat, joissa järjestelyt eivät toimi. Lisäksi voidaan tehdä järjestelyjen laadunvalvontaa, kun pystytään videokuvan avulla todentamaan helposti onko järjestelyt tasolla, johon pyritään.

5.3.4 Suurtehoimurin käyttö kaivamiseen

Britanniassa katualueilla, joilla sijaitsee useita järjestelmiä, oltiin siirtämässä kaivutyötä tehtäväksi pääasiassa kaivutarkoitukseen suunnitelluilla suurtehoimureilla. Suurtehoimuri on maan kaivamiseen tarkoitettu laite, jolla maata kaivetaan imemällä se imurin kaltaisella laitteella säiliöauton säiliöön. Maa irrotetaan joko paineilman tai veden avulla. Kaivettu maa voidaan suoraan viedä pois paikalta säiliöautolla, johon se imetään, tai kipata esimerkiksi pois vietävälle lavalle tai kasaan. Vierailussa kohteessa imukaivuria käytettiin kaivamaan kuopat yhden kadun pituudelta uusien kaasuputkien asennusta varten. Uusien kaasuputkien asentaminen tehtiin kohteessa noin halkaisijaltaan 1,5 metrin kokoisista kuopista, työntämällä uusi putki vanhan kaasuputken sisään. Yhdelle katuosuudelle tarvittiin useita asennuskuoppia, jotka imurikaivurin avulla saatiin kaivettua helposti asennusta edeltävänä päivänä. Haastateltavat mainitsivat imurikaivurin suurimmiksi hyödyiksi kaupunkiympäristössä sen nopeuden kuoppien kaivamisessa verrattuna perinteisiin menetelmiin, että sillä päästiin kaivamaan myös nopeasti löytyneiden kaapeleiden tai putkien alta, sekä sen turvallisuuden kaivettaessa alueella jolla on muitakin järjestelmiä, kuten sähköjohtoja. Imurikaivurista aiheutuva meluhaitta on samaa luokkaa vastaaviin perinteisiin kaivureihin nähden (U.S. Department of Transportation 2006).



Kuva 16 – Kaivamiseen käytettävän suurtehoimurin osat (Force One)

5.4 Häiriöiden ehkäisy ja niiden vaikutusten vähentäminen

Haasteiden ratkomisen lisäksi tunnistettiin toimintatapoja häiriöiden vaikutusten vähentämiseksi. Lähes kaikki haastateltavat painottivat tiedottamisen tärkeyttä häiriöiden vaikutusten lieventämisessä. Pääosassa hankkeista käytössä oli internet sivut, joiden kautta asukkaita ja yrityksiä informoitiin. Oulussa oli saatu hyvää palautetta ja kokemuksia toi-

mintatavasta, jossa alueen yrittäjät ja asukkaat vietiin viikoittain aamukahville paikalliseen kahvilaan. Keskustelun avulla tiedotettiin ennakkoon tulevista töistä, joka oli vaikuttanut asiakaspalautteeseen. VALTARI allianssilla oli käytössään tekstiviestipalvelu, jonka avulla tiedotettiin asukkaita louhintatöiden aikatauluista ja sitä kautta annettiin asukkaille mahdollisuus varautua etukäteen mahdolliseen haittaan. Tekstiviestipalvelulle oli saatu hyvä kattavuus ja sen käytöstä oli positiivisia kokemuksia.

5.5 Parhaiden käytäntöjen arviointi ja soveltuvuus Helsinkiin

Parhaita käytäntöjä analysoitiin ja niiden soveltuvuutta Helsingin kontekstiin arvioitiin. Haastatteluiden avulla löydettyjen käytäntöjen lisäksi myös kirjallisuudesta löydettyjä parhaita käytäntöjä arvioitiin Helsingin kontekstissa. Jaotteluna käytettiin samaa jaottelua sopimusmalleihin ja kilpailutukseen, työtapoihin sekä teknologian hyödyntämiseen.

5.5.1 Sopimusmallit ja kilpailutus

Allianssimalli

Allianssimallin avulla pystytään toteuttamaan useita lean- periaatteita. Big room- työsken- telyn avulla saadaan suunnittelijat ja urakoitsijat samaan tilaan, mikä nopeuttaa ja hel- pottaa tiedon virtausta hankkeessa. Suunnittelijat saavat työskentelyn avulla urakoitsijan tietotaidon käyttöönsä tarvittaessa, mikä helpottaa ratkaisemaan suunnitteluongelmia jo ennen niiden syntymistä. Lisäksi tämän tapaisen työskentelyn avulla saadaan lean peri- aatteiden mukaisia itseohjautuvia tiimejä, jotka pystyvät itse ratkaisemaan suunnittelussa ja rakentamisessa syntyneitä ongelmia ja laittamaan ratkaisut käytäntöön nopeasti. On- gelmien ratkaiseminen on myös tavanomaista nopeampaa, kun ratkaisuun tarvittavat eri osapuolet ovat lähellä toisiaan.

Koska allianssimallissa suunnittelu ja rakentaminen on limitetty, saadaan mallissa pois- tettua hukkaa, joka syntyy muutosten aiheuttamasta uudelleen suunnittelemisen tarpeesta. Limitetyssä suunnittelussa ja rakentamisessa rakentaminen syöttää informaatiota suun- nittelulle koko hankkeen ajan, mikä mahdollistaa jatkuvan oppimisen. Rakentamisen ai- kaiset yllätykset voidaan ratkaista nopeasti, koska suunnittelijat ovat hankkeen käytössä myös rakentamisen aikana. Ongelmat voidaan ottaa huomioon tulevissa suunnitelmissa mikä vähentää uudelleen suunnittelun tarvetta.

Allianssihankeissa riskien ja voittojen jakaminen tasaisesti sitoo hankkeen eri osapuolet tavanomaista hanketta paremmin tilaajan tavoitteisiin, sekä vähentää riitelyä. Tällaisessa hankkeessa tilaaja luopuu vaikutusvallastaan ja talous ensin ajattelusta saavuttaakseen paremman luottamuksen toimijoiden välille. Haastatelluissa hankkeissa ei kuitenkaan al- lianssin osapuolina olleet muiden järjestelmien omistajat, jolloin allianssimalli ei vaikut- tanut näiden osapuolten kanssa kommunikointiin suoraan. Pitkän kehitysvaiheen avulla kuitenkin pystyttiin ottamaan yhteyttä kolmansiin osapuoliin riittävän aikaisin, jotta yh- teistyö heidän kanssaan saatiin tavanomaista sujuvammaksi. Pitkä kehitysvaihe on sa- malla myös allianssimallin haaste Helsingin katuhakkeiden kohdalla. Pitkä kehitysvaihe sitoo tavanomaista enemmän resursseja erityisesti urakoitsijoilta hankkeen alkuvai- heessa. Haastatelluissa hankkeissa toteutettavaa allianssimallia ei voidakaan tuoda sellai- senaan Helsingin katuhankkeisiin, vaan tarvitaan jonkinlaista kevyempää allianssiver- siota, jossa kehitysvaihetta nopeutetaan ja työskennellään samassa tilassa esimerkiksi vain yhtenä tai kahtena päivänä viikossa.

Puitekumppanuus

Puitekumppanuudet ovat erittäin hyvä tapa kehittää tilaajan ja urakoitsija yhteistyötä, Britanniassa puitekumppanuutta oli käytetty todella pitkäkestoisessa ja kaikin puolin suuressa hankkeessa, onnistuneesti. Helsingin katuhankkeet puolestaan ovat rahallisilta arvoiltaan kohtalaisen pieniä ja yksittäisinä hankkeina melko lyhyitä. Kuitenkin Helsingin kantakaupungin alueella katuhankkeita riittää myös tulevana vuosina. Eräs haastatteluissa esiin noussut ehdotus olikin, että pienempiä katuhankkeita koottaisiin isommiksi kokonaisuuksiksi, jotka sitten toteutettaisiin puitekumppanuuden kautta. Tämä kokoaminen tekisi puitekumppanuuden myös houkuttelevammaksi urakoitsijoille ja mahdollistaisi panostamisen katuhankkeissa tarvittavaan erikoisosaamiseen. YKT- kumppaneilla on kuitenkin omat saneerausohjelmansa ja puitesopimukset omille alihankkijoilleen, joka tekee pitkäaikaisesta katuhankesuunnittelusta vaativaa. Puitekumppanuuden avulla päästäisiin kuitenkin lean- ajattelun mukaiseen jatkuvaan oppimiseen, joka saataisiin jatkumaan hankkeesta toiseen.

Yksikköhintakilpailutus ja kehittämisvaihe

Määriin perustuvan yksikköhintaurakan etuna on se, että tällöin kullekin lisätyölle on määritelty jo valmiiksi yksikköhinta, jonka perusteella työtä voidaan lähteä suorittamaan. Toisaalta määräriski on tällöin tilaajalla, joka joutuu itse tekemään määrälaskelman suunnitelmien pohjalta. Pelisäännöt ovat kuitenkin paremmin selvillä molemmille osapuolille jo urakan alkaessa. Työn etenemistä ja määrien toteutumista voidaan määriin perustuvissa muodoissa seurata helpommin. Yksikköhintainen kokonaisurakka ei sinällään kuitenkaan yksinään kannusta lean- ajattelun mukaiseen tiiviimpään yhteistyöhön tai ratkaise Helsingin katuhankkeiden haasteita. Imatran mallissa yksikköhintaista kokonaisurakkakilpailutusta olikin käytetty vain kunkin hankkeen urakoitsijan valintaan. Tämä varmistaa esimerkiksi allianssiin verrattuna paremmin sen, että hanke ei paisu kustannuksiltaan liian suureksi ja että hanke voidaan varmasti toteuttaa valitun kumppanin kanssa.

Imatran mallissa tärkeimmässä roolissa on kehittämisvaihe, jonka aikana tarkistetaan hankkeen suunnitelmat yhdessä urakoitsijan kanssa, tehdään hankkeen riskianalyysi, sovitaan yhdessä riskien pienentämiseen pyrkivistä toimenpiteistä kuten lisätutkimuksista. Mallilla pystytään siis jonkin verran vaikuttamaan hankkeen aikana tulevien yllätysten määrään. Kehittämisvaiheen aikana urakoitsija voi myös ehdottaa omia suunnitelmamuutoksia ja innovatiivisia toteutustapoja, joiden tuotto jaetaan urakoitsijan ja tilaajan kesken. Jaettu tuotto ja jaettu riski parantaa yhteistyötä hankkeen aikana ja näin ollen myös helpottaa myöhemmissä vaiheissa tulevissa yllättävissä tilanteissa. Itse urakointi toteutetaan tavoitehintaisena urakkana, joka jakaa riskiä urakoitsijan ja tilaajan välillä, mutta myös sitoo urakoitsijaa tilaajan tavoitteisiin.

Toisin kuin allianssimalli, tämä toteutusmuoto ei kuitenkaan ratkaise muutostyöprosessin hitautta, sillä myös tässä mallissa lisä- ja muutostöistä sovitaan erikseen. Lisäksi suunnittelu tehdään loppuun saakka ja vaikka tutkimukset tehtäisiinkin entistä paremmin tämän mallin avulla, niin edelleen työtä lähdetään tekemään valmiiden suunnitelmien pohjalta, jolloin poikkeaminen suunnitelmista saattaa johtaa samankaltaisiin haasteisiin, joita nykymallissa on.

Läpimenoajan painotus kilpailutuksessa

Pelkästään hintaan perustuva kilpailumenettely johtaa urakoitsijoiden keskuudessa oman toiminnan turvaamiseen ja suojeluun. Läpimenoajan tuominen osaksi kilpailutusta antaa urakoitsijoille mahdollisuuden innovatiivisiin toteutusratkaisuihin, sekä mahdollisuuden käyttää lisäresursseja nopeamman läpimenoajan saavuttamiseksi. Haastatelluissa hankkeissa läpimenoajan painotusta kilpailutuksessa oli käytetty kokonaisurakkahankkeen kilpailuttamiseen. Tällöin läpimenoajan painottamisella voidaan vaikuttaa vain toteutus suunnitteluun ja resurssien määrään. Mikäli läpimenoajan painotusta käytettäisiin SR-urakoissa, voitaisiin saada myös uusia innovatiivisia suunnitteluratkaisuita.

Bonusten liittäminen asiakastyytyväisyyteen

Bonusten liittäminen asiakastyytyväisyyteen oli tutkitussa kohteessa tehokas keino asiakastyytyväisyyden parantamiseen ja asiakastyytyväisyyden saamiseksi yhdeksi urakoitsijan tavoitteista. Helsingin katuhankkeissa on kuitenkin monta tilaajaorganisaatiota, joilla on omat asiakkaansa. Vesihuollon asiakkaat ja tien käyttäjät eivät välttämättä ole samat henkilöt. Katutyömaan haitoista puolestaan eivät kärsi välttämättä vain tien käyttäjät, vaan myös lähialueen yritykset ja asukkaat. Yrityksillä, asukkailla ja tien muilla käyttäjillä saattaa olla hyvinkin toisistaan poikkeavat tarpeet ja heihin kohdistuva haitta on varsin erilaista. Mikäli bonuksien liittämistä asiakastyytyväisyyteen halutaan käyttää ohjauskeinona, tulisikin tarkkaan miettiä, ketkä ovat ne tahot, joiden kokemuksiin halutaan saada parannusta.

Urakoitsijan mahdollisuudet vaikuttaa asiakastyytyväisyyteen ovat rajallisia toteutusmuodoissa, joissa suunnitelmat on tehty valmiiksi ennen urakoitsijan palkkaamista. Parempaan tulokseen päästäisiinkin jos, kuten esimerkikohteessa, asiakastyytyväisyys saataisiin tavoitteeksi läpi hankkeen aina suunnitteluvaiheesta alkaen.

5.5.2 Työtavat

Riskien systemaattinen tarkastelu

Helsingin katuhankkeissa ei tehdä systemaattista kokonaisvaltaista riskien tarkastelua. Hankkeiden tärkeimpiä haastekohtia ei välttämättä ole tarkastelu yhdessä lainkaan. Toimivat katuhankkeet tutkimuksen yhteydessä pidetyissä työpajoissa nousi esille, ettei esimerkiksi suunnittelijoiden tiedossa olevat riskit siirry urakoitsijoiden tietoon. Tällöin urakoitsijalla ei ole mahdollista varautua näihin riskeihin oman työn suunnittelun tai resurssin avulla. Toisaalta taas urakoitsijan tunnistamia riskikohtia ei saada välttämättä suunnittelijoiden tietoon, jolloin niihin ei voida vaikuttaa suunnittelun keinoin. Lisäksi opittu tieto riskeistä ja niiden toteumista ei siirry välttämättä hankkeelta toiselle, eikä hankkeen toteuttajalta suunnittelijalle.

Systemaattinen riskien tarkasteluprosessi, johon osallistuisi sekä suunnittelija että urakoitsija auttaisi parempaan hankkeen kokonaisvaltaiseen hallintaan. Systemaattisella prosessilla voidaan varmistaa, että tieto riskeistä siirtyy tarvittaville tahoille. Systemaattinen prosessi varmistaa myös sen, että kaikki tarvittavat tarkastelut tehdään. Hyvin kuvattu systemaattinen prosessi myös selkeyttää siihen osallistujille heidän tehtävänsä prosessissa ja auttaa ymmärtämään sen kulun. Kun riskien kartoitusprosessi pysyy hankkeesta

toiseen samankaltaisena, oppivat siihen osallistuvat omat tehtävänsä ja vaikutusmahdollisuutensa. Tarkasti standardoidut prosessit ja jatkuva oppiminen on lean teorian mukaista.

Tahtiaikatuotanto

Tahtiaikatuotannolla on kirjallisuuden perusteella saavutettu talonrakentamisen puolella merkittävästi perinteisiä tuotantotapoja nopeampia rakentamisen läpimenoaikoja. Tahtiaikatuotannon tapaisia menetelmiä on käytetty myös tiehankkeissa onnistuneesti. Tahtiaikatuotannon haasteena Helsingin katuhankkeissa on yllätysten määrä, sekä luonne. Tahtiaikatuotanto on urakoitsijan työkalu, mutta nykyisellä toteutusmuodolla urakoitsijalla ei ole riittäviä mahdollisuuksia varautua tai vähentää yllätysten määrää. Näin ollen yllätykset eivät väheneisi tahtiaikatuotantoa käyttämällä, ja samalla tämän tuotantomuodon vaatima työvaiheiden suhde olisi vaikea saada toimimaan.

Mikäli hankkeen toteutusmuotoa muokattaisiin niin, että suunnittelu saataisiin limitettyä rakentamisen kanssa, voitaisiin tahtiaikatuotantoa hyödyntää paremmin. Esimerkiksi yhdeksi tahdiksi voitaisiin asettaa tarvittavat tutkimukset seuraavaa mestaa varten ja toiseksi tahdiksi tämän mestan suunnittelu. Näin rakentaminen syöttäisi jatkuvasti tietoa suunnittelulle ja tutkimuksille.

Last Planner System

Last Planner System oli jo haastateltujen mukaan käytössä osassa Helsingin katuhankkeista. LPS vaatii Helsingin katuhankkeissa toimiakseen sen, että kaikki hankkeiden osapuolet osallistuvat LPS- suunnitteluun. Joidenkin osapuolten, kuten televerkkoyritysten osalta tämä on haastavaa rajallisten resurssien vuoksi. Toimiva LPS:n hyödyntäminen auttaisi moniin yhteistyön ja aikatauluttamisen haasteisiin, joita Helsingin katuhankkeissa tällä hetkellä on.

Liikennejärjestelyjen teettäminen ulkopuolisella konsultilla

Käyttämällä liikennejärjestelyjen tekemiseen ulkopuolista konsulttia oli kokemusten mukaan saatu parempilaatuisia väliaikaisia liikennejärjestelyjä. Väliaikaisten liikennejärjestelyjen suunnitteluun paneutuneella konsultilla oli paremmin niiden suunnitteluun sopivaa tietotaitoa, kuin keskimääräisellä urakoitsijalla. Tarvittavat liikennejärjestelyt olivat urakoitsijoilla tiedossa jo tarjousvaiheessa, mikä selkeytti urakoitsijoille tarjousten tekemistä ja vähensi urakoitsijoiden välistä kilpailua liikennejärjestelyjen laadulla. Ulkopuolinen konsultti pystyi myös tuottamaan informaatiota liikennejärjestelyistä, jota voitiin käyttää hankkeen tiedotukseen, joissain tapauksissa jo suunnitteluvaiheessa. Nämä hyödyt pätevät varmasti myös Helsingin katuhankkeissa. Kuitenkin Helsingin katuhankkeissa yllätyksiä tulee keskimäärin kerran päivässä. Usein yllätykset johtavat myös tarpeeseen liikennejärjestelyjen muuttamiseksi. Koska yllätyksiä tulee lähes päivittäin ja niiden takia liikennejärjestelyjä täytyy muuttaa nopeasti, saattaisi ulkopuolinen suunnittelija hidastaa rakentamista entisestään ja pahimmillaan luoda uuden pullon kaulan nopean yllätysten käsittelyprosessin esteeksi.

Kattava maanalaisten järjestelmien tutkimusohjelma

Maanalaisten järjestelmien heikot tai olemattomat sijaintitiedot ovat maailmanlaajuinen ilmiö. Kirjallisuudesta käy ilmi, että eri puolilla maailmaa on pyritty löytämään ratkaisuita näiden järjestelmien paikantamiseksi. Järjestelmien paikantamiseksi on kehitetty eritasoisia tutkimusohjelmia, aina vanhan tiedon keräämisestä kuopan kaivamiseen. Joissain maissa näitä tutkimusohjelmien tasoja on pyritty myös standardisoimaan niiden laadun varmistamiseksi. Katutöiden nopeuttamisen lisäksi kattavan maanalaisten järjestelmien tutkimusohjelman avulla on kirjallisuudessa tarkastelluissa tapauksissa saatu kustannushyötyjä myös suoraan lähtötietojen parantumisesta johtuvien suunnitelmamuutosten vähenemisen kautta, sekä lisääntyneen varmuuden tuomien urakoitsija ja suunnittelukustannusten vähentymisen kautta. Kirjallisuudessa suositeltiin tutkimustasojen B ja A yhdistelmää, jossa geofysikaalisin menetelmin pyritään paikantamaan järjestelmät, jonka jälkeen epäselvät ja kriittiset alueet kaivetaan esiin tiedon varmistamiseksi.

Suomessa ei ole käytössä standardeja erilaisten järjestelmien paikantamisen tutkimusohjelmille. Helsingin katuhankkeissa maanalaiset tutkimukset on tehty lähinnä kairauksina geoteknisen tutkimusohjelman perusteella. Suunnittelua varten tehdyt tutkimukset ovat vastanneet pääasiassa kirjallisuudessa esitettyjä standarditasoja D ja C, eli tietoa on kerätty tietokannoista, jonka lisäksi näkyviä järjestelmiä, kuten kaivoja ja niistä lähteviä putkia on jonkin verran käyty mittaamassa paikan päällä. Tätä ei ole kuitenkaan tehty järjestelmällisen tutkimusohjelman puitteissa, vaan suunnittelijoiden vastuulla on ollut kerätä itsenäisesti tieto tietokannoista, jonka lisäksi eri järjestelmien omistajat ovat itse mitanneet omien järjestelmiensä sijaintia. Lisäksi tietokannasta on puuttunut kokonaan järjestelmien korkeustieto.

Yllätykset ovat merkittävä haaste Helsingin katurakentamisen projekteille. Käyttämällä kattavaa tutkimusohjelmaa, joka on suunniteltu nimenomaan maanalaisen infrastruktuurin paikantamiseen saataisiin varmasti nykyistä parempaa tietoa järjestelmien sijainnista. Geofysikaalisten menetelmien käyttö ei ole Suomessa tässä tarkoituksessa vielä tuttua, joten sen tehokkaaseen hyödyntämiseen jouduttaisiin alkuvaiheessa panostamaan tavallista enemmän. Parantuneella varmuudella olisi myös Helsingissä varmasti kustannushyötyjä, mutta haastattelujen perusteella Helsingissä ei urakoitsijat ole laskeneet hintoihin riskivarausta, joten kirjallisuudessa esiintyvää merkittävää riskivaruksen vähentämistä (Kuva 2 – Urakoitsijoille teetetyt kyselytutkimuksen tulokset maanalaisten järjestelmien vaikutuksista Ontarion katuhankkeissa: (a) epätarkoista sijaintitiedoista johtuneet järjestelmien rikkoutumiset hanketta kohden, (b) keskimääräiset korvaukset (% urakan kokonaishinnasta) epätarkkojen tietojen takia, (c) projektiin aiheutunut viive epätarkkojen tietojen seurauksena, (d) potentiaalinen urakoitsijan riskikiintiön vähennys mikäli tiedot olisivat tarkkoja. (Osman 2007)) ja sitä kautta tulevaa taloudellista hyötyä ei mittavista tutkimuksista olisi.

Kaksivuorotyö

Kaksivuorotyö nopeuttaa rakentamista. Melurajoitukset sallivat kaksivuorotyön myös kaupunkien keskustassa. Haastateltavien kokemusten perusteella kaksivuorotyön lisääntynyt päivittäinen haitta-aika hyväksytään nopeamman hankkeen läpimenoajan takia. Nopeampi läpimenoaika vähentää liikenteelle aiheutuneita haittoja, sekä ruuhkautumisesta aiheutuneita kohonneita pienhiukkaspäästöjä. Kuitenkin pidemmät meluhaitalle altistumiset saattavat johtaa suurempiin haittavaikutuksiin kuin lyhyemmät, joten kaksivuorotyön käyttöä tulisi harkita tarkoin.

Kadun sulkeminen liikenteeltä

Kadun sulkemisen liikenteeltä nopeuttaa haastateltavien mukaan katurakentamista jopa 1,5 kertaisesti. Katu saadaan avattua koko leveydeltään, jolloin työalueen pienestä koosta johtuvien fyysisten rajoitteiden vaikutuksia saadaan vähennettyä. Työmaa-alueen läpi on kuitenkin tyypillisesti järjestettävä kevyen liikenteen kulkumahdollisuus ainakin toiselta puolelta. Lisäksi pääsy kiinteistöihin on järjestettävä vaikka katu olisikin suljettu. Katu-alue voidaan sulkea vain mikäli kiertotiemahdollisuus on järjestettävissä. Tien rakentaminen pienissä osissa valmiiksi saakka on lean periaatteiden mukaista.

Alueen yrityksiin kadun sulkemisella saattaa kuitenkin olla tavallista katurakentamista suurempia haittavaikutuksia. Yritystoiminnalle on todettu haitalliseksi muun muassa rajoittunut pääsy yrityksiin, vähentynyt liikenne alueella, heikot opasteet, tien sulkemiset ja kiertotiejärjestelyt. Vähentynyt läpikulkuliikenne saattaa näkyä suoraan vähentyneinä asiakasmäärinä. Toisaalta nopeampi läpimenoaika saattaa kompensoida suurempaa hetkellistä haittaa.

Etävalvonta ja etäsuunnittelu

Haastateltavat mainitsivat Helsingin katuhankkeissa ongelmaksi suunnittelijoiden raskaan työmäärän ja suunnittelijoiden resurssipulan. Lisäksi vaikka suunnitelmamuutosten nopeuteen oltiinkin pääasiassa tyytyväisiä, oli joissain hankkeissa suunnittelijan paikan päälle saaminen kestänyt tarpeettoman kauan. Etävalvontaa ja etäsuunnittelua oli käytetty erilaisilla apuvälineillä, jotka mahdollistivat työn edistymisen seuraamisen etänä, esimerkiksi kaivuriin liitetyn kännykkäkameran avulla tai yksinkertaisemmillaan hankkeen sisäistä pikaviestiryhmää, jonka kautta jaettiin kuvia ja videoita suunnittelun tueksi. Ongelmatilanteissa ratkaisuja tehtiin kuvien ja videopuheluiden avulla. Etävalvonta ja etäsuunnittelu nopeuttavat ratkaisujen tekemistä ongelmatilanteissa. Mikäli kiireisten suunnittelijoiden ei tarvitse tulla paikan päälle, helpottaa se heidän työtaakkaansa. Kokonaisuudessaan etävalvonta nopeuttaisi työn etenemistä ja on mahdollista nykyteknologian turvin.

5.5.3 Teknologian hyödyntäminen

Droonikuvaus ja karttapohjainen kuvanjakopalvelu

Visuaalinen ohjaus ja visuaaliset apuvälineet ovat osa lean- toimintamalleja. Lean periaatteisiin kuuluu, että paikalle mennään katsomaan itse tilanne sen hahmottamiseksi. Lisäksi lean- ajattelussa näköyhteys eri työvaiheiden välillä ja työnjohdolle on tärkeässä osassa tehokkaan työn virtauksen takaamiseksi. Helsingin kantakaupungin katuhankkeissa ei kuitenkaan yleensä voida tuoda työnjohtoa aivan kadun varteen jolloin työmaalle siirtymiseen joudutaan käyttämään enemmän aikaa. Lisäksi katuhankealueet saattavat olla mitaltaan sen verran pitkiä, ettei kuvaa hankkeen etenemisestä saa yhdestä paikasta vaan koko hankealue täytyy kävellä läpi.

Helsingin katuhankkeissa ongelmana olivat muun muassa YKT- kumppaneille heikosti kulkeva tieto hankkeen kulusta, sekä reaaliaikaisen tilannekuvan puuttuminen kaikilta hankkeen osapuolilta. Droonilennot ja karttapohjainen kuvanjakopalvelu mahdollistavat reaaliaikaisen tilannekuvan jakamisen kaikille hankkeen osapuolille helposti. Visuaalisesti asiat ovat helpompia ja nopeampia hahmottaa. Reaaliaikaisen tilannekuvan avulla

eri osapuolten on helpompaa varautua oman työn suorittamiseen. Droonilentokuva esittää hankkeen todellisen tilanteen perspektiivistä, jota on helppoa verrata suunnitelmiin, jolloin hankkeen etenemistä ja ratkaistavia ongelmia on helpompaa seurata.

Mallipohjainen suunnittelu

Vaikka Helsingin katuhankkeissa pääasiassa oltiin tyytyväisiä suunnittelun tilaan ja rakennettavuuteen, myös tämän kanssa oli ajoittain ongelmia. Mallipohjainen suunnittelu ja yhdistelmämallien käyttö auttaisi eri järjestelmien yhteensovittamisessa ja vähentämään sitä kautta rakennettavuusongelmia. Oulussa tämä oli koettu yhdistelmämallin käytön hyödyksi erityisesti keskusta-alueen hankkeissa. Yhdistelmämallia voi käyttää myös koneohjaukseen. Helsingissä urakoitsijat tekevät pääsääntöisesti itse omat koneohjausmallinsa heidän saamistaan suunnitelmista, joka on ylimääräistä työtä ja hukkaa. Mallipohjaisen suunnittelun ja yhdistelmämallin käytön yksi tärkeimmistä hyödyistä helpompi tiedon jako osapuolten kesken ja tiedon keskittyminen yhteen paikkaan. Yhdistelmämallin avulla jokainen voi tarkistaa oman osuutensa rakennettavuuden ja kirjata helposti korjaustarpeen.

Kaikki katuhankkeisiin osallistuvat tahot eivät kuitenkaan tee suunnitteluaan mallipohjaisena, jolloin yhdistelmämallin kokoaminen saattaa muodostua hankalaksi. Todennäköisesti Oulussa käytössä olevaan tapaan päätilaaja joutuisi itse tekemään puuttuvat mallit 2D –suunnitelmista. Vaihtoehtoisesti pitäisi tilaajaosapuolten päästä yhteiseen sopimukseen siitä, että katuhankkeissa kaikki suunnittelu tehdään mallipohjaisena. Siirtymisen kokonaan mallipohjaiseen suunnitteluun vaatisi alkuun lisäresursseja, eikä sen etuja pystyttäisi hyödyntämään heti.

Maatutka

Maatutka on yleisesti käytössä maanalaisten teknisten järjestelmien paikantamisohjelmissa. Se on mainittu yhtenä tärkeimmistä menetelmistä näitä ohjelmia varten laadituissa standardeissa, joissa tutkimuksia on laadittu tehtäväksi geofysikaalisin menetelmin. Maailmalla se on siis yleisesti käytössä maanalaisten teknisten järjestelmien paikantamiseen. Suomessa maatutkaa on käytetty, mutta sen käyttötarkoitus on toistaiseksi painottunut muualle. Haastattelussa kävikin ilmi, että maatutka olisi tehokkaimmin hyödynnettävissä muiden menetelmien kanssa osana kattavaa tutkimusohjelmaa, jonka tarkoituksena olisi paikantaa maanalaisia järjestelmiä. Maatutkan käyttö yksinään ei Helsingissä välttämättä toisi toivottua tulosta, johtuen järjestelmän rajoitteista ja Helsingin katujen maaperässä olevista häiriötekijöistä.

Suurtehoimurin käyttäminen kaivamiseen

Britanniassa suurtehoimuri on yleistymässä pienten kaivantojen tekoon katualueilla. Haastatellut pitivät sitä erittäin tehokkaana menetelmänä kaivaa alueella, jossa oli paljon erilaisia maanalaisia järjestelmiä. Vierailussa kohteessa suurtehoimuria käytettiin kaasun jakeluputkien sujuttamisen tarvitsemien kaivantojen tekoon. Yhden päivän aikana saatiin tehtyä kaikki kadun tarvitsemat kaivannot rikkomatta niissä olevia muita järjestelmiä. Suurtehoimurin käyttö vähentäisi Helsingissäkin varmasti johtojen ja putkien rikkoutumista kaivuutyössä.

Lontoon kohteessa tehty työ vaati kohtalaisen pieniä kaivantoja. Lisäksi Helsingin katuhankeissa joudutaan usein vaihtamaan vesijohto- tai viemäriverkostoa. Näiden verkostojen asennussyvyys on routasuojauksesta johtuen yleensä lähes 2 metriä, mikä on merkittävästi syvempi, kuin Lontoon kaasunjakeluputkien. Syvemmissä kaivannoissa joudutaan poistamaan maata merkittävästi enemmän, jolloin suurtehoimurin kohtalaisen pienet kuljetuskapasiteetit saattavat heikentää niiden tehokkuutta suhteessa perinteiseen kaivamiseen. Suurtehoimurin suurin hyöty olisikin kohteissa, joissa kaivuteho on pieni johtuen muista järjestelmistä, eivätkä kaivetut massat ole liian suuria.

Maanalaisten järjestelmien paikantamisohjelmien standardeissa korkeimman tason tutkimus tehdään kaivamalla järjestelmät esiin. Tämä kaivaminen suositellaan tehtäväksi joko suurtehoimurilla tai käsin, jotta vältytään järjestelmien rikkoutumiselta ja vaaratilanteilta. Suurtehoimuri olisikin erinomainen työkalu juuri tähän tarkoitukseen myös Helsingin katuhankeissa.

5.6 Yhteenveto tuloksista

Tässä työssä tunnistettiin useita hyviä toimintamalleja ja työkaluja katuhankkeiden haasteiden ratkaisuun. Osalla parhaista käytännöistä voidaan saada merkittävä vaikutus yhteen haasteeseen, kun osa toimintamalleista luo kokonaisvaltaisen menetelmän hankkeiden läpimenoajan lyhentämiseen. Kaikkiin aiemmin tunnistettuihin haasteisiin löydettiin käytäntö, jolla haaste voitiin ratkaista tai vähintään vähentää sen vaikutusta. Tämän lisäksi tunnistettujen käytäntöjen avulla voidaan vähentää katurakentamisprosessissa tapahtuvaa hukkaa. Taulukossa 3 on esitetty kunkin käytännön kohdalta haasteet ja hukka, joihin sillä voidaan vaikuttaa.

Taulukko 3 - Yhteenveto tunnistettujen parhaiden käytäntöjen vaikutuksista haasteisiin ja hukkaan

Toimintamalli	Helpottuvat haasteet	Vähenevä hukka
Sopimusmallit ja kilpailutus		
Allianssimalli	Riitaisat hankkeet, hidas muutostenhallintaprosessi, suunnittelijoiden kokemattomuus rakentamisesta, riittämättömät pohjatutkimukset, urakoitsijan resurssien priorisointi muihin hankkeisiin, sopimus ei kannusta aikataulussa pysymiseen	Tarkat suunnitelmat, joita joudutaan muuttamaan, muutostyöprosessin läpimeno odottaminen, muutostyöpäätösten odottaminen, suunnitelmamuutosten odottaminen, uudelleen suunnittelu, riitely erimielisyyksistä
Puitekumppanuus	Riitaisat hankkeet, hidas muutostenhallintaprosessi, suunnittelijoiden kokemattomuus rakentamisesta, riittämättömät pohjatutkimukset, urakoitsijan resurssien priorisointi muihin hankkeisiin, so-	Jatkuva oppiminen hankkeesta toiseen mahdollistaa kaikkien hukkien vähentämisen pitkällä tähtäimellä

	pimus ei kannusta aikataulussa pysymiseen, aikataulusuunnittelun heikko taso	
Yksikköhintakilpailutus ja kehittämisvaihe	Riitaisat hankkeet, suunnittelijoiden kokemattomuus rakentamisesta, riittämättömät pohjatutkimukset, urakoitsijan resurssien priorisointi muihin hankkeisiin	Tarkat suunnitelmat, joita joudutaan muuttamaan, muutostyöpäätösten odottaminen, uudelleen suunnittelu, riitely erimielisyyksistä
Bonusten liittäminen asiakastytyväisyyteen	Urakoitsijan resurssien priorisointi muihin hankkeisiin, sopimus ei kannusta aikataulussa pysymiseen	
Läpimenoajan painotus kilpailutuksessa	Urakoitsijan resurssien priorisointi muihin hankkeisiin, sopimus ei kannusta aikataulussa pysymiseen, aikataulusuunnittelun heikko taso	
Toimintaperiaatteet		
Riskien systemaattinen tarkastelu	Riitaisat hankkeet, hidastostenhallintaprosessi, riittämättömät pohjatutkimukset	Tarkat suunnitelmat, joita joudutaan muuttamaan, muutostyöpäätösten odottaminen, uudelleen suunnittelu, riitely erimielisyyksistä
Tahtiaikatuotanto	Aikataulusuunnittelun heikko taso	Muutosprosessin läpimennon odottaminen, muutostyöpäätösten odottaminen, keskeneräiset työkohteet, joissa vain osassa työ etenee
Last Planner System	Aikataulusuunnittelun heikko taso, ei yhteistä aikataulusuunnittelua	YKT- osapuolten työn odottaminen, keskeneräiset työkohteet, joissa vain osassa työ etenee
Liikennejärjestelyjen suunnittelun teettäminen ulkopuolisella konsultilla	Uusien liikennejärjestelyjen tekeminen	
Kattava maanalaisten järjestelmien tutkimusohjelma	Lähtötietojen puutteet, poikkeama lähtötiedoista	Uudelleen suunnittelu, rikkoutuneiden kaapeleiden ja putkien aiheuttamat korjaustyöt, keskeneräiset työkohteet joissa vain osassa työ etenee, kaapeleiden rikkoutuminen

Kaksivuorotyö	Ei vastaa listattuihin haasteisiin, mutta nopeuttaa urakoitsijan toimintaa	
Kadun sulkeminen liikenteeltä	Auttaa osittain poikkeamiin lähtötiedoista, auttaa listattujen haasteiden lisäksi nopeuttamalla urakoitsijan työsuoritusta	
Etävalvonta ja etäsuunnittelu	Suunnittelun resurssipula, suunnitelmamuutosten tekeminen kestää, työmaalla ei tilaajan edustajaa jolla päätäntävalta, muutoksia ei voida päättää paikan päällä, hidas muutostenhallintaprosessi	Muutostyöpäätösten odottaminen, suunnitelmamuutosten odottaminen, muutoksesta johtuva mestasta toiseen siirtyminen
Teknologian hyödyntäminen		
Mallipohjainen suunnittelu	Suunnitelmien rakennettavuusongelmat	Uudelleen suunnittelu
Maatutka	Lähtötietojen puutteet, yllätävä rakenne, poikkeama lähtötiedoista	Kaapeleiden rikkoutuminen, muutoksesta johtuva mestasta toiseen siirtyminen, keskeneräiset työkohteet joissa vain osassa työ etenee, uudelleen suunnittelu
Droonilennot ja karttapohjainen kuvanjako-palvelu	Suunnittelun resurssipula, työmaalla ei tilaajan edustajaa jolla päätäntävalta, muutoksista ei voida päättää paikanpäällä, suunnitelmamuutosten tekeminen kestää, hidas muutostenhallintaprosessi	Muutostyöpäätösten odottaminen, suunnitelmamuutosten odottaminen, keskeneräiset työkohteet, muutoksesta johtuva mestasta toiseen siirtyminen
Suurtehoimurin käyttäminen kaivamiseen	Lähtötietojen puutteet, yllätävä rakenne tai putki, poikkeama lähtötiedoista	Kaapeleiden rikkoutuminen, rikkoutuneiden kaapeleiden ja putkien aiheuttamat korjaustyöt, uudelleen suunnittelu

6 Pohdinta ja johtopäätökset

Tutkimuskysymykset olivat seuraavat.

1. Mitkä ovat katujen korjaushankkeiden ongelmakohdat, niiden sujuvan läpiviemisen kannalta? Millaisia häiriöitä näistä hankkeista aiheutuu?
2. Millaisia toimintatapoja on olemassa näiden ongelmien ratkaisuksi? Millaisia toimintatapoja on olemassa näiden häiriöiden vähentämiseksi?
3. Miten tutkitut ratkaisut sopivat Helsingin kaupungin katuhankkeisiin?

Tässä työssä saatiin muodostettua kattava kuva Helsingin katuhankkeiden ongelmakohdista, sekä ongelmien juurisyistä. Työssä onnistuttiin luomaan kohtalaisen kattava kuva Helsingin katuhankkeiden toimintaympäristöstä ja siihen liittyvistä haasteista. Hankkeista aiheutuvia häiriöitä onnistuttiin kuvaamaan, mutta niiden syvälinen analysointi ei onnistunut tämän työn laajuudessa. Toimintatapoja katuhankkeiden haasteiden ratkaisuun löydettiin vastaavista hankkeista, mutta myös muualta infrarakentamisen alalta, sekä yleisesti rakentamisen alalta. Toimintatavoista ja käytännöistä onnistuttiin tässä työssä hyvin kokoamaan olennaiset esimerkit ja tueksi pääsääntöisesti löydettiin kirjallisuudesta vastaavia teorioita. Toimintatapoja suoraan häiriöiden vähentämiseksi löydettiin vähemmän, mutta tämän työn kantava ajatus oli, että sujuvoittamalla ja nopeuttamalla katutöitä myös aiheutettua häiriötä saadaan vähennettyä, sillä häiriöt riippuivat pääsääntöisesti katutöiden kestosta.

Jokaisesta toimintamallista ja käytännöstä selvitettiin myös konteksti, jossa se toimii, jolloin pystyttiin vertailemaan tätä kontekstia Helsingin toimintaympäristöön. Helsinki on Suomen mittakaavassa poikkeuksellisen suuri tiiviisti rakennettu kaupunkialue, jolloin Helsingissä olevia rakentamisen haasteita ei voida suoraan olettaa ilmenevän muualla Suomessa. Oma kokemukseni on kuitenkin, että pääsääntöisesti suurin osa katurakentamisen haasteista on samankaltaisia kaupungista riippumatta. Liikennemäärissä Helsinki poikkeaa muista Suomen tiiviisti rakennetuista kaupunkialueista merkittävästi ja niihin liittyvät haasteet ovat varmasti pienempiä muualla.

Toimintaa Helsingin kontekstissa pystyttiin tässä työssä arvioimaan vain teoreettisella tasolla. Konstruktiiiviselle tutkimusotteelle ominaista olisi kokeilla analysoituja ja kehitettyjä asioita käytännössä, joka olisikin tämän työn jälkeen seuraava askel. Toimivat katuhankkeet- hankkeen seuraavassa vaiheessa olisikin tarkoitus kokeilla valittuja käytäntöjä ja toimintamalleja todellisissa hankkeissa. Katurakentamisen erityispiirteistä johtuen muussa rakentamisessa esiintyvien parhaiden käytäntöjen ei voida suoraan olettaa toimivan katuhankkeissa. Itse katurakentamista ja siihen liittyviä haasteita on tutkittu yllättävän vähän maailmalla ja Suomessa. Tutkimukset ovat keskittyneet enemmän eri rakentamisen osien parantamiseen, kun taas katurakentamisen kehittäminen vaatii isompia kokonaisvaltaisia muutoksia. Katurakentamisen osalta tärkeimpiä tulevaisuuden tutkimuskohteita olisi lähtötietojen systemaattinen parantaminen, sekä yhteistyön parantaminen joustavampien toteutusmuotojen kautta.

Kokonaisuutena Helsingin katuhankkeiden haasteet ovat monimutkainen verkko, jossa on monta toimijaa. Aiemman teorian pohjalta usean toimijan projekteissa, joissa on heikot lähtötiedot, korostuu yhteistyön merkitys. Näin vaikuttaisi olevan myös Helsingin kohdalla, jossa iso osa haasteista liittyi eri toimijoiden kanssakäymiseen ja hankkeiden

pelisääntöihin. Kirjallisuuden perusteella monimutkaisissa heikkojen lähtötietojen hankkeissa tulisi käyttää joustavia ja yhteistyötä painottavia toteutusmalleja. Tällaisia malleja ei Helsingissä ole käytössä ja iso osa haasteista liittyikin toteutusmuodon joustamattomuuteen. Helsingissä kaikki kuitenkin loppujen lopuksi kulminoitui lähtötietojen puutteisiin. Tältä osin katurakentaminen poikkeaa merkittävästi muusta rakentamisesta, mutta toisaalta Helsingin konteksti ei poikkea merkittävästi muiden maailman metropolien tilanteesta. Myös muualla lähtötietojen hankkiminen aiheuttaa päänvaivaa ja sitä varten onkin kehitetty systemaattisia kartoitusohjelmia.

Kaikkien haasteiden ratkaiseminen ei vaikuta realistiselta varsinkaan nopealla aikataululla, mutta kehitys on varmasti mahdollista. Katurakentamisessa tulisi siirtyä joustavampiin toteutusmuotoihin, joilla eri osapuolten yhteistyö onnistuu huomattavasti sujuvammin. Esimerkiksi allianssimallista on saatu muissa infrarakennusprojekteissa erittäin positiivisia tuloksia ja onkin vaikea nähdä, miksei se voisi toimia myös katurakentamisessa. Toisaalta mikäli pienempien hankkeiden rahallinen arvo ei riitä allianssimallin toteuttamiseen, voisi niitä kerätä suuremmiksi kokonaisuuksiksi ja toteuttaa puitesopimuksilla. Tällöin päästään myös yhteistyön kautta kehittämään jatkuvan kehityksen periaatteella toimintaa. Helpoiten kehitystä saadaan kuitenkin parantamalla lähtötietoja. Lähtötietojen keräämiseen on olemassa apuvälineitä kuten maatutka, mutta tärkeintä olisi panostaa niihin oikeasti. Lähtötiedot tulisi tulevaisuudessa kerätä kattavasti suunnitellun kartoitusohjelman mukaan, joista esimerkkinä on tässä työssä esitelty Britanniassa käytössä oleva ohjelma. Tämä kartoitusohjelma tulisi suunnitella nimenomaan poistamaan rakentamisen aikaisia yllätyksiä suunnitteluparametrien keräämisen sijaan ja tätä kartoitusohjelmaa tulisi myös kehittää hankkeesta seuraavaan johdonmukaisesti.

Katurakentamisen haasteisiin on siis olemassa malleja, joilla suurimman osan haasteista voi ratkaista, kyse on eri osapuolten yhteisestä tahtotilasta todella laittaa nämä mallit käytäntöön. Tehtävä ei ole kuitenkaan helppo hitaasti muuttuvalla infrarakennusalalla.

Lähdeluettelo

Pohjatutkimuksen työsaavutukset ja kustannukset. 2008. Helsinki: Tiehallinto.

Katu 2002 : kadunrakennuksen tekniset ohjeet. 2003. Helsinki : Espoo: Suomen kunta-tekniikan yhdistys; Yliopistokirjakaupan Otaniemen myymälä [jakaja].

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 1999.

Telemarkkinalaki 396/1997. Oikeusministeriö.

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 205/2009.

AALTIO-MARJOSOLA, I., 1999-last update, Casetutkimus metodisena lähestymistapana. Available: <https://metodix.fi/2014/05/19/aaltio-marjosola-casetutkimus/> [Viitattu: 7.2., 2020].

AHLROOS, P., 2013. Yhteinen kunnallistekninen työmaa. Helsinki: Helsingin kaupungin rakennusvirasto.

ALATYPPÖ, V. & SIPILÄ, J., 2017. Kaivutyöprosessin sujuvoittaminen ja yhdenmukaistaminen. Helsinki: Suomen Kuntaliitto.

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 2003. CI/ASCE 38-02 Standard Guideline for the Collection and Depiction of Existing Subsurface Utility Data.

ANEETHA, V., 2018. Utility relocation management in highway projects. *Built Environment Project and Asset Management*, **8**(2), s. 171-182.

BALLARD, G. & HOWELL, G., 1994. Implementing Lean Construction: Stabilizing Work Flow.

BALLARD, H.G., 2000. The Last Planner System of Production Control, The University of Birmingham.

BERTELSEN, S. & KOSKELA, L., 2004. Construction beyond lean: a new understanding of construction management, 2004, pp. 1-11.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION, 2014. PAS128:2014 Specification for underground utility detection, verification and location. British Standards Institution.

DREW, J., MCCALLUM, B. & ROGGENHOFER, S., 2004. Journey to Lean: Making Operational Change Stick. Palgrave McMillan.

EL-RAYES, K., LIU, L., EL-GOHARY, N., GOLPAVAR-FARD, M. ja IGNACIO, E., 2017. Best Management Practices and Incentives to Expedite Utility Relocation. Springfield, IL: Illinois Center for Transportation.

ERIK ERIKSSON, P., 2007. Procurement effects on trust and control in client-contractor relationships. *Engineering, Construction and Architectural Management*, **14**(4), s. 387-399.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION, 2018-last update, Subsurface Utility Engineering. Available: <https://www.fhwa.dot.gov/programadmin/sueindex.cfm> [Viitattu: 20.8., 2019].

FIALLO, M.C. & HOWELL, G., 2012 Using Production System Design and Takt Time To Improve Project Performance, 2012.

FORCE ONE, , How Does Suction Excavation Work?. Available: <https://www.forceoneltd.co.uk/suction-excavator/how-does-it-work.html> [Viitattu: 14.8., 2019].

GOLDRATT, E.M., 1990. What is this Thing Called Theory of Constraints and how Should it be Implemented? North River Press.

GRANSBERG, D.D., 1997. Best-value contracting criteria. Cost Engineering (Morgantown, West Virginia), **39**(6), s. 31-34.

HAAPANIEMI, T., 2013. Lähtötietojen vaikutus lisä- ja muutostöihin sekä toteutuskustannuksiin katu- ja vesihuollon saneerauskohteissa, Tampereen teknillinen yliopisto.

HOWELL, G.A., 1999 What is Lean Construction, Sevent Conference of the International Group for Lean Construction, 26.7.1999 1999, University of California, pp. 1-10.

JAUHAINEN, T., 2009. Ympäristömelun haittojen yhteiskunnallinen merkitys. Helsinki: Ympäristöministeriö.

KALLIO, M., 2005. Korjausrakentamisen riskit. Rakentajain kalenteri 2005. Rakennustieto OY, s. 529-533.

KANKAINEN, J. & JUNNONEN, J., 2001. Rakennuttaminen. Helsinki: Rakennustieto.

KARLSSON, E., 2018. Urakointiyritysten yhteistyö eri työvaiheissa Helsingin kaupungin näkökulmasta.

KESKINIVA, K., JUNNONEN, J. & SAARI, A., 2018. Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa. Tampere: Tampereen Yliopisto.

KOLLAMUS, V., LANKI, T., TAIMISTO, P., YLI-TUOMI, T., KOUSA, A., AARNIO, P. & NIEMI, J., 2015. Ilmansaastet, terveystriskit teiden ja katujen varsilla. Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymä.

KOSKELA, L., 2000. An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction.

KOSKELA, L., 1993 Lean production in construction, The 10th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, 1993 1993, Elsevier Science Publishers R.V., pp. 47-54.

KOSKELA, L., 1992. Application of the New Production Philosophy to Construction. CIFE.

KOSKELA, L. & KOSKENVESA, A., 2003. Last Planner - tuotannonohjaus rakennustyömaalla. Espoo: VTT.

KRAFCIK, J.F., 1988. Triumph of the Lean Production System. Sloan Management Review, **30**(1), s. 41-52.

KYRÖ, P., 2004-last update, Benchmarking as an Action Research. Available: <https://metodix.fi/2014/05/19/kyro-benchmarking-as-an-action-research-process/> [Viitattu: 7.2., 2020].

LAHDENPERÄ, P. & KOPPINEN, T., 2003. Kannustavat maksuperusteet rakennushankkeessa . Espoo: VTT.

LEHTOVAARA, J., MUSTONEN, I., PEURONEN, P., SEPPÄNEN, O. & PELTOKORPI, A., 2019 Implementing Takt Planning and Takt Control Into Residential Construction, Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2019, pp. 417-428.

LEW, J.J., 1998. Cost Savings On Highway Projects Utilizing Subsurface Utility Engineering. Federal Highway Administration.

LIKER, J.K., 2004. The Toyota way : 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill.

LUKKA, K., 2001-last update, Konstruktiivinen tutkimusote. Available: <https://metodix.fi/2014/05/19/lukka-konstruktiivinen-tutkimusote/> [Viitattu: 7.2., 2020].

MERIKALLIO, L. & HAAPASALO, H., 2009. Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. LCI-Finland.

MINNESOTA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2009. Mitigation of Transportation Construction Impacts.

MODIG, N. & ÅHLSTRÖM, P., 2013. This is lean : resolving the efficiency paradox. Stockholm: Rheologica Publishing.

NYSSÖNEN, A., 2018. Helsingin kaupungin infrarakennusurakoiden hankintojen kehittäminen , Metropolia ammattikorkeakoulu.

OHNO, T., 1988. Toyota Production System. New York: Productivity Press.

OLSTAD OPSAHL, H., TORP, O., LÆDRE, O., ANDERSEN, B. & OLSSON, N., 2015. Implementation Strategies in Large Infrastructure Projects. s. 319-328.

OSMAN, H., 2007. Implementation of subsurface utility engineering in Ontario: cases and a cost model. Canadian Journal of Civil Engineering, **34**(12), s. 1529-1541.

PASQUIRE, C. & SALVATIERRA-GARRIDO, J., 2011. Value theory in lean construction. J of Fin Man of Prop and Cons, **16**(1), s. 8-18.

- PELTONEN, T., 1999. Rakennushankkeen muuntojoustavat toteutusmuodot. Helsinki: Rakennustieto.
- PELTONEN, T. & KIIRAS, J., 1998. Rakennuttajan riskit eri urakkamuodoissa. Helsinki: Suomen toimitila- ja rakennuttajaliitto : Rakennustieto.
- POLAT, G. & BALLARD, G., 2004. Waste in Turkish Construction: Need for Lean Construction Techniques, S. BERTELSEN and C.T. FORMOSO, eds. In: , 08/03 2004.
- REINIKO OY, NIEMELÄ, J. & PREPSIKKA OY, 2010. Yhteisrakentamisen hyvät käytännöt. Liikenne- ja viestintäministeriö.
- ROSS, J., 2003 Introduction to project alliancing, Alliance Contracting Conference, 30.4.2003 2003, Project Control International Pty Limited.
- RUNTTI, J., 2015. Projektiallianssin soveltaminen pienissä talonrakennushankkeissa, Tampereen Yliopisto.
- SASTAMOINEN, O., 2005. Tilaajaorganisaation riskienhallinta ja menetelmät korjaushankkeissa. Rakentejain kalenteri 2005. Rakennustieto Oy, s. 419-424.
- SINGHA, S., THOMAS, R., WANG, M. & JUNG, Y., 2007. Subsurface Utility Engineering Manual. Pennsylvania State University.
- SLACK, N., JOHNSTON, R. & BRANDON-JONES, A., 2011. Essentials of operations management. Harlow, England ; New York: Financial Times Prentice Hall, s. 252.
- STURGILL, R., TAYLOR, T.R.B., GHORASHINEZHAD, S. & ZHANG, J., 2014. Methods to Expedite and Streamline Utility Relocations for Road Projects. Kentucky Transportation Center.
- SUMMANEN, E., 2013. Ympäristönluojelumääräysten noudattaminen rakennustyömailla Helsingin kaupungin alueella. Helsinki: Helsingin kaupungin ympäristökeskus.
- SUOMEN KUNTALIITTO, 2017. Yhteinen kunnallistekninen työmaa. Helsinki: .
- U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION, 2006. Construction Noise Handbook. Federal Highway Administration.
- WOMACK, J.P. & JONES, D.T., 1996. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. Simon & Schuster, Inc.