



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ANTTI PAAVILAINEN
SÄHKÖISTEN TIEDONHALLINTASOVELLUSTEN HYÖDYNTÄMI-
NEN RAKENNUSTYÖMAAN TUOTANNONOHJAUKSESSA
Diplomityö

Tarkastajat: professori Teuvo Tolonen
ja DI Anssi Koskenvesa

Tarkastaja ja aihe hyväksytty Tuotanto-
talouden ja rakentamisen tiedekunta
neuvoston kokouksessa 15. toukokuuta
2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

PAAVILAINEN, ANTTI: Sähköisten tiedonhallintasovellusten hyödyntäminen rakennustyömaan tuotannonohjauksessa

Diplomityö, 74 sivua, 3 liitesivua

Kesäkuu 2013

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastaja: professori Teuvo Tolonen, DI Anssi Koskenvesa, DI Enni Laine

Avainsanat: Työmaaprosessi, tuotannonsuunnittelu ja -ohjaus, tiedonhallinta, ICT-teknologia

Rakennustyömaan tuotannonohjauksesta vastaavien toimihenkilöiden toimenkuva on erittäin haastava ja heidän roolinsa onkin rakennushankkeiden lopputuloksen kannalta merkittävässä osassa. Henkilöiltä, jotka vastaavat työmaan johtamisesta vaaditaan niin taloudellisen, teknisten kuin myös henkilöstöjohtamisen osa-alueiden hallintaa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli tarkastella sähköisten tiedonhallintasovellusten hyödyntämistä rakennustyömaan tuotannonohjauksessa, ja erityisesti sitä, kuinka mobiiliteknologialla ja sähköisellä tiedonhallinnalla voidaan parantaa juuri tuotannonohjauksesta vastaavien toimihenkilöiden työtä, ja siten parantaa koko työmaaprosessin lopputulosta.

Tutkimuksen lähtökohdiana on kirjallisuusselvitysosio, jossa perehdytään rakennustyömaan tuotannonohjaukseen ja tiedonhallintaan, sekä niissä ilmeneviin haasteisiin. Kirjallisuusselvitysosiosta luodaan myös sähköisten tiedonhallintasovellusten viitekehys tutkimalla niiden hyödyntämistä ja käyttömahdollisuuksia tuotannonohjauksen tukena, sekä tutkimalla minkälaisia haasteita sovellusten implementoinnissa tulee ottaa huomioon.

Sähköisten tiedonhallintasovellusten vaikutuksia tuotannonohjaukseen tutkittiin haastatteleamalla kahdeksaa Skanska Talonrakennus Oy:n toimihenkilöä heidän kokemuksistaan sähköisten tiedonhallintasovellusten käytöstä työssään. Haastateltavat henkilöt olivat kahden eri rakennuskohteen työn ohjaamisesta ja suunnittelusta vastaavia työmaan toimihenkilöitä. Tapauksessa selvitettiin erään sähköisen tiedonhallintasovelluksen käytön mukaan tuomia laadullisia ja toiminnallisia hyötyjä ja ongelmia sekä selvitettiin yleisemmin koko tuotannonohjausprosessin haasteita ja sähköisen tiedonhallintasovelluksen mukanaan tuoman toimintamallien kehittämismahdollisuuksia.

Tutkimuksen viitekehyksessä ja teemahaastattelussa esille tulleet tulokset osoittavat selkeästi että tutkitun sovelluksen mahdollistama toimintamalli on hyödyllinen tuotannonohjauksen näkökulmasta. Toimintamallin avulla pystyttiin tehostamaan sekä työjohtajien että työntekijöiden ajankäyttöä paremman tiedonhallinnan ja kommunikaation ansioista, jotka vaikuttivat myös tuotantoprosessin tehokkuuteen. Toimintamalli vaikutti tuotantoprosessin tehostumiseen myös projekteissa luodun informaation tietosisällön kasvun ja jatkohyödyntämisen kautta koska hankkeissa kertaalleen luotuja tietoja voitiin hyödyntää toiminnan kehittämisessä tuotannon edetessä. Tutkimuksessa todettiin kuitenkin, että toimintamalli ei poista tuotannonohjauksen kannalta merkittävimpiä, tuotannon systemaattiseen ohjaukseen ja tavoitteelliseen suunnitteluun liittyviä haasteita ja ongelmia, lisäksi pilotoitu sovellus osoittautui epästabiiliksi kivaan päivityssyklinsä ja ohjelmointivirheidensä vuoksi. Jatkokehittämisessä tulee keskittyä luotettavan sekä valmiin sovelluksen kehittämiseen ja työmaan tiedonhallinnan parantamiseen, ja sitä kautta tuotannonsuunnitteluun vaadittavien edellytysten turvaamiseen, ennemmin kuin koko tuotannonohjausprosessin mullistamiseen.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Construction Engineering

PAAVILAINEN ANTTI: Utilizing information management systems in construction production management

Master of Science Thesis, 74 pages, 3 appendix pages

June 2013

Major: Construction Production

Examiners: Professor Teuvo Tolonen, M.Sc. Anssi Koskenvesa and M.Sc. Enni Laine

Keywords: Production process, production planning, production management, information management, ICT-technology

The challenging work of employees responsible for production managing and supervising in construction sites is seen affecting remarkably to project outcomes. A person responsible for site management is required for deep knowledge of economic, technical as well as human resource management aspects of management. The aim of this study was to examine the utilization of information management systems in construction production management. The particular focus was on how mobile technology and electronic data management can improve both the planning and the guidance processes in construction sites, and thus improve the entire construction process.

The literature review which focuses production and information management of the construction site is done for the basis of this research. The literature research section establishes a framework for the use of information management applications in production management by examining the possible benefits and challenges of their implementation.

In this research the effects of information management application on production management was studied by interviewing eight employees of Skanska Talonrakennus Oy. Interviewed persons were supervisors, project managers and construction production engineers of two different construction sites and were responsible for guiding, planning and controlling the building projects. Research methods aimed into establishing the qualitative and functional benefits and problems relating to the implementation of certain information management application. Additionally the general problems related to production process control and the potential development possibilities of information management applications were studied more generally during the case study. The results of the literature review and the case analysis indicate clearly that the operational model enabled by the studied application was useful for production management. The operational model made it possible to enhance the information management and communication between supervisors and employees leading to time savings and improvements in production efficiency during the projects. The use of application resulted into increase of information created during the construction processes and improved the possibilities to utilize the information later on. However the research showed that the operational model under examination could not eliminate the most significant challenges and problems of production management and production planning. The further development of the application and operational model should therefore focus on improving information management and securing the necessary conditions in production planning rather than trying to revolutionize the entire production management process.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty yhteistyössä Skanska Talonrakennus Oy:n kanssa. Työssä keskityttiin tutkimaan kuinka rakennustyömaan tuotannonohjausta ja koko rakentamisprosessia pystytään tehostamaan sähköisillä tiedonhallintasovelluksilla. Diplomityön tarkastajina toimivat Tampereen teknillisen yliopiston Rakentamistuotannon- ja talouden professori Teuvo Tolonen ja tutkija DI Anssi Koskenvesa.

Haluan kiittää työni ohjauksesta vastanneita Skanska Talonrakennus Oy:n Enni Lainetta ja TTY:n Anssi Koskenvesaa innostuneesta ohjausotteesta, mielenkiintoisista keskusteluista ja työn aikana saamastani rakentavasta palautteesta. Suuret kiitokset kuuluvat myös Pasi Taatilalle (Skanska Talonrakennus Oy) hänen toimistaan diplomityön alkuun saattamisessa, sekä kaikille tutkimustyöhön osallistuneille henkilöille, jotka tekivät diplomityöni tekemisestä mielenkiintoista ja vaivatonta.

Kiitos perheelleni saamastani opiskelujenaikaisesta tuesta, sekä erityiskiitos vaimolleni Emilialle yhteisistä hetkistä diplomityön parissa ja sen ulkopuolella.

Tampereella 25.10.2012

SISÄLLYS

1	Johdanto	2
1.1	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	2
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	4
1.2.1	Tapaustutkimus	4
1.2.2	Teemahaastattelu	5
1.3	Tutkimuksen rakenne ja suoritus	6
1.3.1	Tutkimuksen suoritus.....	6
1.3.2	Tutkimuksen case-kohteet	7
1.4	Tutkimuksen tuotokset	8
2	Rakentamisen tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan nykytila.....	9
2.1	Rakentamisen tuotannonohjaus.....	10
2.1.1	Tuotannonohjausmenetelmien kehittyminen.....	13
2.1.2	Tuotannonohjauksen haasteet	19
2.2	Rakentamisen tiedonhallinta	21
2.2.1	Tiedonhallinta mallipohjaisesti.....	22
2.2.2	Tiedonhallinnan problematiikka.....	23
3	Sähköiset tiedonhallintasovellukset tuotannonohjauksessa.....	27
3.1	Sähköisten tiedonhallintasovellusten toimintaperiaate	28
3.2	Sovellusten hyödyntäminen tuotannonohjauksessa	29
3.2.1	Sovellusten implementointi osaksi tuotannonohjausta.....	29
3.2.2	Sovellusten käytön avulla saavutettavat hyödyt	30
3.2.3	Sovellusten käyttömahdollisuudet ja toiminnot.....	33
3.2.4	Sovellusten hyödyntäminen yritys- ja teollisuustasolla.....	36
3.3	Haasteet ICT-teknologian käyttöönotossa	37
3.3.1	Teknologian hyödyntämisen haasteet alalla yleisesti	37
3.3.2	Lean-ajattelun mukainen lähestymistapa implementoinnissa.....	39
3.3.3	Teknologian mukanaan tuomat ongelmat.....	40
4	Sähköinen tiedonhallintasovellus Vela Systems.....	41
4.1	Sovelluksen tausta.....	41
4.2	Sovelluksen hyödyntäminen	42
4.2.1	Sovelluksen hyödyntäminen dokumenttien hallinnassa	42
4.2.2	Sovelluksen edistyneempi hyödyntäminen.....	44
5	Tutkimusaineiston tarkastelu	46
5.1	Mobiilisovelluksen vaikutukset tuotannonohjaukseen ja -suunnitteluun	46
5.1.1	Suunnitelmien ja piirustuksien hallinta.....	47
5.1.2	Vika- ja puutelistauksen laadinta.....	49
5.2	Tuotannonohjauksen ja -suunnittelun haasteet	52
5.3	Mobiilisovelluksen laajamittaisempi hyödyntäminen.....	53
5.3.1	Sovelluksen käytettävyyden asettamat haasteet	54
5.3.2	Sovelluksen ominaisuuksien ja toimintojen kehittäminen	55

6	Tutkimustulosten tarkastelu	58
6.1	Toimintamallin hyödyllisyys	58
6.2	Toimintamallin haasteet	60
6.3	Toimintamallin jatkokehityssuositukset.....	61
7	Yhteenveto	65
7.1	Johtopäätökset ja tutkimustulosten luotettavuus.....	65
7.2	Jatkotutkimusehdotuksia	68
	Lähteet.....	69
	Liitteet	74

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

ERP	Enterprise Resource Planning, eli toiminnanohjausjärjestelmä, jolla hallitaan keskitetysti eri toimintoja, kuten määrälaskentaa, hankintaa, las- kutusta, ja dokumentointia.
ICT-teknologia	Teknologiaa jolla avulla hallitaan sekä tietoja että myös viestintää.
Laadunvarmistustoiminnot	Suunniteltuja ja järjestelmällisiä toimenpiteitä, joilla turvataan riittävän varmuuden saaminen siitä, että suorite tai tuote täyttää laatuvaatimukset, Pitää sisällään laadunvalvonnan ja laaduntarkas- tustoimenpiteet.
Last Planner Systems	Tuotannonohjausmenetelmä, joka keskittyy tur- vaamaan tehtävien häiriöttömän läpiviennin ja varmistamaan edellytykset lyhyen aikavälin suunnitelmien toteutukselle.
Lean Rakentaminen	Toyotan tuotantoteoriasta rakennusalalle johdettu projektinjohtamismenetelmä, joka sisältää myös kuvauksen rakentamisen tuotantoprosessista
Mobiilisovellus	Katso sähköinen tiedonhallintasovellus
Rakentamisvaihe aikataulu	Työmaan tietyn ajanjakson tai rakentamisvaiheen aikataulu, joka saa puitteensa yleisaikataululta.
Sähköinen tiedonhallintasovellus	Langattomasti mobiililaitteella hallittava ICT- teknologiaan perustuva sovellus, jota hyödynne- tään sekä viestinnässä ja tiedonhallinnassa

TR-mittaus	Talonrakennustyömaan turvallisuusmittaus, jossa oikein- ja väärinhavaintojen perusteella lasketaan työmaan turvallisuustaso.
Valvontavinjetti	Visuaalinen tuotannon ajallisen etenemisen valvontatyökalu, luodaan matriisimuotoon.
WBS	Works Breakdown Structure, eli projekteihin sisältyvän työn ositusmenetelmä, jossa projektin työt kuvaan hierarkkisesti eri tasoilla tarkentuvina rakenteina.
Yleisaikataulu	Työmaan toteutuksen ja ajoituksen ohjauksen malli, jossa kuvataan koko hankkeen suunniteltu työn kulku. Keskeisin työmaan eri osapuolien informaatiöväline ja aikatauluvalvonnan peruste.

1 JOHDANTO

Tutkimustyö perustuu tarpeelle tutkia Skanska Talonrakennus Oy:n toimesta toteutettavaa pilottihanketta, jossa pyrittiin kehittämään rakennustyömaan tuotannonohjausta Skanska-konsernin muissa yksiköissä testattua innovatiivista projektinhallintatyökalua, sähköistä tiedonhallintasovellusta hyväksikäyttäen. Tuotannonohjauksen kehittämisen taustalla vaikuttavat kohdeyrityksessä tehdyt havainnot siitä, että jokapäiväisessä työmaan tuotannonohjauksessa suuri osa tuotannonohjauksesta vastaavien esimiehien eli työnjohtajien ajasta kuluu työmaaprosessin johtamisen ja hallinnan kannalta oleellisen tiedon etsimiseen, hakemiseen tai dokumentointiin työmaatoimistossa. Hallitakseen rakennusprojektia työnjohtajien tulisi kuitenkin ohjata ja valvoa työn etenemistä työmaalla. Tämän seurauksena alalla turvaudutaankin usein paperisiin tulosteisiin ja muistiinpanovälineisiin (Kimoto et al. 2005). Tällaisten perinteisten rakennustyömaan tiedonhallintamenetelmien kuitenkin katsotaan hidastavat tiedon kulkua projekteissa, aiheuttaen muun muassa tiedon puuttumista, sekavuutta ja kahdentumista, joka näkyy varsinkin lisä- ja muutostöiden hallinnassa. (Kimoto et al. 2005). Tiedonhallinnan haastavuuden seurauksena tuotannossa esiintyviin ongelmiin ja häiriöihin ei pystytä puuttumaan riittävän tehokkaasti, minkä seurauksena koko tuotantoprosessista tulee katkonaista. Hyödyntämällä tietotekniikkaa ja langattomia yhteyksiä tuotannonohjauksessa, voidaan rakentamisvaiheen tiedonhallintaprosessia ja tuotannon ohjaamista kuitenkin tehostaa huomattavasti (Wang et al. 2007). Rakennusprojektissa syntyvän tiedon hallinta ja sen välittyminen hankkeen eri osapuolille on erittäin tärkeässä roolissa myös koko rakentamisprosessin laadun kannalta (Kankainen & Junnonen 2001). Sähköisen tiedonhallintatyökalun tutkimisen motiivina on myös sekä rakentamisen tiedonhallintaprosessin että tuotannonohjauksen haastavuuden lisääntyminen. Rakennusprojekteihin osallistuvien tahojen määrä on kasvanut huomattavasti viime vuosina, minkä seurauksena entistä useampi taho tarvitsee reaaliaikaista tietoa työmaaprosessiin liittyen. Myös kiristyneiden aikataulu-, laatu-, ja kustannusvaatimusten seurauksena tuotannon ohjaamisesta vastaavien tahojen, vastaavien työnjohtajien, työmaainsinöörien ja työnjohtajien rooli on kasvanut koko rakennusprojektin onnistumisen kannalta. (Koski 2010)

1.1 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen ensimmäisenä päätavoitteena oli tutkia Skanska Talonrakennus Oy:n pilottihankkeissa käyttöönotetun sähköisen tiedonhallintasovelluksen mukanaan tuomia vaikutuksia työmaalla tapahtuvaan tuotannonohjaukseen. Vertailemalla sovelluksen vaikutuksia perinteiseen rakentamisvaiheen aikaiseen tuotannonohjausmalliin, voitiin työssä tarkastella sähköisen tiedonhallinta sovelluksen vaikutuksia koko projektin joh-

tamisen mittakaavassa. Tutkimuksen toisena päätavoitteena oli tutkia sähköisen tiedonhallintasovelluksen kehittämismahdollisuuksia sovelluksen ja koko sähköisen tiedonhallintasovelluksen mahdollistaman toimintamallin laajemman käytön kattamiseksi. Sekä tutkimuksen päätavoitteita että alatavoitteita tarkasteltiin kvalitatiivisesta näkökulmasta. Kuvassa 1.1. on esitetty tutkimuksen päätavoitteet ja alavavoitteet, sekä niiden seurauksena muodostuvat tutkimuksen tuotokset.



Kuva 1.1. Tutkimuksen tavoitteet ja tuotokset, sekä tutkimusmenotit

Kuvasta 1.1. nähdään kuinka työn päätavoitteet rakentuvat alatavoitteista tutkimusmenotien kautta. Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan tuotannonohjauksen kehittämistä sähköistä tiedonhallintasovellusta hyväksikäyttäen erityisesti rakentamisen työmaaprosessin näkökulmasta. Tutkimuksessa ei otettu kantaa pilottityömaiden tuotannonohjauksen toimivuuteen yleisellä tasolla, tai verrattu sitä Skanska Talonrakennus Oy:n rakentamisprosessin mukaiseen toimintamalliin.

Tutkimuksessa tarkasteltu sähköinen tiedonhallintasovellus voidaan nähdä myös projektinhallintatyökaluna, joka mahdollistaa uudenlaisen toimintatavan rakennustyömaan tuotannonohjauksessa. Pilottihankkeissa käyttöön otettu järjestelmä perustuu Vela Field Management Software nimiseen sovellukseen. Sovelluksen hallinta tutkittavissa pilottikohteissa järjestettiin tablet-tietokoneilla. Sovelluksen käyttöä tuotannonohjauksessa on tutkittu Skanskan toimesta aikaisemmin esimerkiksi USA:ssa sikäläisiä toimintatapoja noudattaen. Sähköisen tiedonhallintatyökalun ideana on tehostaa rakentamisen tiedonhallintaprosessia, sekä myös helpottaa päivittäisiä työmaan johtamiseen liittyviä toimenpiteitä langattomasti hallittavalla sovelluksella. Sovelluksen avulla pystytään:

- hallitsemaan projektien tärkeimpiä asiakirjoja (piirustukset, määrät, materiaalit, toimitukset, detaljit) suoraan työmaalta käsin
- dokumentoimaan havaitut puutteet suoraan työmaalta käsin
- tehostamaan laadunhallinta- ja valvontatoimenpiteitä työmaalla
- mahdollistamaan informaation tarkempi, parempi ja nopeampi saatavuus hankkeen eri osapuolten välillä.

Tutkittavana olleissa pilottihankkeissa sovelluksen toiminnot rajoittuivat kuitenkin suunnitelma-asiakirjojen ja piirustusten hallintaan, sekä projektien luovutusvaiheessa luodun informaation hallintaan.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Työssä käytettyjen tutkimusmenetelmien valinnassa kiinnitettiin erityisesti huomiota tutkimusmenetelmien soveltuvuuteen suhteessa tutkittavaan aiheeseen. Tutkimusmenetelmien valintaan ja tutkimuksen suorittamiseen vaikutti myös tutkittavana olevien casekohteiden aikataulut.

1.2.1 Tapaustutkimus

Kvalitatiivisen tutkimuksen luottavuuden katsotaan olevan vahvasti riippuvainen käytetyistä tutkimusmenetelmistä ja niiden laaja-alaisuudesta (Yin 2003).

Tämän tutkimuksen empiirinen osuus toteutettiin tapaustutkimuksena. Case-tutkimusta eli tapaustutkimusta käytetäänkin usein silloin, kun halutaan havainnollistaa, ymmärtää, tai kerätä yksityiskohtaista informaatiota tietystä yksittäistilanteesta tai toimintamallista, niin että tutkija itse ei vaikuta tai sekaannu tutkimuksen alla olevaan toimintaympäristöön. Tapaustutkimuksien tavoitteena on pyrkiä ymmärtämään syvällisesti yksittäistä tapausta pyrkimättä laajempaan yleistämiseen tai ratkaisumallien luontiin suuremmissa mittakaavassa. (Stake 2005, Metsämuurosen mukaan 2006, s.92.)

Tapaustutkimusta käytetään usein tutkimusmenetelmänä myös silloin, kun tutkimuksen tavoitteena on joko kehittää, tai tarkentaa olemassa olevia toimintamalleja, niiden kuvauksia ja teorioita, tai luoda kokonaan uusia ideoita tutkittavaan tapaukseen liit-

tyen. Tämänkaltaisia tapaustutkimuksia kutsutaan eksploraatiiviseksi, tai uutta teoriaa kehittäväksi tapaustutkimuksiksi. Tapaustutkimus soveltuu tutkimuksen lähestymistavaksi hyvin erityisesti silloin kun tutkimuksen keskiössä ovat mitä -, miten - ja miksi -kysymykset, tai tutkijalla on vain vähän kontrollia tutkittavaan tapaukseen (Yin 2003; Eriksson & Koistinen 2005, s.5).

Tapaustutkimus tulee nähdä kokonaisvaltaisena lähestymistapana tutkimuksen tekoon ja sitä tulisi soveltaa niin, tutkimussuunnitelman, aineistonkeruumenetelmän, ja myös aineiston analysoinnin vaiheissa. Itse tiedon hankintaa ja analysointia voidaan suorittaa monipuolisesti, jolloin tutkittavaa ilmiötä pystytään ymmärtämään syvällisesti. Tapaustutkimuksen suorittamisessa tutkimusaineiston keräämiseen liittyykin usein eri keruumenetelmiä ja tietolähteitä. (Metsämuuronen 2006.)

Tapaustutkimuksessa tulee kiinnittää huomiota tutkimuksen luotettavuuteen ja validiteettiin läpi koko tutkimusprojektin, sillä tapaustutkimukseen liittyy paljon tulkinnallisuutta. Tutkimuksen validiteettia tulee tarkastella ulkoisesta, sisäisestä ja rakenteellisesta näkökulmasta. Ulkoisella validiteetilla tarkoitetaan tutkimustulosten sovellettavuutta tarkasteltaessa vastaavanlaisia ilmiöitä. Tapaustutkimuksissa ulkoista validiteettia voidaan parantaa tarkastelemalla empiirisiä tuloksia teorian avulla. Sisäisellä validiteetilla tarkoitetaan tutkimustilanteessa saatujen tulosten ja niihin vaikuttaneiden tekijöiden välistä suhdetta, ja sen huomioimista tutkimuksen johtopäätöksissä ja tulosten tulkinnassa. Rakenteellisella näkökulmalla, tai rakennevalidisuksella tarkoitetaan tutkimuksen ja tutkimusongelman välistä yhteyttä, toisin sanoen sitä, käytetäänkö tutkimuksessa käsitteitä, jotka kuvaavat tutkittavaa ongelmaa, tai tapausta (Hirsjärvi & Hurme 2000, s.187; Yin 2003).

Tässä tapaustutkimuksessa hyödynnettiin kirjallisuustutkimusta ja siitä saatuja tuloksia, vaikka tapaustutkimuksen lähtökohtana ei Erikssonin ja Koistisen (2005) mukaan tulisi hyödyntää, tai käyttää valmiita teorioita tai hypoteeseja. Erikssonin ja Koistisen (2005) mukaan valmis teoria tai hypoteesi tutkimuksen alkuvaiheessa voi rajoittaa mahdollisten tutkimustulosten havainnointia ja keräämistä. Kirjallisuustutkimuksen avulla luotuja kuvauksia tuotannonohjauksesta, tiedonhallinnasta ja sähköisistä tiedonhallintasovelluksista käytettiin kuitenkin myös tämän tutkimuksen tapaustutkimuksessa, tutkimuksen kannalta keskeisten muuttujien sekä tapaustutkimuksen lähtötilanteen määrittelyssä. Lisäksi kirjallisuustutkimuksen avulla määriteltyä teoreettista viitekehystä hyödynnettiin teemahaastatteluilla kerätyn tutkimusaineiston tulkinnassa, luokittelussa ja tutkimustulosten tarkastelussa.

1.2.2 Teemahaastattelu

Tämän diplomityön empiiritutkimusosan tutkimusaineisto koottiin teemahaastatteluissa. Teemahaastattelu nähdään yleisesti hyvänä tapana saada kvalitatiivista ja syvällistä tietoa tutkittavana olevasta aiheesta. Toisaalta onnistuneeseen haastatteluun vaaditaan huolellisista valmistautumista ja suunnittelua. Teemahaastattelu valikoitui tutkimusaineis-

ton keräämismetodiksi, koska sen katsottiin Hirsjärven ja Hurmeen (2000) esittämien väitteiden pohjalta soveltuvan parhaiten tämän diplomityön kaltaiseen tutkimustyöhön, jossa yksittäisten henkilöiden käyttäjäkokemuksilla ja näkemyksillä on suuri merkitys tutkimustulosten kannalta. Teemahaastattelu soveltuu hyvin tutkimukseen, jossa voidaan olettaa tutkimuksen aiheen tuottavan monitahoisia vastauksia, ja missä haluttaan korostaa myös vastauksien taustalla olevia motiiveja ja taustatietoja. Hirsjärvi ja Hurme (2000, s.66) toteavatkin että, teemahaastattelun käytön motiivina tulee olla kiinnostus tutkittavan tapauksen perusluonteeseen ja -ominaisuuksiin, sekä hypoteesien löytämiseen ennemmin kuin ennalta asetettujen hypoteesien todentamiseen. (Hirsjärvi & Hurme 2000.)

1.3 Tutkimuksen rakenne ja suoritus

Tutkimuksen suoritus rakentui kaksiosaiseksi; ensimmäisessä osassa, tutkimuksen luvuissa 2, 3, ja 4 tarkastellaan tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan nykytilaa, sekä sähköisten tiedonhallintasovellusten käyttöä tuotannonohjauksen tukena. Kirjallisuustutkimuksen pohjalta luotiin kuvaukset tutkittavista ilmiöistä, rakennustyömaan tuotannonohjauksesta ja tiedonhallinnasta, sekä myös sähköisistä tiedonhallintasovelluksista osana tuotannonohjausta.

Tutkimuksen toisessa osassa, luvuissa 5 ja 6 kuvataan tutkimuksen empiirisessä osuudessa koottu tutkimusmateriaali, sekä suoritetaan tutkimusmateriaalin analysointi ja tutkimustulosten tarkastelu. Tutkimuksen viimeisessä luvussa esitetään tutkimustulosten pohjalta esille nousseet johtopäätökset, arviot toimintamallin hyödyllisyydestä ja ehdotukset toimintamallin jatkokehittämiselle sekä mahdollisille jatkotutkimuksille.

1.3.1 Tutkimuksen suoritus

Tutkimuksen ensimmäinen osuus, tutkimuksen teoreettinen viitekehys toteutettiin kirjallisuustutkimusprosessin mukaisena systemoituna kirjallisuuskatsauksena, joka koostuu Metsämuurosen (2008) mukaan kolmesta eri vaiheesta:

- aiheeseen liittyvän lähdemateriaalin kerääminen painottamalla haussa alkupe-
räistutkimuksia
- kerätyn lähdemateriaalin tieteellisen painoarvon selvittäminen ja arviointi
- kerätyn lähdemateriaalin tutkimustulosten yhdenmukaisuuden ja samankal-
taisuutta tavoittelemine

Kirjallisuustutkimuksessa lähdemateriaalin haun rajoittimena käytettiin myös materiaalin ajankohtaisuutta. Varsinkin ICT-teknologiaa käsittelevässä aineiston valikoinnissa keskityttiin alan nopean kehittymisen vuoksi aineiston tuoreuteen.

Tutkimuksen empiirisen osuuden tutkimusmateriaalin koonti suoritettiin teemahaastatteluilla kahdesta eri Skanska Talonrakennus Oy:n case-kohteesta huhtikuun ja touko-

kuun 2012 välisenä aikana. Haastatellut henkilöt koostuivat projektien tuotannonohjauksesta vastaavista henkilöistä, sekä yhdestä mobiilisovelluksen käytön ohjaamisesta ja koordinoinnista vastanneesta henkilöstä. Kaikki tuotannonohjauksesta vastanneet henkilöt toimivat mobiilisovelluksen pääkäyttäjinä kohteissaan. Haastatellut henkilöt ja haastatteluajankohdat on esitetty liitteessä 1. Luettelo teemahaastatteluissa käytetyistä teemoista lisäkysymyksineen on esitetty liitteessä 2. Tutkimuksen haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina lukuun ottamatta yhtä ryhmähaastattelua, johon osallistui kolme haasteltua henkilöä.

Teemahaastattelut suoritettiin Hirsjärven ja Hurmeen (2000, s.67) esittämän kolmi-vaiheisen prosessin mukaisesti. Prosessin ensimmäisessä vaiheessa, suunnitteluvaiheessa keskitytään haastatteluteemojen suunnitteluun ja luomiseen. Haastattelutilannetta varten ei laadittu yksityiskohtaista kysymysluetteloa vaan teemaluettelo, jonka avulla haastattelutilannetta vietiin eteenpäin. Teemahaastatteluprosessin toisen vaiheen haastatteluvaiheen tärkeämpänä päämääränä pidetään yleisesti kysymysten esittämistä ja vastausten saamista. Teemahaastattelutilanteessa haastattelijan on pystyttävä esittämään lisäkysymyksiä käsiteltävistä teemoista ja näin syvennettävä haastattelua, saadakseen täsmällisempää ja rajatumpaa tietoa tutkittavasta aiheesta. Haastatteluteemojen lisäksi haastattelijalla tulee olla sekä lisäkysymyksiä että tarkentavia kysymyksiä varalla haastattelutilanteen eteenpäin viennin turvaksi. Haastatteluprosessin viimeisessä vaiheessa, analyysivaiheessa haastatteluaineisto litteroidaan, eritellään, luokitellaan ja lopuksi aineistoa tulkitaan, analysoidaan. (Hirsjärvi & Hurme 2000.)

Tutkimusaineiston tarkastelu tai analysointi toteutettiin Hirsjärven ja Hurmeen (2000) esittämällä teemoittelu analyysillä. Teemoittelu analyysissä haastattelumateriaalin analysointi pohjautuu haastattelutilanteissa toistuvasti esille nousseisiin teemoihin tai alkuperäisiin haastatteluteemoihin. Teemoittelun katsotaan soveltuvan hyvin juuri kyseisen työn kaltaisen kvalitatiivisen tutkimustyön analysointiin. Teemoittelu analyysillä yksilöllisistä ja erillisistä haastatteluista esille nousseista havainnoista muodostetaan tutkimuksen kannalta keskeisiä asiakokonaisuuksia tutkimustuloksien muodostamisen ja analysoinnin pohjaksi. Haastatteluhavainnot luokitellaan teemoittain, joiden avulla tutkimusaineiston tarkastelua viedään eteenpäin. (Hirsjärvi & Hurme 2000.)

Tutkimusaineiston analysoinnissa hyödynnettiin tutkimuksen teoreettista viitekehystä. Vertailemalla tutkimusaineiston analysoinnissa haastateltujen henkilöiden esittämiä tulkintoja, tutkimuksen luvussa 2 *Rakentamisen tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan nykytila* sekä luvussa 3 *Sähköiset tiedonhallintasovellukset tuotannonohjauksessa* esitettyihin aiempiin tutkimuksiin rinnakkain, voidaan katsoa vähennettävän tutkimustulosten tulkinnallisuutta ja parantaa näin tutkimuksen validiteettia.

1.3.2 Tutkimuksen case-kohteet

Tapaustutkimuksessa tarkasteltiin kahta case-kohdetta, joiden pääurakoinnista vastasi Skanska Talonrakennus Oy. Molemmissa case-kohteissa osalla tuotannonohjauksesta

vastanneista toimihenkilöistä oli käytössä tutkimuksen luvussa 4 esitetty Vela Systemin kehittämä sähköinen tiedonhallintasovellus, jota kutsutaan työssä myös mobiilisovellukseksi. Sovellusta hyödynnettiin molemmissa case-kohteissa pääsääntöisesti vika- ja puutelistauksien teossa, piirustusten ja suunnitelma-asiakirjojen hallinnassa, sekä projektien aikataulujen hallinnassa. Vika- ja puutelistauksien teolla tarkoitetaan tässä tapauksessa rakennuksen luovutusvaiheessa tapahtuvaa laadunvarmistusta ja suunnitelmien mukaisen työn lopputuloksen todentamista. Vika- ja puutelistauksien teossa kaikki havaitut työvirheet ja puutteet kirjataan ylös ja jaetaan eteenpäin tehtäväksi sille taholle jolle vian korjaamisen katsotaan kuuluvan. Sähköistä tiedonhallintasovellusta hallittiin molemmissa case-kohteissa työnjohtajien henkilökohtaisilla Apple iPad -merkkisillä tabletkoneilla.

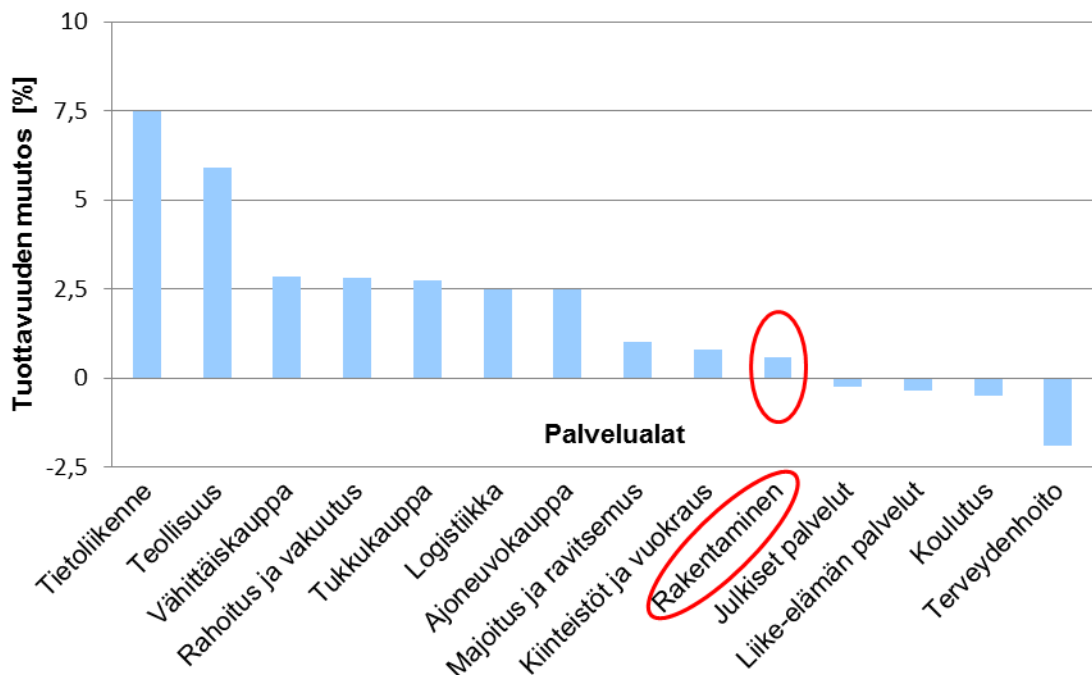
Tutkimuksen ensimmäinen case-kohde Manskun Rastin kohde koostui neljästä toimistorakennuksesta, joista tutkimuksen suorittamisen aikana työn alla oli toisena rakennettavana ollut toimistorakennus. Manskun Rastin työmaalla, mobiilisovellus oli otettu käyttöön jo ensimmäisen osakohteen luovutusvaiheen aikana loppuvuodesta 2011, jolloin sitä oli hyödynnetty vika- ja puutelistauksien laadinnassa, sekä suunnitelmien katselemisessa. Tutkimuksen toisena kohdetyömaana oli Paasitornin hotellihanke, jossa yhdistyivät sekä uudis- että saneeraustyömaan piirteet. Mobiilisovellus otettiin käyttöön Paasitornin kohteessa vasta aivan luovutusvaihetta ennen maaliskuussa 2012.

1.4 Tutkimuksen tuotokset

Tutkimustyön tuotoksena tulee olemaan tavoitteissa määritellyt asiat esitettynä raportin muodossa. Tuotos pyrkii vastaamaan kysymykseen: kuinka hyödyllinen pilottihankkeissa käytetty sähköinen tiedonhallintasovellus, tai vastaava sähköinen projektinhallintatyökalu on rakentamisen tuotannonohjauksessa ja minkälaisia säästöjä sen käytöllä voidaan saavuttaa perinteiseen malliin verrattuna. Sovelluksen käytöstä seuraavia mahdollisia hyötyjä tarkastellaan kriittisesti, jotta voidaan arvioida saavutettavien hyötyjen merkitys koko projektin johtamisen kannalta. Lisäksi työn tuotoksena tullaan määrittelemään mitä ominaisuuksia ja teknisiä vaatimuksia sähköiseltä tiedonhallintatyökalulta vaaditaan, jotta se soveltuisi rakennusalalle ja erityisesti rakennustyömaan vaatimaan tuotantoympäristöön. Tutkimusmateriaalin avulla analysoidaan myös sitä, minkälaisia kehittämismahdollisuuksia sähköisen tiedonhallintahallintasovelluksen mukanaan tuomalla toimintamallilla on tuotannonohjauksen näkökulmasta.

2 RAKENTAMISEN TUOTANNONOHJAUKSEN JA TIEDONHALLINNAN NYKYTILA

Rakennusalan hitaasta kehittämisestä ja huonosta tuottavuudesta on esittänyt monta eri tutkimusta ja raporttia. Hitaan kehittymisen ja huonon tuottavuuden juurisyinä on pidetty rakennusteollisuuden näennäisiä panostuksia alan tutkimukseen ja kehitykseen. Esimerkiksi CDP (Civil Engineering Research Foundation) vuonna 1997 teettämän tutkimuksen mukaan rakennusalan yritykset käyttivät tutkimukseen ja kehitykseen vain 0,5 % tuloistaan (Yang 2007). Rakennusalan kykyä omaksua sekä käyttää uutta tieto- ja viestintäteknologiaa pidetään myös yhtenä alan huonon tuottavuuden pääsyynä. (Osaa-va, avautuva ja uudistuva Suomi 2004). Rakennusalan tuottavuus ja varsinkin tuottavuuden kehittyminen ovat laahanneet pitkään perässä verrattuna muihin palvelualoihin, kuten kuvasta 2.1. nähdään.



Taulukko 2.1. Tuottavuuden muutospalvelualoittain vuosina 1980–2007, (Etna Haapasalon & Merikallion mukaan 2009 s.32)

Koskela ja Koskenvesa (2003, s.13) ovat taas todenneet rakennusalan huonon tuottavuuden johtuvan ongelmista rakentamisen työmaatoimintojen johtamisessa, tuotan-

nonohjauksessa. Viime vuosina rakennusalalla on kuitenkin alettu keskittymään sekä tuotannonohjausteorioiden että tiedonhallintaprosessien kehittämiseen. Kehittämisen tavoitteena on ollut tuottavuuden parantaminen, sekä parempi laatu ja tuotannon hallittavuuden tehostaminen tietotekniikkaa hyväksi käyttäen. Kehitystyötä ja käyttöönottoa ovat kuitenkin haitanneet rakennusalan muutosvastarinta, niin tiedonhallintasovellusten kuin myös tuotantoteorioiden osalta. (Junnonen & Kankainen 2006 s.507.) Toisena rakennushankkeen organisointiin ja johtamiseen, sekä tietotekniikkaan liittyvien kehityshankkeiden ongelmana on Koskelan ja Kazin (2003) mukaan ollut hankkeiden toisistaan irrallinen kehittäminen. Irrallisen kehittämisen seurauksena ei saavuteta synergiaetuja koko rakentamisen prosessin näkökulmasta. Tutkimuksen tässä luvussa perehdytään rakentamisen tuotannonohjauksen, sekä rakentamisen tiedonhallinnan nykytilaan. Aiheita tarkastellaan vahvasti työmaaprosessin näkökulmasta ja ongelmalähtöisesti.

2.1 Rakentamisen tuotannonohjaus

Rakennusalalla tuotannonohjaus ja -suunnittelutoimintojen katsotaan kattavan samat toiminnot kuin perinteisessäkin teollisuudessa, tarkentuen vaiheittain kohti kokoonpanon eli työmaalla tapahtuvan toiminnan ohjausta. Haverilan (et al. 2005) mukaan teollisessa tuotannossa tuotannonohjaus-termi kattaa itse tuotannonohjauksen lisäksi myös yrityksen muiden toimintojen, kuten hankintojen, markkinoinnin ja myynnin ohjausta. Sekä rakentamisessa että perinteisessä teollisuudessa tuotannonohjauksen tavoitteet perustuvat yleisiin liiketoiminnan asettamiin tavoitteisiin; kustannuksien minimointiin, hyvään aikakilpailukykyyn ja laatuun. Itse tuotannonohjausta käsitellään teollisuudessa usein ohjausprosessina, joka etenee vaiheittain kohti työn suorituksen, eli valmistuksen ohjausta. Lisäksi tuotannonohjausprosessissa päätöksenteko ja ohjaustehtävät on jaettu hierarkkisesti organisaation eri tasoille ja eri osastoille. Ylimmällä tasolla keskitytään kokonaissuunnitteluun, josta tuotannonohjausta ja suunnitelmia tarkennetaan siirryttäessä alemmalle tasolle ohjausprosessissa. (Haverila et al. 2005). Teollisesta tuotannosta poiketen rakennusalalla rakentamisen projektiluoneisuuden takia tuotannonhallintaa eli tuotannonohjausta tarkastellaan jaoteltuina yritys- ja hanketason toimintaan, oheisen luettelon mukaisesti (Koski 1995, s.10.):

Yritystason tuotannonohjaus

- Yrityspolitiikan ja -strategian suunnittelu
- Seuraavien vuosien toimintojen suunnittelu
- Kuluvan tilikauden tuotannon suunnittelu

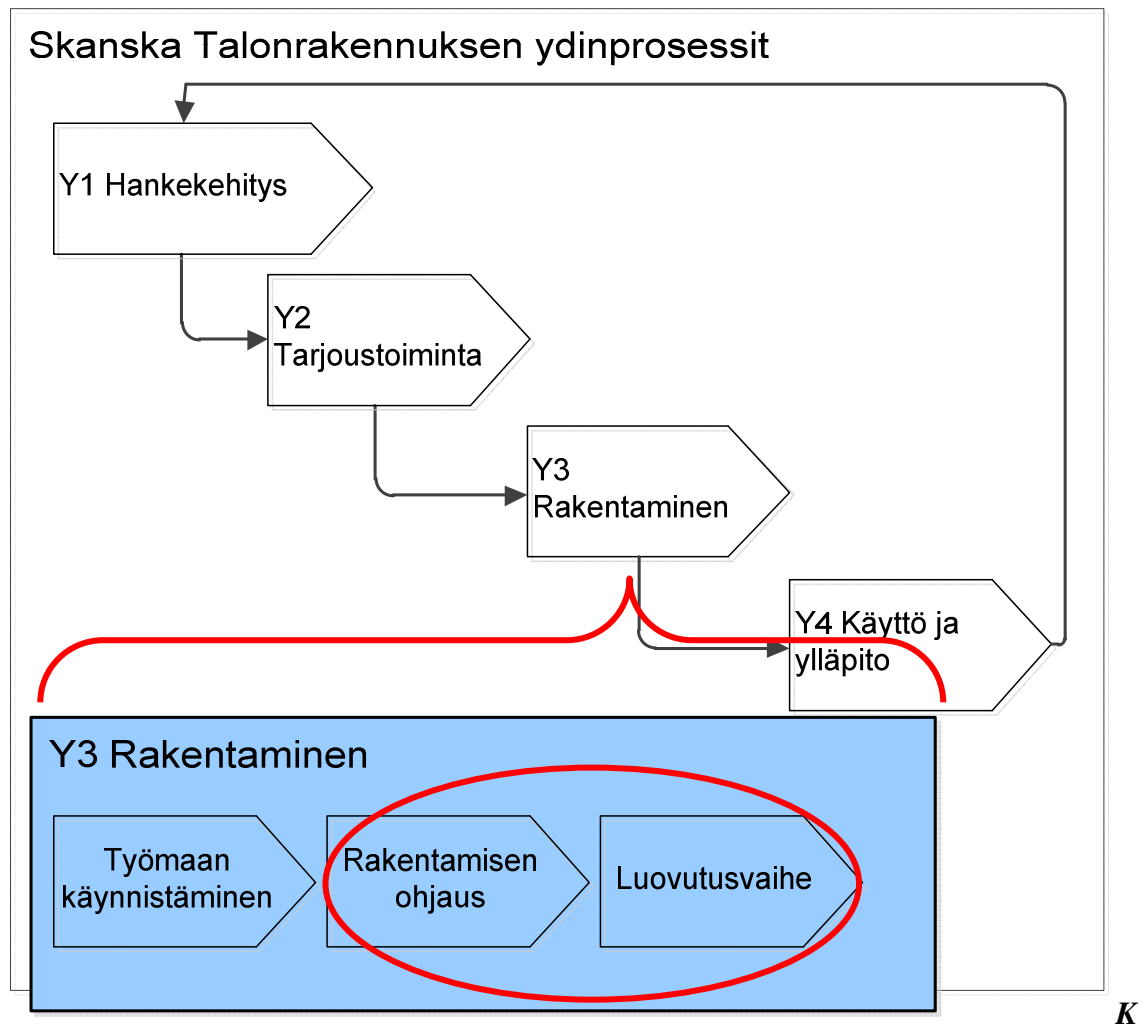
Hanketason tuotannonohjaus

- Alustava tuotannosuunnittelu tarjousvaiheessa
- Yleissuunnittelu ennen rakentamisen käynnistämistä

- Rakentamisvaiheiden tuotannonohjaus ja -suunnittelu
- Tehtävä ja viikkotason tuotannonohjaus ja – suunnittelu

Junnosen (2010, s.7) mielestä rakennusteollisuudessa projekti- tai hanketason tuotannonhallintaprosessi koostuu taas koko hankeen ja yksittäisten tehtävien tuotannon suunnittelusta, tuotannon valvonnasta ja ohjauksesta, sekä valvonnan avulla kerättyjen toteutumatietojen perusteella tehtävistä päätöksistä, joilla tuotantoprosessi tarvittaessa palautetaan suunnitelmien mukaiseen tilaan. Prosessin eri toiminnot muodostavat ketjun, jonka periaatteena Junnosen (2010) mukaan tulee olla; jos asiaa ei voida valvoa, ei sitä kannata ohjata ja jos asiaa ei voida ohjata, ei sitä kannata suunnitella. Projektiluonteisuuden takia rakentamisen hanketason tuotannonohjaus nähdään usein myös prototyypituotannon ohjaamisena, jossa mahdolliset suunnitelmapuutteet ja tuotantoongelmat havaitaan yleisesti vasta itse tuotantovaiheessa. Tämän seurauksena tuotannon suunnittelun oikeaoppinen ja virheetön suorittaminen, sekä työnaikainen valvonta ja ohjaaminen korostuvat. (Koski 1995; Junnonen 2010.)

Tässä tutkimuksessa tuotannonohjauksesta on rajattu käsiteltäväksi vain rakentamisvaiheen aikainen tuotannonohjaus ja sitä tarkentavat toiminnot, eli tehtävä ja viikkotason tuotannonohjaus. Kuvasta 2.2. nähdään kuinka tutkittava rakentamisen tuotannonohjaus sijoittuu tutkimuksen kohdeyrityksen Skanska Talonrakennus Oy:n toiminnan ydinprosesseihin. Tutkittavat toiminnot ovat rajattu kuvassa 2.2. punaisella ellipsillä ja pitävät sisällään rakentamisen ohjauksen ja luovutusvaiheen aikaisia toimintoja. Työssä keskitytään rakentamisen tuotannonohjauksen osalta työmaaprosessin johtamiseen eli rakennustyömaalla tapahtuvaan tuotannonohjaukseen, -suunnitteluun ja -valvontaan, joiden päämääränä on varmistaa joko koko rakennuksen tai yksittäinen rakennusosan toteutus kuten Koski ja Koskela asian ovat todenneet (2001 s.14). Työssä ei tarkastella esimerkiksi hankintojen hallintaa, vaikka se tunnistetaankin keskeiseksi tuotannonohjauksen osa-alueeksi.



kuva 2.2. Skanska Talonrakentamisen ydinprosessi ja rakentaminen (Skanska Talonrakennus Oy:n rakentamisen prosessikartta)

Rakennusalalla kuten muillakin projektitoimintaan liittyvillä teollisuuden aloilla projektin tehokkaaseen ja taloudelliseen hallintaan ja johtamiseen liittyy myös muita osaamisalueita edellä mainittujen tehtävien lisäksi. Projektijohtamiseen keskittyvän Project management Institutin julkaiseman ”A Guide to the Project Management Body of Knowledge” (PMBOK2008) on määritellyt tehokkaaseen projektijohtamiseen tarvittavat osaamisalueet seuraavasti:

- Projektin kokonaishallinta
- Projektin aikahallinta
- Projektin laadunhallinta
- Projektin viestinnän hallinta
- Projektin hankintojen ja sopimusten hallinta
- Projektin laajuuden ja tavoitteiden hallinta
- Projektin kustannushallinta

- Projektin organisointi ja henkilöstön kehittäminen
- Projektin riskienhallinta

Lisäksi rakennusprojektien tuotannonohjaukseen ja hallintaan liittyy vahvasti edellä mainittujen asijaohjauksen osa-alueiden lisäksi myös esimiestyöskentelyn toinenkin osapuoli, ihmisten johtaminen. Johtamistoiminnan jakautumisen seurauksena tuotannonohjauksen katsotaankin olevan ennen kaikkea jatkuvaa kommunikointia ja toimintaa ihmisten kanssa. (Junnonen 2010, s.143.)

2.1.1 Tuotannonohjausmenetelmien kehittyminen

Asiakaslähtöisyyden korostuessa on rakennusprojektienkin hallinta muuttunut huomattavasti viime vuosikymmeninä. Perinteisestä hinta-aika-laatu -orientoituneesta projekti-johtamisesta ollaan siirtymässä entistä enemmän rakennustoimintaa kokonaisuutena käsittelevään tuotannonohjausmenetelmään. Menetelmään, jossa pyritään optimoimaan koko tuotantoprosessia yksittäisten toimenpiteiden tehostamisen sijaan. (Lean Construction Institute -FI.)

Perinteinen tuotannonohjaus

Perinteisen rakennushankkeen tuotannonohjauksen katsotaan pohjautuvan Yhdysvalloissa 1950-luvulla kehitettyihin projektinjohtamismenetelmiin ja toimintaverkko-ideologiaan. Tällaisessa toimintaverkko-ideologiaan pohjautuvassa tuotannonohjauksessa on tarkoituksena määrittellä kaikki rakennushankkeeseen liittyvät työtehtävät ja suorittaa ne toimintaverkon, tuotanto-osituksen (Work Breakdown Structure) mukaisessa järjestyksessä työntöperiaatetta hyväksikäyttäen työvaihe kerrallaan ylhäältä alaspäin. Tällaisessa tuotannonohjauksessa tai projektinhallinnassa oletetaan että aikataulun mukainen edeltävä työtehtävä on ainut edellytys tuleville työtehtäville. Työmaan valvonta perustuu lähinnä suunnitellun aikataulun ja toteutuneen aikataulun vertaamiseen. Tuotantoa hallitaan sopimusteknisin keinoin ja itse tuotanto nähdään taloustieteellisenä ostomyynti-ilmiönä, jossa itse tuotantoprosessin hallinta on taka-alalla. Ongelmien, tai toteutuneiden tuottavuusriskien ilmetessä turvaudutaan korjaaviin tuotannonohjauksen toimenpiteisiin, joiden tarkoituksena on ainoastaan kiristä aikataulu kiinni eikä ongelmien juurisyiden selvittämiseen tai jatkuvaan parantamiseen kuluteta aikaa. Näin ollen työnjohdon aika kuluu tuotannon ongelmien seurauksien ratkaisemiseen ja selvittämiseen, eikä itse syiden selvittämiseen. (Koskela & Koskenvesa 2003; Kankainen & Sandvik 1999; Koskenvesa & Sahlstedt 2011.)

Perinteisen projektinjohtomallin on nähty johtavan myös osaoptimointiin, jossa projektiorganisaation yksittäiset tahot pyrkivät tehostamaan vain omaa toimintaansa, kun tavoitteena tulisi olla koko rakennusprosessin tehostaminen. Osaoptimointiin vaikuttavat tuotannonohjausmenetelmän lisäksi myös projektiorganisaation kommunikointi ja tiedonhallinta. Osaoptimoinnissa keskeistä on, että rakennusalalla ei tunnusteta eikä välitetä seuraavien työvaiheiden ja koko projektin onnistumisen edellytyksistä, koska tuo-

tantoa ei nähdä jatkuvana prosessina vaan peräkkäisinä erillisinä työvaiheina. (Li et al. 2009, s.366–367.)

Tehtävätasolla perinteisen tuotannonohjausmallin käytön on taas nähty johtavan kolmeen eri ongelmaan yksittäisten työtehtävien kohdalla: häiriöt tehtävän aloituksessa, häiriöt tehtävän suorituksessa, jotka aiheuttavat ongelmia työn suorituksessa ja madaltavat tuottavuutta sekä häiriöt tehtävän lopetuksessa tai keskeytymisessä. Tämän seurauksena esimerkiksi yksitaisen viikon aikana toteutettavaksi suunnitelluista tehtävistä keskimäärin vain puolet saadaan suoritettua sovitusti. (Koskela & Koskenvesa 2003.) Häiriöiden seurauksena tuotannon luotettavuus laskee ja työnjohdon aika kuluu niin sanotusti ”tulipalojen sammuttamiseen” eli ongelmien ratkomiseen.

Lean-ajattelun hyödyntäminen tuotannonohjauksessa

Rakentamisen tuotannonohjauksessa ja projektien hallinnassa pyritään tänä päivänä noudattamaan Lean-johtamismenetelmästä rakennusalan käyttöön sovellettua Lean Project Delivery Systems -johtamismenetelmää (Ballard 2000a). Koko Lean-johtamismenetelmän tai Lean-ajattelun katsotaan pohjautuvan autoteollisuudesta tutun Toyotan tuotannonohjausjärjestelmään (TPS). Lean-ajattelun perimmäisenä tavoitteena pidetään mahdollisimman suuren lisäarvon tuottamista asiakkaalle, minimoimalla käytetty aika, resurssit ja hukka. Käytännössä Toyotan tuotannonohjausjärjestelmää tarkastellaan usein seuraavien neljän periaatteen kautta. (Liker 2006, s.6.)

- Pitkän tähtäimen filosofia
- Oikea prosessi tuottaa oikeat tulokset
- Lisäarvon tuottaminen organisaatiolle, ihmisiä ja yhteistyökumppaneita kehittämällä, sekä kunnioittamalla
- Jatkuva parantaminen ja oppiminen

Myös yhteistyö, kommunikointi, resurssien tehokas käyttö, toiminnan standardoiminen, ja hukan minimointi kuuluvat oleellisina osina Lean-tuotannonohjaukseen (Womack et al. 1991).

Rakennusalalla sovelletun *Lean rakentamisen* lähtökohtina pidetään Toyotan tuotannonohjausjärjestelmästä projektituotantoon sovellettua Lean Project Delivery Systems (LPDS) -menetelmää, Koskelan esittelemää rakentamisen tuotantoteoriaa, sekä Ballardin projektinjohtamisteoriaa. LPDS-menetelmä kattaa koko rakennusprojektin hallinnan alkaen projektin määrittelystä, suunnitteluun, hankintaan ja asennukseen saakka. (Ballard 2000a; Koskenvesa & Sahlstedt 2011.)

Lean rakentamisessa tuotantoprosessia käsitellään tuotontoteorianana, jossa yhdistyvät Koskelan (2000) mukaan transformaatio-, flow-, ja value-näkökulmat. Perinteisen transformaatio-näkökulmaan rajoittuneen tuotantoteorian sijasta, rakentaminen muodostuu kuvassa 2.3. esitettyjen näkökulmien integraatiosta. Kaikki kolme näkökulmaa

huomioonottamalla ja kehittämällä niitä tukevia menetelmiä ja työkaluja voidaan rakennustuotannon ongelmiin puuttua tehokkaasti. (Koskela 2000, s.258.)

	Transformaatio-näkökulma	Flow-näkökulma	Value-näkökulma
Tuotannon konseptialisointi	<ul style="list-style-type: none"> Syötteiden muuttamista tulosteiksi 	<ul style="list-style-type: none"> Siirtämisestä, tarkastamisesta, odottamisesta ja transformaatiosta koostuva materiaalien virtaus 	<ul style="list-style-type: none"> Prosessi, missä tuotetaan arvoa asiakkaan vaatimuksien täyttämiseksi
Pääperiaatteet	<ul style="list-style-type: none"> Tuotannon tehokkuus 	<ul style="list-style-type: none"> Arvoa tuottamattoman toiminnan vähentäminen 	<ul style="list-style-type: none"> Arvon vähenemisen eliminointi
Esimerkkejä menetelmistä	<ul style="list-style-type: none"> Organisaatio- ja vastuukaaviot, sekä tuotannon ositus WBS 	<ul style="list-style-type: none"> Jatkuva parantaminen ja imuohjaus 	<ul style="list-style-type: none"> Laatuvaatimuksen hallinta
Käytännön kontribuutio	<ul style="list-style-type: none"> Huolehditaan että tarvittavat toiminnot tehdään 	<ul style="list-style-type: none"> Huolehditaan tarpeettoman toiminnan minimoimisesta 	<ul style="list-style-type: none"> Asiakkaan vaatimuksien tyydyttäminen parhaalla mahdollisella tavalla

Kuva 2.3. Integroitu TFV-näkökulma rakentamisen tuotantoteoriasta (Koskela 2000, s.256)

Lean rakentamisen mukaisessa projektinhallinnassa tavoitteena on muuttaa suhtautumista asiakastyytyväisyyteen, valvontaan, aikataulukseen ja suorituskyvyn arvioimiseen. Myös pyrkimys hukkan minimointiin erottaa *Lean rakentamisen* perinteisestä tuotannonohjauksesta. *Lean rakentamisen* rakentamisprosessin hukkana nähdään kaikki toiminta, joka ei tuota asiakkaalle lisäarvoa. Hukan muotoina pidetään Toyota production systemsin mukaisesti seitsemää eri kategoriaa; ylituotantoa, odottamista, turhia kuljetuksia tai materiaalien siirtoja, yliprosessointia sekä virheellistä prosessointia, ylisuuria varastoja, turhia liikkeitä, vikoja ja niiden korjaamista sekä työntekijöiden luovuuden käyttämistä jättämistä. (Merikallio & Haapasalo 2009; Liker 2006.) Rakentamisessa hukkana nähdään edellä mainitun seitsemän kategorian lisäksi esimerkiksi Koskelan (2004) esittelemä making do. Making do esiintyy hukkana tilanteissa, jossa työvaihe tai yksittäinen tehtävä aloitetaan ilman vaadittuja resursseja, materiaaleja tai välineitä. Toisin sanoen sitä pidetään vastakohtana työntöohjauksesta syntyvälle hukalle kuten turhille materiaali- ja aikapuskureille.

Toinen selkeä erottava tekijä perinteisen työntöohjaukseen perustuvan tuotannonohjauksen ja imuohjaukseen tukeutuvan Lean-tuotannonohjauksen välillä on työn suori-

tuskyvyn luotettavuuden korostaminen. Lean-tuotannossa tavoitteena ei ole saavuttaa yksittäisten työtehtävien optimaalista tuotantonopeutta vaan vähentää työtehtävien virtauksen vaihtelevuutta. Tällöin koko projektin lopputuloksen katsotaan olevan helpommin ennustettavissa. Lisäksi menetelmän avulla päästään käsiksi tuotannon todellisiin ongelma-kohtiin ja kehittymismahdollisuuksiin. Valvonnassa painotetaan työmaan toiminnan saattamista suunnitelmien mukaiseen tilaan perinteisen aikataulu- ja kustannusnusteidien tarkkailun sijaan. (Kim & Park 2006.)

Vaikka *Lean rakentamisen* nähdään olevan vielä siirtymävaiheessa kokeilusta varsinaiseksi Lean tuotannoksi, jossa toiminta ei ole pelkästään Lean-työkalujen kuten Last Planner Systemsin, visuaalisen johtamisen ja arvoketjuanalyysin hallintaa, on *Lean rakentamisen* osoitettu olevan tehokas menetelmä rakennusprojektien johtamiseen. Menetelmän avulla on pystytty vaikuttamaan erityisesti projektiorganisaatioiden kommunikointiin, yhteistyöhön ja luottamukseen. Lisäksi hankkeiden eri osapuolten osallistuminen ja sitoutuminen itse hankkeisiin on parantunut lean-työkalujen käytön myötä. Esimerkiksi imuohjaukseen perustuvalla aikataulusuunnittelulla on projektien aikatauluista saatu luotettavampia, ja optimaalisempia koko projektin eikä vain yksittäisen urakoitsijan näkökulmasta. (Kim & Park 2006.)

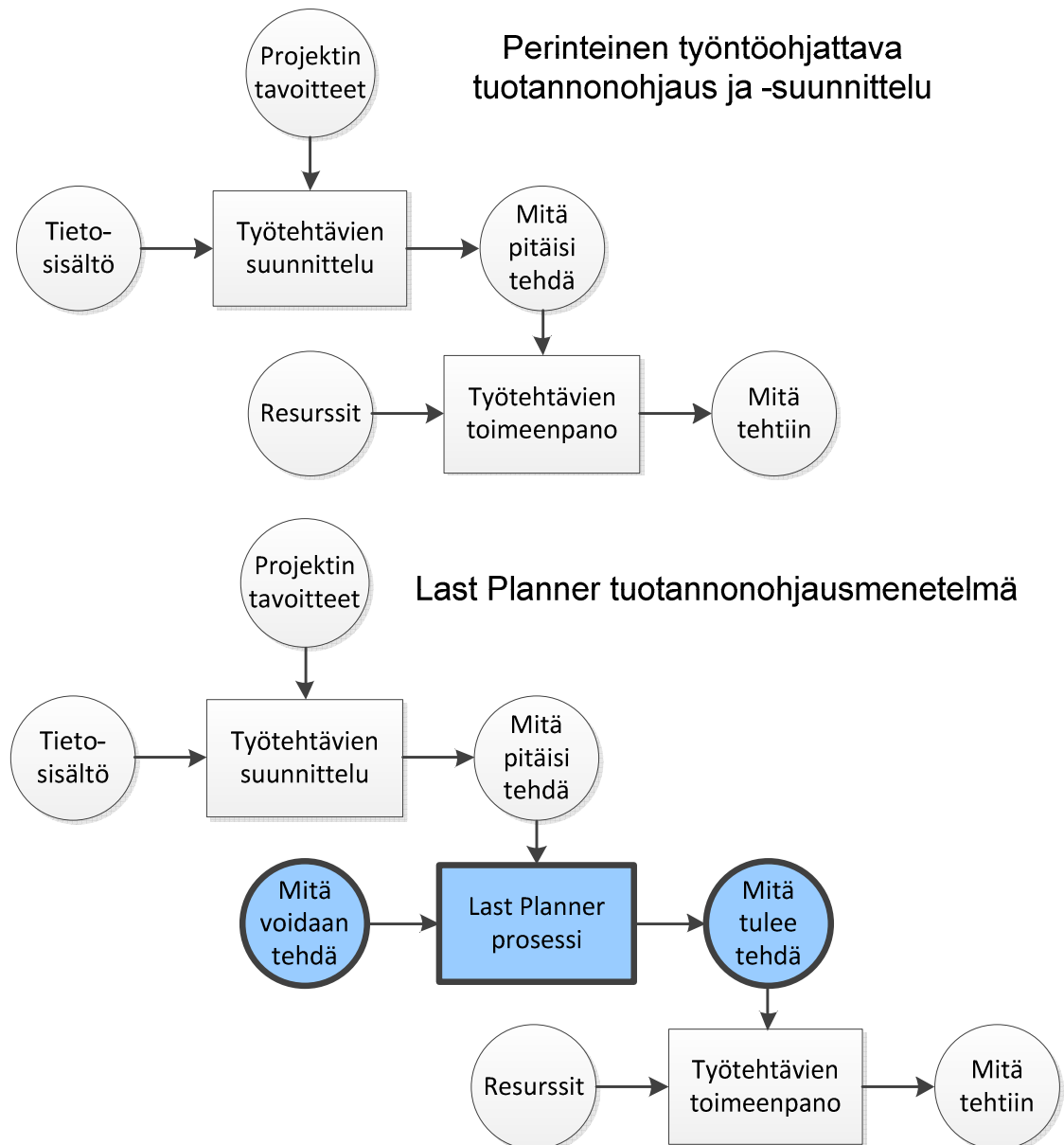
Lean-ajattelun mukaista tuotantoteoriaa ei tule kuitenkaan nähdä helppona tapana johtaa tuotantoprosessia. Womack et al. (1991, s.103) ovat todenneetkin Lean-ajattelun mukaisen tuotantoprosessin olevan todella hento verrattuna perinteiseen tuotantoprosessiin. Perinteinen työntöohjaukseen perustuva massatuotanto käsittää paljon sisäänrakennettuja puskureita, kuten ylisuuria varastoja ja ylituotantoa sekä turhaa odottamista. Sisäänrakennetun hukan seurauksena pienet tuotanto-ongelmat eivät välttämättä vaikuta negatiivisesti koko tuotantoon, eikä niitä välttämättä edes huomata kun taas Lean-ajattelun mukaisessa tuotantoprosessissa pienetkin tavarantoimitusongelmat ja resurssivajaukset voivat horjuttaa koko tuotantoprosessia. Jotta Lean-ajattelun mukainen tuotantoprosessi saadaan toimimaan perusteellisesti ilman ylisuurten materiaalivarastojen ja eri tehtävien välisten aikapuskureiden synnyttämää turvaverkkoa, tulee kaikki osapuolet saada sitoutettua projekteihin täydellisesti toteavat Womack et al. (1991, s.103.) Womackin ym. (1991) esittämiä sisäänrakennettuja puskureita esiintyy varsinkin rakennusalalla huomattavasti. Esimerkiksi rakennushankkeiden pitkien aikataulujen katsotaan johtuvan osaksi hankkeisiin osallistuvien eri osapuolten ajamista viikkojen aikapuskureista eli pelivaroista (Särkilahti 2006, Koskenvesan 2010 mukaan).

Last PlannerTM -menetelmä

Lean Project Delivery Systemsin kaltaisessa rakennusprojektin johtamisessa, tuotannon hallinta ja ohjaaminen suoritetaan Ballardin mukaan (2000a) Last Planner -tuotannonohjausmenetelmän mukaisesti. Last Planner -tuotannonohjausmenetelmää pidetäänkin rakennusalalla käytetyimpänä lean-työkaluna. Last Planner -tuotannonohjausmenetelmässä keskitytään nimensä mukaisesti tuotantoprosessin loppuvaiheen, lyhyen aikavälin ja tehtävätason suunnitteluun. Menetelmässä tuotannonohjaus

nähdään vahvasti sosiaalisena prosessina, jossa korostuvat jatkuva parantaminen, yhteistyö ja osapuolten sitouttaminen projektiin sekä tehtävien aloitusedellytysten varmistaminen tasaisen tuotantovirran aikaansaamiseksi. (Seppänen et al. 2010.)

Perinteisestä tuotannonohjauksesta johtuviin tehtävätason ongelmiin Last Planner Systemsissä (LPS) pyritään puuttumaan tehokkaalla lyhyen aikavälin suunnittelulla. Suunnittelussa keskeisenä elementtinä ovat yleisaikataulua tarkentavat suunnitelmat, kuten rakentamisvaihesuunnitelmat ja etenkin viikkosuunnitelmat. Esimerkiksi viikkosuunnitelmia laadittaessa keskitytään tulevan viikon työtehtävien määrittelyyn, kuten siihen, onko tehtävä työjärjestyksen kannalta tarkoituksenmukainen, onko tehtävän työmäärä mitoitettu oikein ja ovatko kaikki tehtävän edellytyksen kunnossa. Last Plannerin mukaisessa tehtävätason suunnittelussa lähtökohtana pidetäänkin kysymystä; mitä työmaalla voidaan tehdä? Kun perinteisessä tuotannonohjauksessa lähtökohtana on usein ollut kysymys; mitä yleisaikataulun mukaan pitäisi tehdä? Esimerkiksi Koskela, Stratton ja Koskenvesa (2010) ovat todenneet, että yleisaikataulu tulisikin nähdä vain resurssina tai apuvälineenä Last Planner -menetelmän mukaisten viikkosuunnitelmien laadinnassa ja työtehtäviä tulisi suunnitella ja siirtää tuotantoon päivittäin vaihtuvan työmaan tilanteen mukaan. Työntöohjauksen sijaan tuotantoa tulee imuohjata työmaatilanteen mukaisesti kuvan 2.4. esittämällä tavalla. Työtehtävien suunnittelun ja tehtävien toimeenpanon välillä tarkistetaan mitä työmaalla voidaan tehdä, jolloin ei aloiteta tehtäviä joiden käynnistusedellytykset eivät ole kunnossa. (Ballard 2000b.)

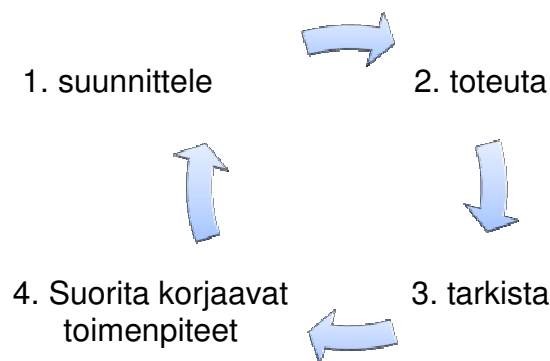


Kuva 2.4. Perinteinen työntöohjattava tuotannonsuunnittelu ja Last Planner -menetelmä (Ballard 2000b)

Last Planner -menetelmässä tuotannon suunnittelun keskiössä ovat materiaali- ja tietovirrat, tehtävien käynnistysedellytysten määrittely sekä etukäteissuunnittelu, jolla käynnistysedellytykset varmistetaan. Last Planner -menetelmässä tuotantoa tarkastellaan vahvasti edellä mainitun tuotantoteorian flow-näkökulmasta. Tuotanto nähdään virtaussuuntautuneena, jossa työtehtävien suoritusedellytykset riippuvat muustakin kuin edellisten tehtävien aikataulun mukaisesta suorittamisesta ja näin ollen työtehtävä voidaan suorittaa vasta kun kaikki panokset ja tehtävän edellytykset on taattu. Tehtävän panoksia ovat esimerkiksi työkonet, materiaalit ja työryhmä ja edellytyksiin katsotaan kuuluvan muun muassa edeltävä työvaihe, olosuhteet ja suunnitelmat. Panosten ja edellytysten varmistamisen seurauksena vältetään ajautumasta tilanteeseen, jonka seurauksena tuotannossa ilmenee Koskelan esittelemä hukan kahdeksas muoto; making do. Tavoitteena on työtehtävien häiriötön valmistuminen sekä suunnitelmien mukainen virhee-

tön lopputulos. Myös työtehtävien suorittamisen työturvallisuuden ja laadun katsotaan paranevan kun työt voidaan suorittaa hallitusti ja keskeytymättömästi oikeissa olosuhteissa. (Koskela & Koskenvesa 2003.)

Last Planner Systemsin tehokkaan käytön edellytyksenä on jatkuvan palautteen antaminen ja suunniteltujen tehtävien toteutumisen mittaaminen sekä tuotannon mahdollisten häiriöidensyiden selvittäminen. Palautteenannolla ja viikoittaisella tehtävien toteutumisprosentin Percent Plan Complete (PPC) mittaamisella luodaan jatkuvalla parantamiselle ja oppimiselle mahdollisuus sekä tuodaan esille mahdolliset ongelmat tuotannon luotettavuudessa. (Merikallio & Haapasalo 2009.) Tällaisen ongelmanratkaisuprosessin katsotaan pohjautuvan laatujohtamisessa laajasti käytettyyn Demingin ympyrään. Demingin ympyrä koostuu neljästä eri vaiheesta kuvan 2.5. esittämällä tavalla (Liker 2006, s. 246).



Kuva 2.5. Demingin ympyrä

Last Planner -tuotannonohjausmenetelmän käytön seurauksena saavutettava tuotannon luotettavuuden parantuminen edellyttää myös muiden projektinjohtamiseen liittyvien osa-alueiden hallintaa ja oikeaoppista toteutusta. Näin ollen Last Planner -tuotannonohjausmenetelmä tulee nähdä ainoastaan työkaluna, joka ottaa kantaa tuotannon eli työtehtävien suunnitteluun. Jotta koko tuotantoprosessista saataisiin täydellinen, on tärkeää huolehtia myös materiaali- ja kalustohankinnoista sekä työtehtävien yhteensovittamisesta. (Koskenvesa 2012)

2.1.2 Tuotannonohjauksen haasteet

Rakennustyömaan tuotannonohjausmenetelmien ja -teorioiden kehittymisen myötä osa tuotannonohjauksen haasteista ja ongelmista on saatu hallintaan. Esimerkiksi lean-työkalujen käyttöönoton myötä lyhyenaikavälin tuotannosuunnittelun on todistettu parantuneen huomattavasti, mikä on taas vaikuttanut tuottavuuteen ja projektin osapuolten yhteistyöhön. Esimerkiksi Ballard (2000b) on todennut tutkimuksissaan, että viikkosuunnitelmien mukaisten tehtävien toteutumisprosentti-lukua voidaan nostaa oikeaoppisella Last Planner -tuotannonohjausmenetelmän käytöllä 60 prosentista, jopa yli 90 prosenttiin. (Ballard 2000b.)

Kuitenkin rakennusalan viimeaikaisen kehityksen ja toimintaympäristön muutosten seurauksena tuotannonohjauksen haasteiden katsotaan kasvaneen ja lisääntyneen. Muutosten seurauksena myös rakennustyömaan johtamisesta suurimman vastuun ottavien henkilöiden toimenkuva on muuttunut. Työmaahenkilöstön toimenkuvaan ovat vaikuttaneet suuresti tiukentuneet laatu-, aika-, energia- turvallisuus- ja ympäristövaatimukset, jotka ovat kasvattaneet työmaavaiheen merkitystä koko rakentamishankkeen onnistumisen kannalta. (Koski 2010.)

Rakennusprojektin hallintaan vaadittavat osaamisalueet ovat muuttuneet viime vuosina merkittävästi. Nykyään projektien johtamisessa korostuvat sekä tiedonkulun että teknisen toteutuksen ja laadun hallinta. Sopimusjohtamisen ja asiakkuuden hallinnan merkitykset ovat myös korostuneet viime vuosina huomattavasti. Rakennusalalla asiakas-käsitteen katsotaan pitävän sisällään niin perinteisen myyjän ja ostajan välisen ulkoisen asiakassuhteen kuin myös peräkkäisistä työvaiheista vastaavien henkilöiden välisen sisäisen asiakassuhteen. Yhdessä ulkoinen ja sisäinen asiakkuus muodostavatkin rakentamiselle tyypillisen moniulotteisen asiakkuuden. Tuotannonohjaukselta tukevien järjestelmien uudistaminen sekä kustannusten ja hankkeen ajallisen läpiviennin hallinnan että laatusystematiikan osalta ovat myös vaikuttaneet rakennusprojektien hallintaan ja siten myös työmaahenkilöstön toimenkuvaan. (Kankainen & Pekkanen 2005.) Tuotannonohjauksen haastavuutta on lisännyt myös rakennusprojektien kompleksisuuden kasvu, jonka katsotaan johtuvan rakennusprojektien suorittamiseen vaadittavien eri työvaiheiden ja eri urakoitsijoiden suuresta määrästä ja niiden tarkasta suoritusjärjestyksestä (Wang et al. 2006, s. 377). Kompleksisuutta lisäävät myös rakennusalalle tyypilliset lyhytkestoiset, kertaluonteiset asiakassuhteet, jotka ovat tyypillisiä niin tilaajan ja rakentajan välisissä asiakassuhteissa kuin myös pääurakoitsijoiden ja aliurakoitsijoidenvälisissä asiakassuhteissa (Kankainen & Pekkanen 2005).

Tuotannonohjauksen näkökulmasta suurimpana haasteena voidaan kuitenkin pitää edelleen tuotannon sirpaloitumista ja osaoptimointia. Tuotanto on pilkkoutunut useaan eri työvaiheeseen ja siten usealle eri urakoitsijalle. Eri urakoitsijat pyrkivät vain maksimoimaan toimintansa kannattavuuttaan, jonka seurauksena tuotantovirtaus on epätasapainoissa. Ongelman juurisyynä voidaan pitää Kosken & Koskelan (2001) ja Oikarin (2009) mukaan nykyisiä urakkasopimusmalleja, jotka eivät kannusta tehokkaaseen yhteistyöhön ja tuotannon häiriöiden korjaamiseen pitkällä aikavälillä. Myös Koivun (2002) havainnot tukevat väitteitä osaoptimoinnista. Rakennushankkeen yksittäisen toimijan tavoitteena on useimmiten saavuttaa omalle toiminnalleen mahdollisimman hyvä kate. Lopullisen tuotteen käyttäjän tai asiakkaan tavoitteet eivät konfliktilanteissa ole ensimmäinen prioriteetti kummallekaan osapuolelle. Tämän seurauksena tuotannonohjauksessa keskitytään usein johtamaan yksittäisiä urakkasuoritteita sopimusten kautta, sen sijaan että pääpaino olisi itse koko tuotantoprosessin johtamisessa. (Koivu 2002, s.51.)

Huonon tuottavuuden ja osaoptimoinnin lisäksi rakennusalalle edelleen tyypillisiä ongelmia ovat laaturvirheet ja niistä johtuva ylimääräinen työ, tarpeeton odottaminen,

sekä turhat tavaran siirrot. Alan suurina haasteita nähdäänkin siis olevan hukan vähentäminen ja luotettavuuden parantaminen. Haasteiden nähdään useimmiten johtuvan tuotannonohjauksen ja suunnitelmien toteutettavuuden epäluotettavuudesta. (Yliherva & Merikallio 2008, Haapasalon & Merikallion mukaan 2009, s.33.)

Siikanen (2009, Lappalaisen mukaan 2011) taas näkee tuotannonohjauksen haasteiden johtuvan viidestä keskeisestä toiminnan johtamiseen liittyvästä ongelmasta, joiden juurisyyt ovat puutteellinen johtaminen ja määrämuotoinen tekeminen:

1. Laadunvarmistustoimenpiteiden dokumentointi. Laatuvaatimuksia ei avata työsuorituksen valvonnan edellyttämälle tasolle, eikä niitä yksilöidä työvaiheisiin liittyviksi, vaatimuksissa tyydytään viittamaan muihin asiakirjoihin, joita usein ei edes löydy työmailta.
2. Tehtävätason ohjausta ei hallita. Tehtäväsuunnitelmia ei laadita tai ei ymmärretä miksi niitä laaditaan, niillä ei ole merkitystä työn ohjauksessa.
3. Toiminnan taso vaihtelee työmaittain. Yrityksen toimintajärjestelmä ei takaa yhtenäisiä menetelmätapoja, vaan tuotantoprosessin lopputulokseen vaikuttavat huomattavasti työnjohdon henkilökohtaiset asenteet ja osaaminen.
4. Tuotantosuunnitelmien ja dokumenttien laadinta. Tuotantosuunnitelmia ja dokumentteja laaditaan toimintajärjestelmän takia, eikä työohjauksen vuoksi. Suunnitelmien ja dokumenttien laadinnassa ei osata ottaa huomioon eri kohteiden asettamia erityisvaatimuksia, jolloin ne eivät tue projektin läpivientä.
5. Tuotannonsuunnitteluun ja -ohjaukseen vaadittavien toimintojen eriytyminen. Tuotannonohjauksen toimenpiteistä ei siirry tietoa tuotannonsuunnitteluun, koska tuotannonsuunnittelun tuloksena syntyviä asiakirjoja ei ymmärretä hyödyntää tai kehittää.

Siikasen (2009, Lappalaisen mukaan 2011) esille tuomat ongelmat näkyvät selkeästi esimerkiksi laatudokumenttien laadinnassa ja usein ajaututaankin tilanteeseen, jossa yrityksen laatu- tai toimintajärjestelmän noudattaminen muuttuu pelkästään vaadittavien dokumenttien täyttämiseksi. Kun dokumentteja laaditaan vain itse järjestelmän takia toimintajärjestelmä ei ole laadun jatkuvan parantamisen väline ja dokumenttien laadinnassa ei huomioida projekti- tai asiakaskohtaisia laatuvaatimuksia. (Lam & Ng 2006, s.1.)

2.2 Rakentamisen tiedonhallinta

Kuten kaikessa liiketoiminnassa, rakentamisessakin järjestelmällistä ja tehokasta tiedonhallintaa voidaan pitää tehokkaan hankkeen johtamisen sekä suoritus- että kilpailukyvyyn kriittisenä osatekijänä. Rakennushankkeissa, kuten muussakin projektiliiketoiminnassa tiedonhallinnan katsotaan koostuvan projektissa liikkuvan informaation, suunnitelmien ja dokumenttien luomisesta, jakamisesta ja säilyttämisestä. Tiedonhallin-

ta pitää sisällään myös koko hankkeen aikaisen kommunikaation, viestinnän ja raportoinnin. (Arto et al. 2008, s.232; Lecklin 2006.) Erityisesti kommunikoinnin merkitys on tärkeää projektin onnistumisen kannalta, sillä sen avulla mahdollistetaan asetettujen tavoitteiden saavuttaminen ja muutosten hallinta. Tehokas kommunikaatio auttaa motivoimaan työntekijöitä ja ymmärtämään eri osapuolien tarpeita liittyen projekteihin ja yksittäisiin työtehtäviin. (Dainty et al. 2006, Löfgrenin mukaan 2006.)

Itse rakennusprojektien tiedonhallintaa kuvaillaan usein ketjuna, tietovirtaprosessina, jossa hankkeen yhdessä vaiheessa luotu tieto siirtyy keskitetysti, kehittyen ja tarkentuen käytettäväksi hankkeen seuraavaan vaiheeseen projektin muiden osapuolten käytettäväksi. (Sulankivi et al. 2002a.) Koska rakentaminen on niin voimakkaasti jakaantunut suunnittelutoimintaan, työmaaprosessiin ja esivalmistukseen, ei alalla voida kuitenkaan puhua yhtenäisestä tietovirtaprosessista. Ongelman juurisyynä voidaan pitää rakennusalan perinteisiä hankemuotoja, joissa vasta valmiiden suunnitelmien pohjalta kilpailutetaan hankkeen urakoitsijat. (Best & Valence 2002.) Myös rakennushankkeiden yhteisen tiedonhallintajärjestelmän puuttuminen estää tietovirtaprosessin muodostumista. Rakennushankkeiden suunnittelutieto, sekä projektitiedot luodaan yleensä sähköisen muotoon, tallennetaan, arkistoidaan ja jaetaan dokumenttipohjaisena hankkeen eri osapuolille keskitetysti projektipankkien eli extranet-sovellusten avulla. Kun taas toteutusvaiheen eli työmaaprosessin johtamisessa tarvittavaa tietoa hallitaan pääsääntöisesti rakennusliikkeiden omien toiminnanohjausjärjestelmien ja dokumenttipankkien avulla. Yhteisen tietovirtaprosessin esteenä pidetään myös sitä että, vaikka suurin osa hankkeiden tiedoista luodaan nykyisin sähköiseen muotoon, sitä jaetaan dokumenttipohjaisena ja hyödynnetään tyypillisesti paperimuodossa. Tämän seurauksena hankkeissa liikkuvan tiedon tietosisältö ei kehity ja näin ollen muutostenhallinta vaikeutuu, suunnittelutyö prosessissa lisääntyy ja projektissa syntyvän tiedon hyödyntämisestä tulevissa projekteissa tulee entistä haastavampaa. (Sulankivi et al. 2002a; Salminen 2010a.)

2.2.1 Tiedonhallinta mallipohjaisesti

Nykyään rakentamisprosessin tiedonhallinta pyritään järjestämään tietomallipohjaisena prosessina, jonka avulla rakennushankkeen tiedonhallintaa voidaan käsitellä tietovirtaprosessina. Tietomallintamisella tarkoitetaan käytännössä kokonaisvaltaista tapaa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa perinteisen dokumentti- ja piirustus-pohjaisen tiedonhallinnan sijaan. Digitaalisessa muodossa liikkuva ja käsiteltävä tietomallipohjainen informaatio on sekä tulkittavissa että luettavissa eri tietotekniikka-sovellusten ja -järjestelmien välillä, kun perinteinen paperipohjainen tieto on vain ihmisen tulkittavissa. Myös tiedonsiirron katsotaan olevan tehokkaampaa, nopeampaa ja luotettavampaa tietomallintamisen ansioista sillä sen avulla pystytään muun muassa tehostamaan, sekä suunnittelu- että rakentamisvaiheiden tiedonhallintaa erillään sekä myös käsittelemään vaiheita yhtenäisenä prosessina. (Laitinen 1998, Mannisen 2009 mukaan.)

Suunnitteluvaiheessa tietomallintamista hyödynnetään käytännössä kahdella eri tavalla; sisäisesti tietomallintamalla ja suunnitelmia koordinoimalla. Suurin hyöty tieto-

mallintamisesta katsotaan saatavan suunnitelmia koordinoimalla, jolloin eri suunnittelijoiden mallit yhdistetään yhdeksi tietomalliksi. Suunnittelun koordinoinnilla saavutettavia hyötyjä ovat muun muassa ristiriidattomat suunnitelmat ja tehokkaampi muutostenhallinta. Myös suunnitteluajakataulujen luotettavuus paranee ja suunnitelmien virheet vähenevät, kun yhteisen mallin ansioista suunnitteluorganisaatio oppii ymmärtämään toistensa laatimia suunnitelmia. Sisäisellä tietomallintamisella tarkoitetaan taas mallintamisen hyödyntämistä itse suunnittelutyössä. Tällöin yksittäiset suunnittelijat mallintavat omat suunnitelmansa mutta tiedonsiirto tapahtuu dokumentti- tai paperipohjaisesti. (Hietanen 2008.)

Tuotannonohjauksen näkökulmasta tietomallintamisen avulla saavutettava suurin hyöty liittyy suunnitelmien rakennettavuuden paranemiseen. Eri rakenteiden välisten törmäystarkasteluiden suorittaminen helpottuu yhteisen tietomallin ansioista, minkä katsotaan vähentävän ongelmia työmaalla ja tietomallipohjaisten suunnitelmien avulla pystytään myös visualisoimaan ja havainnollistamaan rakenteita huomattavasti paremmin. Havainnollistamisen avulla tuotannosuunnittelussa ja -ohjauksessa päästään tarkemmin perehtymään rakennettavaan kohteeseen ja rakenteisiin, jonka seurauksena työjärjestykset ja tehtäväkokonaisuudet pystytään suunnittelemaan tarkemmin. (Yleiset tietomallivaatimukset, osa 13. 2012.)

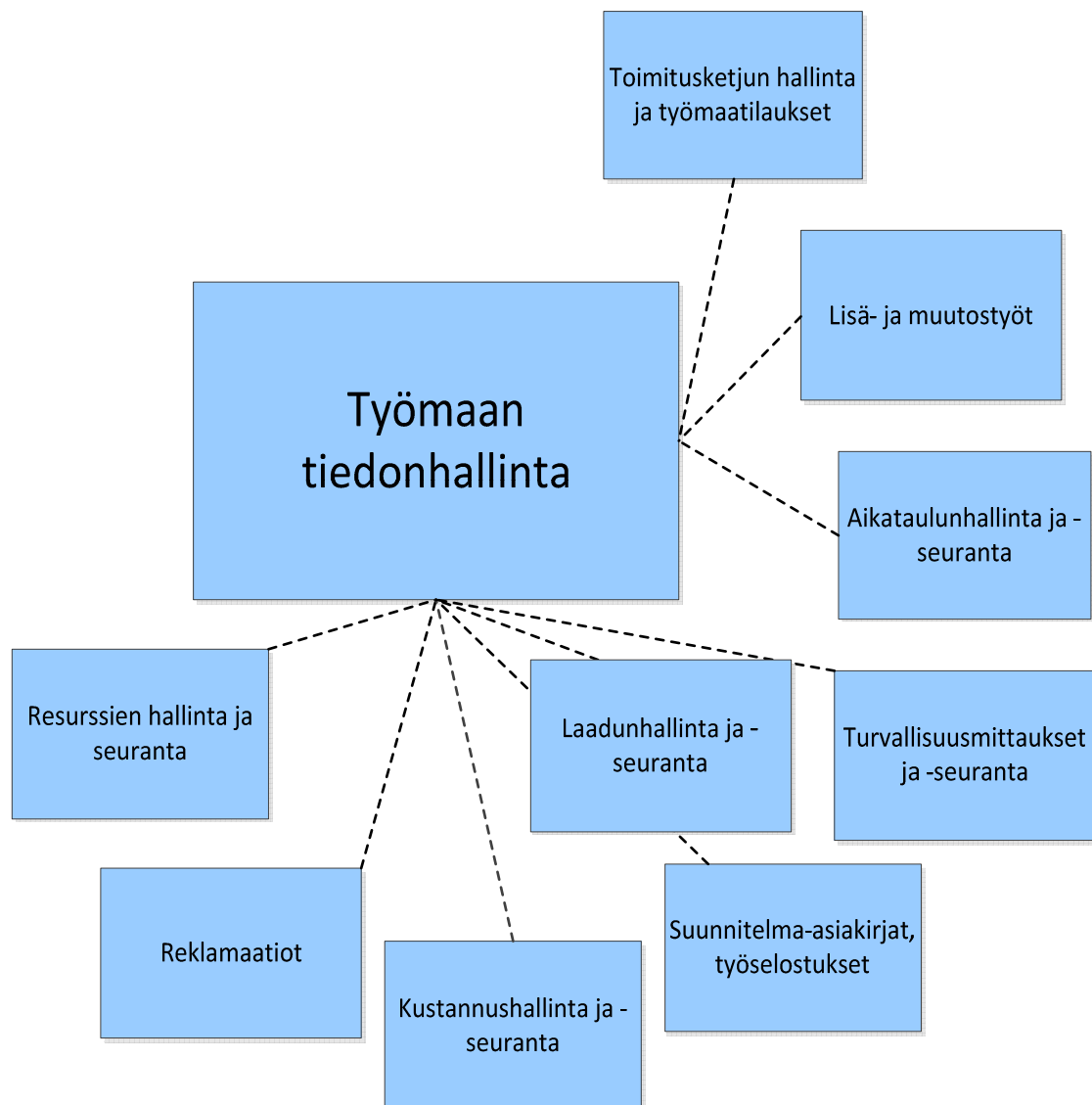
Tietomallien avulla pystytään myös tehostamaan tuotannonohjausta ja tiedonhallintaa aikatauluseurannan ja logistiikan osalta. Esimerkiksi mallintamisen hyödyntäminen betonielementtien tuotannon tehostamisessa on jo edennyt hyvin pitkälle. Elementtien toimitusaikatauluja, asennusjärjestyksiä ja -aikatauluja pystytään ohjaamaan tehokkaasti ja visuaalisesti tietomallien avulla. (Rautiainen 2012.)

Kuitenkin puhuttaessa tietomallintamisesta tulee ymmärtää että pelkkä tietomallipohjainen suunnittelu itsessään ei paranna suunnittelua. Eikä tietomallien hyödyntäminen rakennushankkeiden aikataulujen suunnittelussa tee aikatauluista pitäviä. Tietomallintaminen tulee nähdä työkaluna, joka vain oikeaoppisesti käytettynä osana muutoin oikeaoppisesti organisoitua ja johdettua rakentamisprosessia voi parantaa sitä ja tuottaa lisäarvoa asiakkaalle. (Best & Valence 2002.) Ilman luotettavaa ja ammattimaista tietoa, ei pystytä luomaan luotettavia analyyseja tai päätöksiä eikä myöskään saavuteta tietomallintamisen mahdollistamia etuja tiedonsiirrossa ja liiketoiminnassa yleisesti (Lehtinen 2012).

2.2.2 Tiedonhallinnan problematiikka

Kosken (2010) luettelemien tiukentuneiden laatu-, aika- ja ym. vaatimuksien ja rakennusprojektien kompleksisuuden kasvun myötä on tiedonhallinnasta tullut entistä tärkeämpi osa rakennusprojekteja erityisesti niiden onnistumisen kannalta. Kiristyneiden aikataulujen ja lisääntyneiden rajapintojen myötä on päätöksenteosta ja rakennusprojektin seurannasta tullut huomattavasti monimutkaisempaa. Tehokkaaseen päätösten tekoon ja tuotannon seurantaan tarvitaan enemmän tietoa kuin ennen ja lisäksi tieto on

yleensä hajallaan ympäri projektiorganisaatiota. On jopa sanottu että nykyään rakennusprojektin johtamisessa on perimmiltään kyse projektissa liikkuvan tiedon ja tietovirran hallinnasta. (Li et al. 2009, s.367.) Myös asiakas–tuotanto rajapinnan lähentyminen rakennusalalla edellyttää informaation jakamisen tehostumista (Junnonen & Kankainen 2006, s.506). Tiedonhallinnan problematiikkaa lisää myös rakennushankkeissa liikkuvan tiedon lisääntyminen, jonka katsotaan olevan seurausta talotekniikan lisääntymisestä ja hankkeisiin osallistuvien yritysten lukumäärän kasvusta. (Sulankivi et al. 2002a, s.11.) Muutokset rakennusprosessissa ja tuotannon johtamisessa eivät kuitenkaan näy muutoksina tiedonhallintaprosessissa tai tavoissa hallita projektien tietoja. Edelleen suurin osa rakentamisen ja eritoten tuotantovaiheen tiedonhallinnasta toteutetaan päällekkäisin ja aikaa vievin työkaluin ja metodein. Esimerkiksi tuotantovaiheen tiedonhallintaa ohjataan useimmiten yrityskohtaisesti kehitetyillä toiminnanohjausjärjestelmillä ja dokumenttipankeilla kuvan 2.6. mukaisesti. (Salminen 2010b.)



Kuva 2.6. Työmaan tiedonhallinnan työkalut päätoteuttajan näkökulmasta (Salminen 2010, mukaillen)

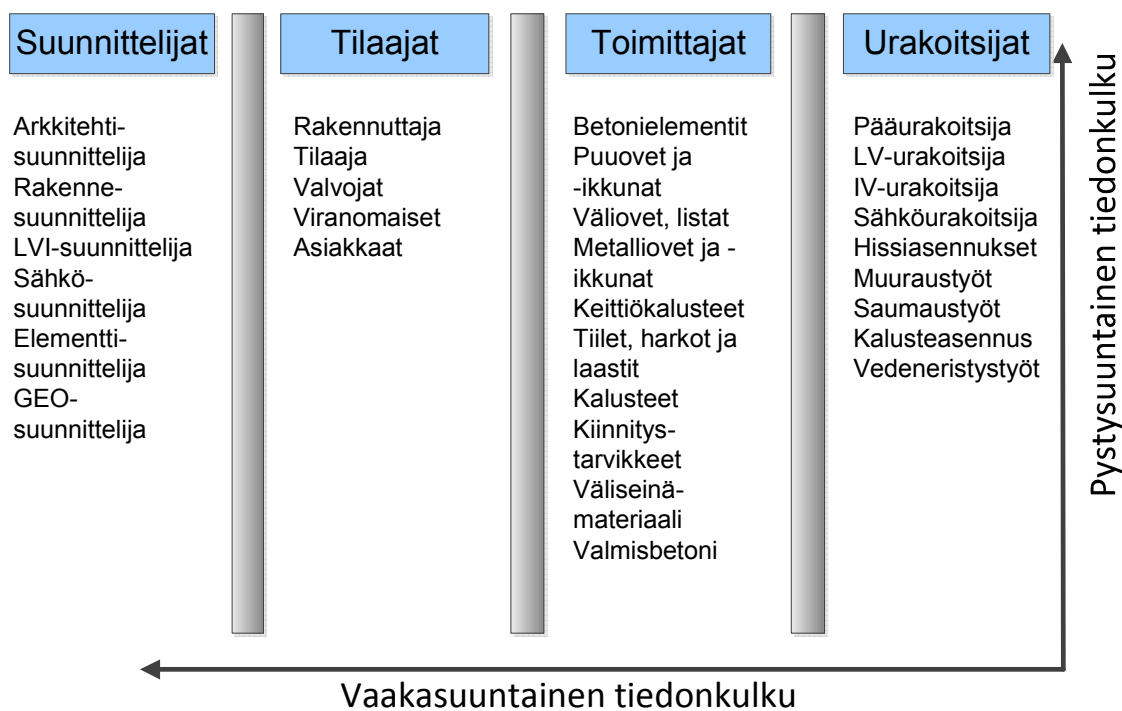
Kuvan 2.6. mukaisesti työmaaprosessin tuotannonohjausta tukevat tiedonhallintasovellukset ja ohjausjärjestelmät ovat pääsääntöisesti tarjonneet ratkaisun vain yhteen tuotannonohjauksen ja seurannan haasteeseen. Lisäksi kuvasta 2.6. voidaan nähdä kuinka työmaan tiedonhallinnan työkalujen muodostamassa verkossa on useita rajapintoja eri sovellusten ja ohjausjärjestelmien välillä. Rajapintojen seurauksena urakoitsijoiden sisäisenkin tiedonhallinta ja dokumentointi ovat ongelmallisia ja työläitä suorittaa. Niin sanottuja integroitua tuotannonohjausjärjestelmiä (ERP) rakennusprojekteissa ei ole ollut vielä käytettävissä (Salminen 2010b).

Osittain päällekkäisten ja irrallisten tuotannonohjausjärjestelmien seurauksena tuotannon tehokkaaseen suunnitteluun vaadittavaa luotettavaa ja ajan tasalla olevaa tietoa tulee koota lukuisista tietokonesovelluksista, dokumenttipankeista ja sähköposteista. Myös tuotannon tehokas toteutumaseuranta ja laadunvarmistus vaativat päällekkäisten ja sekavien tuotannonohjausjärjestelmien käyttöä ja dokumenttien laadintaa. Koko ajan muuttuvan projektin seurauksena raportoinnin ja dokumentoinnin tulee olla jatkuvaa ja niiden tulee kattaa koko projektiorganisaatio. Lisäksi suurin osa sekä tuotannon seurantaan että suunnitteluun vaadittavista raporteista ja dokumenteista luodaan kahteen kertaan; ensiksi työmaalla kynää ja paperia hyödyntäen, ja toisen kerran työmaatoimistossa tietokoneella hyväksikäyttäen valmiita dokumenttipohjia. Tuotannon ohjauksen ja valvomisen näkökulmasta edellä mainittujen tiedonhallinnan haasteiden seurauksena työnjohdon työaika kuluu suurelta osin työmaatoimistossa, eikä itse työkohteessa. (Löfgren 2006.) Löfgrenin esille tuomasta haasteesta seuraa ongelmia Koskenvesan (2011) mukaan varsinkin tehtävätasolla tapahtuvassa työntekijöiden ohjaamisessa ja valvomisessa. Tuotannossa tarvittavien tietojen puuttuminen ja huono kommunikaatio työnjohdon ja tuotannon operatiivisen osaston välillä johtavat heikkoon kiinnostuksen tasoon, huonoon sitoutumiseen asetettuihin tavoitteisiin ja lopulta alhaiseen tuottavuuteen. (Koskenvesa 2011.)

Toisena työmaaprosessin aikaisen tiedonhallinnan ongelmana nähdään juuri oikea aikaisen (JIT) ja kattavan informaation puuttuminen päätöksiä tehtäessä niin työmaalla tehtäviä ohjatessa ja valvoessa kuin myös työmaatoimistossa tuotantoa suunniteltaessa. Tehokkaaseen tuotannonohjaukseen vaadittavaa reaaliaikaista ja tarkkaa tietoa tuotannosta ei ole saatavilla. Tämän seurauksena esimerkiksi Last Planner -tuotannonohjausmenetelmän mukainen tuotannon luotettava suunnittelu koetaan hankalaksi. Esimerkiksi rakennusprojektien luovutusvaiheessa esiintyvien työmäärältään pienten viimeistelytyöiden organisointiin vaaditaan huomattavasti eri lähteistä koottavia tieto- ja materiaalivirtoja. Nykyisillä tiedonhallintatyökaluilla ja -menetelmillä ei pystytä takaamaan suunnittelussa tarvittavien tieto- ja materiaalivirtojen koontia ajallisesti yhden viikon aikana. (Sacks et al. 2010.)

Tiedonhallinnan problematiikka näkyy vahvasti ongelmina myös tiedonkulussa ja kommunikoinnissa. Oikarin (2009) mukaan rakennusprojektien osapuolet eivät osaa hankkia, eivätkä välitä tietoa sitä tarvitseville hankkeiden muille osapuolille riittävän

tehokkaasti. Tieto ei välity vaakasuuntaisesti eikä myöskään pystysuuntaisesti kuvan 2.7. mukaisessa projektiorganisaatiossa. (Oikari 2009, s. 47.)



Kuva 2.7. Tiedonkulk' rakennusprojektissa (Oikari 2009, s.47 mukailten.)

Tiedonkulun haasteisiin sekä pysty- että vaakasuunnassa vaikuttavat Sacksin mukaan myös liiallinen turvautuminen paperisiin dokumentteihin, joissa olevaa tietoa on lähes mahdotonta pystyä aukottomasti välittämään maantieteellisestikin hajanaisissa projektiorganisaatioissa. Rakennusprojektien kannalta keskeisen tiedon liiallinen kasaantuminen avainhenkilöille myös hankaloittaa ja hidastaa tiedon välitystä. (Sacks et al. 2010, s.642.) Ongelmia tiedonkulussa ja -välittämisessä on pidetty pääsyinä esimerkiksi yhteen tyypillisimmistä rakentamisen ongelmista, virheelliset työsuoritukset ja niistä johtuvat lisätyöt, jotka vievät Kosken ja Koskelan (2001 s.15) mukaan keskimäärin 5–10 % koko projektin työajasta. Australialaisen tutkimuksen mukaan jopa yli 60 % rakentamisvaiheen aikaisista virheellisistä työsuorituksista johtui vajavaisesta, ristiriitaisesta ja ajallisesti tehottomasta tiedonkulusta (Newton 1998, Bowdenin mukaan 2005, s.151).

3 SÄHKÖISET TIEDONHALLINTASOVELLUKSET TUOTANNONOHJAUKSESSA

Rakennusalan toimintaympäristön kehittymisen myötä kohonneet vaatimukset rakennushankkeiden läpiviennin tehostamiselle ja aikataulujen lyhenemiselle ovat yhdessä alan kompleksisuuden kasvun myötä asettaneet uusia haasteita projektien tiedonhallinnalle ja myös projektien tuotannonohjaukselle. Nykyaikaisten projektien läpiviennissä korostuu kyky hyödyntää reaaliaikaista ja täsmällistä tietoa päätöksentekoprosessissa ja ongelmia ratkottaessa. (Lu et al. 2011, p.101.) Tutkimuksen luvun 2 *Rakentamisen tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan nykytila* pohjalta voidaan kuitenkin todeta, että perinteiset tiedonhallintasovellukset yhdistettynä nykyisiin kommunikointi- ja viestintämetodeihin eivät pysty sellaisenaan ratkaisemaan alan haasteita. Ongelma näkyy myös tuotannonohjaamisessa sekä siihen liittyvissä toiminnoissa, tehden niistä vaikeasti hallittavia ja aikaa vieviä. Näkemystä tukevat myös Daintyn ja kumppanien (2006, Löfgrenin mukaan 2006) kommentit tuotannonohjauksesta ja tiedonhallinnasta. Riippumatta panostuksista rakennusprojektin suunnitteluprosessiin ja rakentamisen valmisteluvaiheeseen alkaa varsinainen työmaaprosessin käynnistyessä erilaisia ongelmia välittömästi ilmetä työmaalla. Jatkuvasti muutoksen alla olevassa tuotantoympäristössä eli työmaalla ongelmiin tulisi välittömästi ja nopeasti pystyä puuttumaan mutta nykyisillä kommunikointi- ja viestintämetodeilla ei tähän kyetä. (Dainty et al. 2006, Löfgrenin mukaan 2006.)

Yhtenä ratkaisuna alan ongelmiin on pidetty tieto- ja informaatioteknologian (ICT-teknologia) kehittymistä ja sen mukanaan tuomien mahdollisuuksien tehokkaampaa hyödyntämistä. Tutkimustyön tässä luvussa keskitytäänkin tutkimaan tuotannonohjausta tukevia langattomia ICT-sovellutuksia, eli sähköisiä tiedonhallintasovelluksia ja niillä saavutettavia hyötyjä ja käyttömahdollisuuksia. Kannettavia tietokoneita ja matkapuhelimia on toki hyödynnetty jo usean vuoden ajan rakennustyömailla tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan tukena. Käytettyjen sovellusten avulla on kyetty puuttumaan projektiorganisaation maantieteellisen hajanaisuuden aiheuttamiin ongelmiin. Sovellusten avulla on myös saatu koottua kaikki tiedonhallintaan tarvittavat välineet yhteen paikkaan hallittavaksi. Kuitenkin sovellusten ja laitteiden käyttö on rajoittunut työmaatoimistoon, eikä itse työmaalle. (Mitchell et al. 2006.) Matkapuhelimia on käytetty myös työmaalla mutta niiden hyödyntäminen muussa kuin puhe- ja tekstiviestinnässä on harvinaista. Kehittyneempien tiedonhallintasovellusten päätavoitteena on kuitenkin mahdollistaa perinteisesti työmaatoimistossa käsiteltävien dokumenttien ja informaation kuten, suunnitelmien, aikataulujen, turvallisuusasiakirjojen, yhteistietojen ja reklamaatioiden hallinta liikkuvassa muodossa itse työmaalla. Pyrkimyksenä olisi siis toisin sano-

en pystyä käsittelemään tehokkaasti tuotannonohjauksessa tarvittavaa tietoa siellä missä itse työ tehdään (Liker 2006, s.160).

3.1 Sähköisten tiedonhallintasovellusten toimintaperiaatte

Langattomasti hyödynnettävien tiedonhallintasovellusten toimintaperiaate perustuu mobiiliympäristöön, joka rakentuu kannettavasta päätelaitteesta sekä langatonta tiedonsiirtoteknologiaa hyödyntävästä tiedonsiirrosta. Tiedon prosessointiin tarkoitetut kannettavat päätelaitteet eli mobiililaitteet koostuvat laskentateholtaan erisuuruista matkapuhelimista, älypuhelimista, kannettavista tietokoneista, PDA-laitteistaja ja tablet-tietokoneista. Laskentatehonsa lisäksi mobiililaitteilla on myös eroavaisuuksia muun muassa käytettävyydessä ja ominaisuuksissa. (Ihonen 2010.) Tuotannonohjauksen toimenkuvan asettamien vaatimusten pohjalta on todettu että kosketusnäytölliset tablet-tietokoneet sopivat ominaisuuksiltaan parhaiten työnjohtajien käytettäväksi. Niiden näytön katsotaan soveltuvan parhaiten suunnitelma-asiakirjojen hallintaan ja toimintojen käytön katsotaan muistuttavan kynällä paperille tehtävien muistiinpanojen suorittamista. (Löfgren 2006; Sacks et al. 2010)

Langattomat tiedonsiirtoteknologiat taas koostuvat kuuluvuusalueiltaan erisuuruista tiedonsiirtoverkoista. Skaalan toisessa päässä ovat esimerkiksi Bluetooth-tekniikka hyödyntävät lyhyen kantaman verkot toimintasäteen ollessa enimmillään 50 metriä. Skaalan toista ääripäätä kuvaavat taas matkapuhelinverkoissa toimivat tiedonsiirtopalvelut kuten GPRS, 3G ja 4G, jotka tarjoavat huomattavasti tehokkaamman tiedonsiirron ja kattavamman kuuluvuusalueen. (Ihonen 2010.)

Mobiiliympäristö mahdollistaa informaation ja dokumenttien luomisen, jakamisen ja tallentamisen langattomasti kaikkia projektin käyttäjiä palvelevan keskitetyn tietovaraston avulla. Tietovarastoa käytetään verkkoselaimella ASP-pohjaisena palveluna, jossa sovelluspalvelun tarjoaja (application service provider, ASP) vuokraa sovelluksen ja levytilaa palvelimelta. Riippumatta fyysisestä sijainnistaan sovelluksen käyttäjä tarvitsee ainoastaan mobiiliympäristössä toimivan www-selaimen saadakseen sovelluksen ominaisuudet ja palvelimelle tallennetut tiedot käyttöönsä. (Sulakivi et al. 2002b s.25.)

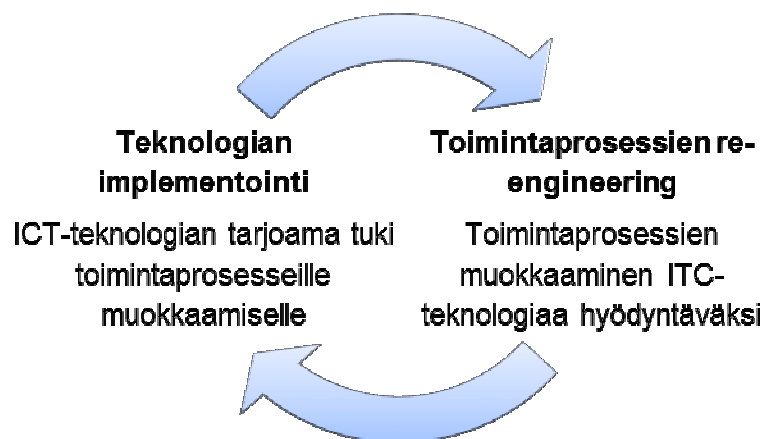
Sähköisten tiedonhallintasovellusten toimintaperiaate voidaan kuvata myös Kanervan ja Haapasalon (2005) esittämällä tavalla. Tällöin puhutaan niin sanotuista mobileista liiketoimintaratkaisuksista, jotka koostuvat tässä tapauksessa mobiilisovelluksista ja mobiilipalveluista. Mobiilisovelluksella tarkoitetaan ohjelmistoa, jota käytetään langattomassa päätelaitteessa eli mobiililaitteessa. Sovelluksen avulla pystytään käsittelemään, selaamaan tai varastoimaan tietoja. Mobiilipalvelulla tarkoitetaan taas mobiilisovelluksen, langattoman verkottumisen ja sovelluspalvelun tietovaraston tarjoajan muodostamaa elektronista tiedonhallinta- ja viestintäratkaisua. (Kanerva & Haapasalo 2005, s.5.)

3.2 Sovellusten hyödyntäminen tuotannonohjauksessa

Sähköisten tiedonhallintasovellusten käytön tulee joko parantaa, tehostaa rakennusprojektin hallintaa tai lisätä arvoa projektin lopputulokselle. Muutoin sovellusten implementointia osaksi tuotannonohjausprosessia voidaan pitää lähinnä yliprosessointina eli hukkana. Sovellusten hyödyntäminen tuotannonohjauksessa voidaan nähdä prosessina, jossa aluksi määritellään kuinka sovellus implementoidaan osaksi tuotannonohjausta, mitä hyötyjä sovelluksella tavoitellaan ja mitä toimintoja ja käyttömahdollisuuksia sovellukselta halutaan.

3.2.1 Sovellusten implementointi osaksi tuotannonohjausta

Sähköisten tiedonhallintasovellusten tuotannonohjaukselle tarjoamien mahdollisten hyötyjen kartoittamisessa tulee huomioida, että sovelluksia ja ICT-teknologiaa voidaan käyttää tuotantoprosessissa ja ottaa osaksi tuotantoprosessia usealla eri tavalla. Ensimmäinen tapa lähestyä sovelluksen käyttömahdollisuuksien tutkimista on toimintaprosessien uudistaminen ja kehittäminen ja tätä kautta sähköisen tiedonhallintasovelluksen mukaan ottaminen toimialalle. Tällöin puhutaan niin sanotusta re-engineering menettelystä, jonka tavoitteena on toimintaprosesseja radikaalisti kehittämällä tuottaa lisäarvoa asiakkaalle hyödyntämällä saatavissa olevia työkaluja ja teknologiaa. (Koski & Koskela 2001.) Re-engineering -menettelyn puolesta puhuu nykyisten tuotannonohjausjärjestelmien ja tiedonhallintasovellusten heikko taso ja ennusteet niiden elinkaarien päättymisestä (Salminen 2010a). Re-engineering menettelyssä ICT-teknologian implementointi alalle ja toimintaprosessien uudistaminen järjestettäisiin kuvan 3.1. esittämällä tavalla, rekursiivisena toimintana. Tämän seurauksena muokatut rakentamisen toimintaprosessit ja teknologia tukisivat toisiaan saumattomasti. (Davenport & Short 1990, s.99.)



Kuva 3.1. Toimintaprosessien re-engineering ja teknologian implementointi (Davenport & Short 1990, s.99.)

Toinen tapa analysoida mobiiliteknologian hyödyntämistä tuotannonohjauksessa on lisäämällä uusia, irrallisia tiedonhallintatyökaluja ja -ohjelmia rakentamisprosessin tu-

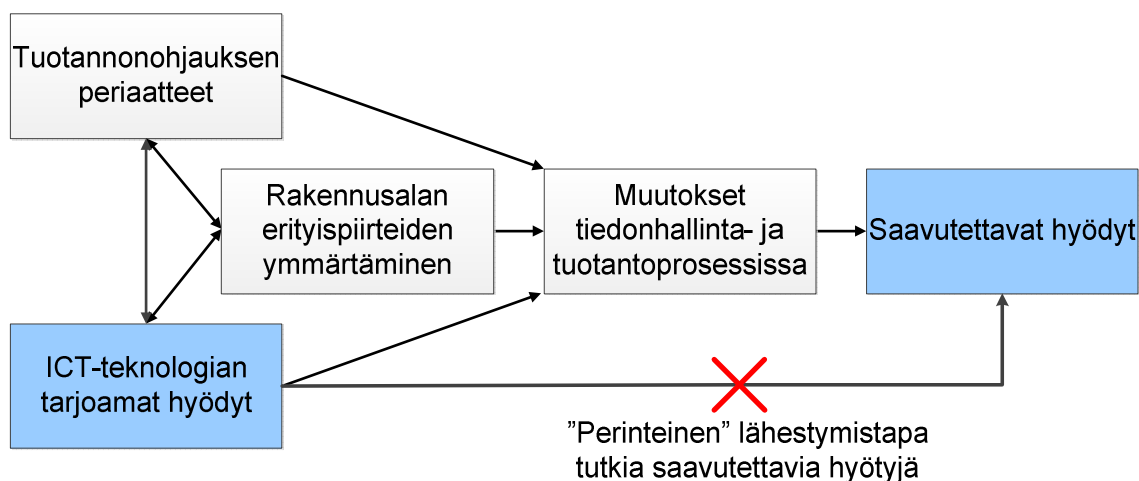
eksi. Tällöin implementoitavien sähköisten tiedonhallintasovellusten tavoitteena olisi tarjota ratkaisu vain tiettyihin yksittäisiin tuotannon tai tiedonhallinnan ongelmiin. Toisin sanoen tällöin rakentamisprosessin johtamisen tueksi tarjottaisiin vain lisää sovelluksia jo olemassa olevien työmaan tiedonhallintatyökalujen rinnalle. Tämänkaltainen lähestymistapa nähdään usein huonoimpana keinona hyödyntää uutta tietotekniikkaa. Bowden (2005) toteaa muun muassa että uusien irrallisten sovellusten lisäämisen seurauksena rakennusprojektien tiedonhallinta ja kommunikointi häiriintyvät entisestään ja että esimerkiksi rakennusprosessin päämäärän hahmottaminen vaikeutuu ja edellisissä projekteissa saavutettujen kehitysaskelien uudelleen hyödyntäminen hankaloituu. (Bowden 2005). Tämänkaltainen lähestymistapa jossa uusia ja irrallisia tiedonhallintatyökaluja ja -ohjelmia tuodaan rakennusprosessin tueksi, on vahvasti ristiriidassa myös lean-ajattelun kanssa. Lean-ajattelun mukaan uutta teknologiaa kannattaa alkaa hyödyntämään prosessien tehostamisessa vasta aivan prosessien kehityshankkeiden loppuvaiheissa. Prosessin kehittäminen ja hukan minimoiminen tulee aluksi järjestää hyödyntämällä nykyistä teknologiaa, välineistöä ja ihmisiä. Vasta tämän jälkeen tulee tutkia voisiko uuden teknologian mukaantulo tuotantoprosessiin lisätä joko lopputuotteen tai prosessin arvoa tai vähentää prosessin hukkaa. (Liker 2006, s.160.)

Kolmantena tapana hyödyntää ICT-teknologiaa rakentamisessa on käyttää teknologiaa osana nykyisiä toimintaprosesseja ja tuotannonohjauksen työkaluja. Tällöin tavoitteena on integroida käytettävät sovellukset ja laitteet osaksi olemassa olevia tiedonhallintasovelluksia ja tuotannonohjausjärjestelmiä, muuntaen ne liikkuviksi ja langattomasti hyödynnettäviksi. (Bowden 2006.) Tällöin teknologian avulla ensisijaisesti pyritään tehostamaan rakennusprojektin johtamiseen liittyviä tiettyjä kriittisiä osa-alueita ja vähentämään ei-arvoa tuotavaa työnjohdon toimintaa, kuten tiedon etsintään, tallentamiseen ja jakamiseen kulutettavaa työaika. Tällaista sähköisten tiedonhallintasovellusten käytön ja hyödyntämisen lähestymistapaa pidetään todennäköisimpänä kehitysväylänä rakennusalalla. Esimerkiksi rakennusalan yritysten näkökulmasta pidetään hyvin epätodennäköisenä että ICT-teknologian nykyistä vahvemman mukaantulon myötä rakennusliikkeiden ydinprosessit tulisivat muuttumaan radikaalisti. (Leskinen 2006; Bowden 2005, s.119.)

3.2.2 Sovellusten käytön avulla saavutettavat hyödyt

Ennen sovelluksen avulla saavutettavien hyötyjen arvioimista ja mittaamista, tulee hyödyt kuitenkin pystyä tunnistamaan ja ymmärtämään se, miten nämä mahdolliset taloudelliset sekä toiminnalliset hyödyt syntyvät. Koskelan ja Kazin (2003) mukaan rakennusalan huono kyky hyödyntää uutta teknologiaa toiminnassaan johtuneen juuri alan kyvyttömyydestä tunnistaa ja arvioida teknologian avulla saavutettavia hyötyjä. Rakennusalalla nähdään usein että jo pelkkä ITC-teknologian mukaan ottaminen tuotantoprosessiin tuottaa lisäarvoa tai poistaa mahdollisia projektien hallintaan liittyviä ongelmia. Alalla ei osata arvioida teknologian aiheuttamia vaikutuksia esimerkiksi rakennusprojektien tuotantoprosessiin ja sen johtamiseen eikä sovellusten implementoinnissa ja ke-

hittämisessä osata huomioida rakennusalan erityispiirteitä. Sähköisten tiedonhallintasovellusten avulla saavutettavia hyötyjä tulisi arvioida kuvassa 3.2. esitetyn kaavion mukaisesti. (Koskela & Kazi 2003)



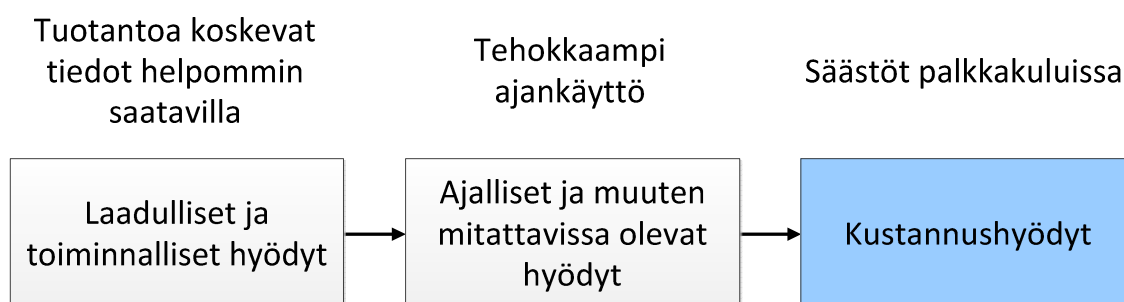
Kuva 3.2. ICT-tekniikan avulla saavutettavat hyödyt rakentamisessa (Koskela & Kazi 2003, s.70)

Koskelan ja Kazin (2003, s.70) esittämän kuvan 3.2. mukaan ICT-tekniikan avulla voidaan saavuttaa hyötyjä rakentamisessa kolmella eri tavalla. Mobiilitekniikan avulla voidaan parantaa tuotantoprosessia ja tuotannonohjaamista helpottamalla yksittäisten tehtävien suorittamista, kuten dokumentointia tai kommunikointia. Toinen tapa jolla ICT-tekniikka voi hyödyntää rakentamisessa, on tuotannonohjauksen luotettavuuden parantaminen. Luotettavuuden katsotaan parantuvan paremmin hallittavan tiedonhallintaprosessin myötä. Kolmanneksi sähköinen tiedonhallinta voi parantaa rakennusala ja siten myös tuotannonohjaamista rakentamisen hahmottamisen myötä saavutettavien etujen kautta. Rakennusprojektit ovat lähes poikkeuksetta ainutkertaisia, minkä vuoksi kyky visuaalisesti hahmottaa sekä rakennettava tuote eli rakennus tai yksittäinen tuotantopahtuma lisää myös tuotannon tehokkuutta. (Koskela & Kazi 2003)

Konkreettisesti tietotekniikan ja sähköisten tiedonhallintasovellusten avulla saavutettavia hyötyjä tuotannonohjauksen näkökulmasta ovat esimerkiksi työajan tehostuminen muun muassa raportointiin, dokumentointiin ja tiedon etsintään kulutetun ajan lyhenemisen myötä. Myös raportoinnin ja dokumentoinnin laadun katsotaan paranevan tietotekniikan avulla. Tiedon langattoman hyödyntämisen avulla pystytään puuttumaan tuotannossa esiintyviin häiriöihin ja ongelmiin tehokkaammin ja nopeammin suoraan työmaalla, minkä seurauksena rakentamisen laadun katsotaan paranevan. (Ballan & El-Diraby 2011.) Langattomalla tietotekniikalla saavutettavia hyötyjä voidaan tarkastella myös enemmän rakennusprosessin koko suorituskyvyn näkökulmasta. Tällöin saavutettavia hyötyjä tarkastellaan tuotannon ja johtamisen kolmen peruselementin kautta, Andresein (2000) esittämän mallin mukaisesti. (Andresen et al. 2000)

- Tehokkuus – ”tehdään asiat oikein”. Tehokkuus pitää sisällään sovelluksen käytöstä suoraan johtuvat hyödyt, kuten tuotannon tehostuminen, paperityön väheneminen ja henkilöstö- ja materiaaliressurssien tehokkaampi hyödyntäminen. Tehokkuuden kautta saavutettavat hyödyt ovat taloudellisesti mitattavissa.
- Toiminnallisuus – ”tehdään oikeita asioita”. Toiminnallisuus pitää sisällään sovelluksen käytöstä epäsuoraan johtuvia hyötyjä, kuten tiedonhallintaprosessin ohjattavuuden kehittymisen myötä saavutettavia hyötyjä, sekä tuotantoprosessin, että rakentamisen laadun paranemisessa. Toiminnallisuuden kautta saavutettavat hyödyt ovat osittain mitattavissa mutta eivät kuitenkaan ole taloudellisesti aina arvioitavissa.
- Suorituskyky – ”tehdään parempia asioita paremmin”. Suorituskyky pitää sisällään sovelluksen käytön seurauksena syntyviä uusia toimintamalleja ja kehitysideoita ja niistä johtuvia hyötyjä. Kehitystyö voi keskittyä esimerkiksi tuotantotoimintaan, tuoteteollisuuteen tai liiketoimintamallien ja yhteistyötä kehittämiseen. Suorituskyvyn kautta saavutettavat hyödyt eivät ole määrällisesti mitattavissa mutta niiden katsotaan kehittävä laadullisesta näkökulmasta rakennusprosessia pitkällä aikavälillä tarkasteltaessa.

Yhteenvetona voidaan nähdä, että sähköisillä tiedonhallintasovelluksilla saavutettavat hyödyt jakaantuvat karkeasti kahteen eri kategoriaan; vaikeasti mitattavissa oleviin laadullisiin ja toiminnallisiin hyötyihin, sekä määrällisesti mitattavissa oleviin hyötyihin kuten ajallisiin- ja kustannushyötyihin. Hyötyjen jaottelussa tulee kuitenkin huomioida laadullisten ja määrällisten hyötyjen vahva keskinäinen korrelaatio.



Kuva 3.4. Laadullisten ja määrällisten hyötyjen keskinäinen suhde (Sulakivi et al. 2002b, s.53)

Esimerkiksi Sulakivi ja kumppanit (2002b, s.53) ovat todenneet, että sähköisten tiedonhallintasovellusten käytön myötä rakennusprojektien johtamisessa saavutetaan suoraan laadullisia ja toiminnallisia hyötyjä. Näistä hyödyistä seuraa usein aikahyötyjä ja muita mitattavissa olevia hyötyjä jotka johtavat kustannushyötyjen saavuttamiseen, kuten kuvassa 3.4. on esitetty.

3.2.3 Sovellusten käyttömahdollisuudet ja toiminnot

Tutkittaessa sähköisten tiedonhallintasovellusten hyödyntämistä jokapäiväisessä tuotannon ohjauksessa, huomataan että sovellusten käyttö on ollut varsin kirjavaa ja sovelluksia on käytetty monissa eri työnjohtotehtävissä. Useimmiten langatonta ICT-teknologiaa on hyödynnetty yksittäisten rakennusosien sekä tehtävien tarkastamisessa ja laadunhallinnassa että suunnitelma-asiakirjojen ja piirustusten tarkastelussa ja hallinnassa työmaalla. Tämän ansioista työnjohdon on katsottu pystyvän puuttumaan ongelmiin välittömästi työmaalla, parantaen sekä rakentamisen laatua, että myös työntekijöiden motivaatiota paremman kommunikaation ansiosta. Teknologiaa on hyödynnetty paljon myös projektien etenemisen seurannassa, toteutumätiedon keruussa ja tiedonkulun tehostamisessa. Tällöin teknologian avulla on pystytty keräämään, käsittelemään ja jakamaan tietoja suoraan digitaalisessa muodossa päätöksentekoprosessia tehostaen ja reaaliaikaisista tietoa hyödyntämällä. (Kimoto et al. 2005.) Junnoson ja Kankaisen (2006) mukaan mobiiliteknologia soveltuu erinomaisesti juuri työmaan toteutumätiedon keruuseen ja tuotannonohjauksen suunnitteluun, joiden seurauksena tuotannon ohjattavuutta ja ennustettavuutta voidaan parantaa. Lisäksi sovellusten käytön ansiosta tuotannonaikaisiin poikkeamiin kyetään reagoimaan nopeammin ja siksi tuotannossa esiintyvien poikkeamien ja ongelmien vaikutuksia pystytään minimoimaan. Mobiilisovellusten katsotaan tarjoavan tehokkaan työkalun myös laadunvarmistustoimenpiteiden vakiinnuttamiseen osaksi koko tuotantoprosessia. (Junnonen & Kankainen 2006, s.507.) On siis selvää että sähköiset tiedonhallintasovellukset eivät ainoastaan tarjoa tehokasta ratkaisua tuotantotiedon, kuten suunnitelmien ja piirustusten hallintaan työmaalla vaan niitä voidaan hyödyntää myös tiedon keräämiseen työmaalla, jolloin tuotannosuunnittelun avuksi on saatavilla tarkempaa ja ajankohtaisempaa tietoa.

Näkyvimmit hyödyt sähköisen tiedonhallintasovelluksen avulla saavutetaan, kun ICT-teknologia pystytään kytkemään saumattomasti osaksi jokapäiväistä tuotannonohjausprosessia. Työnjohdolle jo ennestään tutut tiedonhallintametodit ja toimintatavat muunnetaan digitaalisessa ja langattomassa muodossa hyödynnettävään formaattiin, jonka seurauksena ICT-teknologia palvelee rakentamisprosessia eikä toisin päin. (Löfgren 2008.) Tällaista toimintamallia tukevat myös Bowdenin (2005) ja Leskinen (2006) tutkimukset sähköisen tiedonhallintasovelluksen käyttömahdollisuuksista ja toiminnoista. Löfgrenin, Bowdenin ja Leskinen tutkimusten pohjalta on taulukkoon 3.5. koottu sähköisen tiedonhallintasovellusten eri käyttömahdollisuuksia ja niiden kautta saavutettavia hyötyjä. Taulukossa 3.5. esitettyihin saavutettaviin hyötyihin tulee lisätä kaikkien toimintojen ja käyttömahdollisuuksien osalta myös tiedonkulun ja tiedonvälityksen tehostuminen. Tuotannon aikaisen informaation hallinta pystytään toteuttamaan langattomasti tiedonhallintasovelluksilla suoraan digitaalisessa muodossa ja näin ollen kootut tiedot voidaan reaaliaikaisesti välittää muiden tuotanto-organisaation tahojen käytettäväksi. (Bowden 2005.) Tämän seurauksena esimerkiksi alihankkijat voivat paremmin seurata rakennusprojektin etenemistä ja antaa tietoja työvaiheistaan tai tavarantoimituksistaan. Tällaisten, koko rakentamisen arvoketjuun tähtäävien toimintojen esteenä tai

edellytyksenä on kuitenkin kaikkien osapuolten osallistuminen sekä ICT-tekniikan kehitystoimintaan että sen käyttöön. (Matinmikko et al. 2009, s.4.)

Toiminto	Käyttötarkoitus	Saavutettavat hyödyt
Rakennustyömaan tehtävien valvonta, ohjaaminen ja suunnittelu	Rakennustyömaan tehtävien hallinta ja tuotannon häiriöihin puuttuminen, sekä toteutum tiedon keruu	<ul style="list-style-type: none"> • Tehostunut työmaan seuranta ja kattavampi raportointi • Tarkempi tuotannon suunnitelmien ja toteutuman vertailu • Ajankäytön tehostuminen
Rakennustyömaan laadunhallinta	Laadunmittaustoimintojen ja -valvontatehtävien dokumentointi ja suorittaminen	<ul style="list-style-type: none"> • Tarkempi ja tehokkaampi laadunvalvonta ja dokumentointi • Ajankäytön tehostuminen
Toimitusketjun ja työmaalogistiikan hallinta	Rakennusosatoimituksien ja materiaalien identifiointi	<ul style="list-style-type: none"> • Parempi materiaalivirtojen hallinta, sekä tehokkaampi ja tarkempi reklamointi laatupuitteisiin • Materiaalitehokkuuden paraneminen
Turvallisuuden hallinta	Rakennustyömaan TR-mittaus	<ul style="list-style-type: none"> • Turvallisuuden tarkempi monitorointi ja mittaustapahtuman läpinäkyvyyden paraneminen • Virheiden korjaamisen tarkempi seuranta ja valvonta
Prosessien hallinta ja ohjaaminen	Prosessien monitorointi, esimerkiksi muutostöiden ja suunnitelmaepäselvyyksien hallinta, sekä hankintaprosessin parantaminen	<ul style="list-style-type: none"> • Tarkempi ja ajantasaisempi tiedonhallintaprosessi, hyödyntää koko projektiorganisaatiota • Prosessien läpimenoaikojen lyheneminen

Taulukko 3.5. ICT-tekniikalla saavutettavat käyttömahdollisuudet ja hyödyt (Bowden 2005; Löfgren 2008; Leskinen 2006)

Rakennusalalla käytetyimmän Lean-työkalun, Last Planner - tuotannonohjausmenetelmän käyttöä myös voitaisiin tukea sähköisillä tiedonhallintasovelluksilla ja mobiililaitteilla. Vaikka lähtökohtaisesti Last Planner on tarkoitettu sovellettavaksi ilman minkäänlaista ITC-teknologian tarjoamaa tukea ja sen käytön pääpainon katsotaan olevan projektien osapuolten yhteistyön ja sitouttamisen kasvattamisessa, ovat Sacks (et al. 2010) ja Bowden (2005) todenneet että ICT-teknologian rinnakkainen hyödyntäminen Last Planner -menetelmän kanssa tehostaisi tuotannonohjauksen suunnittelua ja lisäisi tuotannon luotettavuutta. Nykyisin ajallisesti suurin osa viikoittain pidettävissä suunnittelupalavereissa kuluu työmaan nykytilanteen selvittämiseen eikä työmaaprosessin parantamiseen tähtääville toimille ja virheistä oppimiselle tai tuotannon uudelleen suunnittelulle jää aikaa. Bowdenin (2005) ja Sacksin (et al. 2010) mielestä mobiiliteknologia yhdistettynä sähköisiin tiedonhallintasovelluksiin tukisi loistavasti juuri toteutumattoman keruuta ja sen prosessointia. Tämän ansiosta Last Plannerin mukaisissa suunnitelmapalavereissa pystyttäisiin keskittymään tuotannon kannalta oleellisiin asioihin, kuten työmaatilanteen mukaisten viikkoaikataulujen tekemiseen ja tehtävien aloitusedellytyksien ja keskinäisten riippuvuuksien selvittämiseen. Sacksin ja Bowdenin näkemyksiä tarkasteltaessa tulee kuitenkin muistaa että mobiililaitteet ja sähköiset tiedonhallintasovellukset ovat vain työkaluja joiden tarkoituksena on tehostaa työnjohdon ajankäyttöä ja ne eivät yksinään voi korjata muutoin epäonnistuneesti johdettua projektia.

Yhteenvetona sähköisistä tiedonhallintasovelluksista ja niiden käyttömahdollisuuksista tuotannonohjauksessa voidaan todeta Löfgreniä (2006) mukailleen sekä kuvan 3.5. pohjalta, että langattoman ICT-teknologian voidaan olettaa parantavan ja tukevan esisijaisesti seuraavia kolmea eri tuotannonohjauksen osa-aluetta:

- Parantaa työmaan tuotannon ohjaamista ja valvontaa hyödyntämällä olemassa olevia tiedonhallintatyökaluja langattomasti. Tavoitteena vähentää tehotoman työn osuutta ja näin tehostaa sekä henkilö- että materiaaliressurssien hyödyntämistä, ja tehdä tuotannon suunnittelusta sekä koordinoinnista joustavampaa.
- Tehostaa reaaliaikaista riskien hallintaa ja tuotannon häiriöiden syiden selvittämistä hyödyntämällä teknologian tarjoamia parempia kommunikointi- ja tiedonvälitystyökaluja. Tavoitteena on muovata tiedonkulkua ja projektiorganisaation yhteistyötä.
- Parantaa työmaan toimihenkilöiden henkilöstöjohtamista mahdollistamalla toimihenkilöiden osallistumisen tuotantotapahtumaan. Langattomien tiedonhallintasovellusten ansiosta toimienhenkilöt pystyvät tekemään tuotannon valvonnasta ja ohjaamisesta jatkuvaa.

Vertaamalla Löfgrenin (2006) esittämiä tuotannonohjauksen osa-alueita joita ICT-teknologialla voitaisiin parantaa ja tutkimuksen kohdassa 2.1.2 esitettyjä tuotannonohjauksen haasteita, voidaan nähdä että tuotannonohjauksen toimintojen standardoiminen

on yksi keskeinen asia johon mobiiliteknologian käytöllä tulisi pyrkiä. Standardoinnin avulla voitaisiin luoda esimerkiksi pohja yhdelle Likerin (2006) esittelemälle Toyota Production Systemsin periaatteelle; jatkuvalle parantamiselle ja oppimiselle.

3.2.4 Sovellusten hyödyntäminen yritys- ja teollisuustasolla

Taulukosta 3.5. nähdään että suurin osa toiminnoista kytkeytyy tuotannonohjauksessa viikoittain tai päivittäin toistuviin tehtäviin, kuten toteutumätiedon keruuseen ja mittaus-toimintaan. Matinmikon ja kumppaneiden (2009, s.39) mukaan kuitenkin tällaisten rutiininomaisesti toteutettavien tehtävien suorittaminen mobiiliteknologiaa hyödyntämällä ei tuo merkittäviä strategisia etuja rakennusyrityksille. Matinmikon ja kumppaneiden (2009, s.39) esille tuoma näkökulma on kuitenkin vahvasti ristiriitainen jos tavoitteena on tehdä päätöksiä pitkän tähtäimen filosofian pohjalta. Vaikka rakentamista luonnehditaan projektiliiketoiminnaksi, hyödynnetään samoja taulukossa 3.5. esitetyjä toimintoja ja menettelyjä projektista toiseen. Standardoimalla nämä prosessinomaiset menettelytavat ja toimintamallit voidaan niitä alkaa kehittämään määrätietoisesti. Standardoinnin kehittämistoiminnan avulla taas voidaan saavuttaa merkittävää liiketoiminnallista hyötyä pitkällä aikavälillä tarkasteltuna ja mobiiliteknologian katsotaan olevan tehokas työväline juuri toimintamallien standardoimisessa. (Bowden 2005; Sacks et al. 2010.)

Toisena yritystason tiedonhallintaa koskevana sähköisten tiedonhallintasovellusten käyttömahdollisuutena pidetään tietämyksen hallinnan (Knowledge management) järkevää ja toimivaa organisointia. Rakennusalalla on yleisesti tunnustettu että rakennusyritysten henkilöstön tietopääomaa ja innovatiivisuutta ei kyetä hyödyntämään parhaalla mahdollisella tavalla, vaikka sen tiedetään olevan elintärkeätä niin yksittäisille rakennusliikkeille kuin myös koko alalle. (Bowden 2005, s.119.) Rakennusliikkeissä piilevä tietotaito ja osaaminen nähdään henkilösidonlaisena ja kokemusperäisenä ja vaikeasti siirrettävänä hiljaisena tietoa. Lisäksi projekteissa hyväksi havaittujen toimintatapojen siirto yrityksen eri yksiköiden välillä on totuttu alalla näkemään hankalana asiana toteuttaa. (Junnonen & Kankainen, 2006, s.509.)

Yli projektirajojen ulottuvan toiminnan kehittämisen katsotaan olevan vahvasti sidoksissa tiedonhallintaan ja kykyyn analysoida projekteissa kerättyjä tietoja. Perinteisesti rakennusprojekteissa syntyvää tietoa on tallennettu Akincin (et al. 2002) mukaan lähinnä papereille ja arkistoitu useaan eri paikkaan tai jätetty arkistoimatta. Paperisen tai dokumentoimattoman tiedonhallintaprosessin seurauksena projekteissa kerättyä tietoa ei ole voitu hyödyntää rakennustoiminnan analysoinnissa eikä jatkokehittämisessä. Sähköinen tiedonhallinta tarjoaa kuitenkin oivallisen ja tarpeeksi helpon työkalun tähän tarkoitukseen, sillä sen avulla parhaat kehitysehdotukset ja toimintamallit pystytään tehokkaasti tallentamaan, analysoimaan ja siirtämään yli yksikkörajojen. Tätä kautta pystytään luomaan edellytykset jatkuvalle oppimiselle ja kehittämään rakennusalaa niin projektitasolla kuin myös yritystasolla. (Bowden 2005, s.119.)

Liiketoiminnallisen tiedonhallinnan näkökulmasta katsottuna mobiiliteknologian avulla pystytään projekteissa saatavaa tuotantoteknistä tietoa tai tietämystä jakamaan oikea-aikaisesti läpi yrityksen projektien. Lisäksi mobiilisti hallittavaa tietämystä pystytään päämääräisesti tuottamaan ja tallentamaan sekä käyttämään päätöksenteon tukena. Tämän seurauksena tuotannonohjauksessa tarvittavaa tuotantotietoa pystytään jalostamaan liiketoimintaa tukevaksi ymmärrykseksi, jolla taas katsotaan olevan merkitystä myös yrityksen kilpailukyvyn kannalta. (Vuori et al. 2008.)

3.3 Haasteet ICT-tekniikan käyttöönotossa

Vaikka kehittyneen tekniikan avulla saavutettavat hyödyt tuotannonohjauksessa ovat sekä selkeästi nähtävissä että myös helposti kopioitavissa projektista toiseen, kohdataan alalla kuitenkin useita haasteita ja esteitä mobiiliteknologian laaja-alaiselle käytölle. Mobiiliteknologian implementoinnin haasteita tarkasteltaessa nähdään, että ne ovat hyvin pitkälti samoja, joihin törmätään rakennusalaan yleisestikin tietotekniikan käyttöönoton kanssa. (Bowden 2005, s.41.)

3.3.1 Tekniikan hyödyntämisen haasteet alalla yleisesti

Rakennusteollisuus on yleisesti nähty haastavana ympäristönä uuden tieto- ja viestintätekniikan käyttöönoton ja kehittämisen kannalta. Syitä tähän implementoinnin haastavuuteen on useita ja ongelmia esiintyykin niin projekti-, yritys- kuin myös teollisuustasolla. Käyttöönoton haasteita ovat esimerkiksi (Ruwanpura et al. 2012.):

Teollisuustaso

- Pienet tuottomarginaalit
- Alan syklistyys ja siitä johtuva työmäärän vaihtelevuus
- Alan pirstaleisuus, vähän yhteistyötä
- Huono tietämys tekniikan tarjoamista mahdollisuuksista

Yritystaso

- Strategisen tekniikakehitystoiminnan puuttuminen yritystasolla
- Puutteet mitata tekniikkaan sijoitetun pääoman tuottoa
- Haluttomuus investoida tutkimus- ja kehitystoimintaan
- Konservatiivinen toimintaympäristö

Projektitaso

- Kyvyttömyys hyödyntää tekniikkaa
- Projektien tiukat aikarajat

- Rajalliset resurssit investoida teknologiaan
- Turvallisuus- ja luottamusnäkökulmat tiedonhallinnassa

Implementoinnin haasteiden seurauksena rakennusalan ICT-tekniikan kehitystoiminta on hajanaista ja sitä toteutetaan erillään muusta liiketoiminnan kehittämisestä. Näin olleen teknologiakehityksen tavoitteet ovat ristiriidassa verrattuna muuhun rakennusalan kehitystoimintaan. Lisäksi selkeän strategian puuttuminen kehitystoiminnasta yhdistettynä rajallisiin investointiresursseihin näkyy alalla rinnakkain käytettävien tietotekniikka-sovellusten suuressa lukumäärässä ja jatkuvina ongelmina ohjelmien ja sovellusten yhteen toimivuuden kanssa. (Stewart 2004, Ruwanpura et al. mukaan 2012, s.54.)

Kehitystoimintaa ja siten teknologian käyttöönottoa rakentamisessa vaikeuttavat myös selkeiden toiminta- ja hankintamallien puuttuminen alalta. Selkeitä rooleja ei ole muodostunut ja kehitystoimintaa hoidetaan sekä rakennusteollisuus- että teknologiateollisuusvetoisesti ilman yhteistyötä. Tutkittaessa sähköisten tiedonhallintasovellusten käyttöominaisuuksia tuotannonohjauksessa törmätäänkin usein Matinmikon ja kumppaneiden (2009) mukaan teknologiaa tarjoavien ja sovelluksia hyödyntävien yritysten välille syntyneeseen kuiluun. Teknologian tarjoajat eli palveluiden kehittäjät tuntevat hyvin uuden ja kehittyneen teknologian tarjoamat mahdollisuudet mutta eivät osaa tunnistaa tai eivät tiedä rakennusalan vaatimuksia. Sama ongelma heijastuu myös vastakkaiseen suuntaan ja rakennusalalla ei osata tunnistaa uuden teknologian mukaan tuomia mahdollisuuksia, vaikka alan ongelmat tunnistetaankin. (Matinmikko et al. 2009.) Yritystasolla kehitystoiminnassa tulisi samalla kuitenkin ottaa huomioon myös riskien positiiviset mahdollisuudet. Kanerva ja Haapasalo (2005) ovat todenneet että ne rakennusyritykset jotka kykenevät hyödyntämään kehittyvää ICT-tekniikkaa nopeimmin liiketoiminnassaan, saavuttavat useimmiten parhaimman kilpailuedun markkinoilla, sillä ”*Suurimmassa haasteissa piilevät suurimmat potentiaalit*” (Kanerva & Haapasalo 2005, s. 15)

Selkeästi tuotannonohjauksen ja työmaaprosessin asettamia haasteita teknologian tehokkaammalle hyödyntämiselle on myös useita. Useimmat niistä liittyvät rakennustyömaan haastavan tuotantoympäristön asettamiin teknisiin vaatimuksiin, jotka koskevat lähinnä laitteita ja sovellusten käytettävyyttä. Laitteiden tulee kestää vaihtelevia sääoloja, niitä on pystyttävä käyttämään suojavälineissä ja lisäksi laitteen akun tulisi kestää vähintään täyden työpäivän ajan. (Kimoto 2005, s.501.) Toinen suuri haaste teknologian hyödyntämiselle on laitteiden ja sovellusten loppukäyttäjän mahdollinen muutosvastarinta, joka voi johtua laitteiden ja sovellusten käytön hankaluudesta tai yleisestä osamattomuudesta käyttää tietotekniikkaa (Löfgren 2008). ITC-tekniikan laajamittaisemman hyödyntämisen onkin katsottu asettavan haasteita työmaan toimihenkilöiden osaamisvaatimuksille ja lisäävän perinteisistä toimintatavoista poisoppimisen merkitystä (Junnonen & Kankainen 2006). Myös laitteiden loppukäyttäjien eli tässä tapauksessa työmaan toimihenkilöiden näkemykset ICT-tekniikalla saavutettavista hyödyistä vaikuttavat suuresti muutosvastarintaan käyttöönottoprosessissa sekä sovellusten että

laitteiden myöhemmässä hyödyntämisessä. Mikäli teknologian loppukäyttäjät eivät itse näe teknologian hyödyntävän heidän jokapäiväisiä työnjohtotehtäviään, eivät he tule käyttämään sitä. (Löfgren 2008.)

3.3.2 Lean-ajattelun mukainen lähestymistapa implementoinnissa

ICT-teknologian kehittämisessä ja käyttöönotossa rakennusalalla keskitytään Dave (et al. 2008) mukaan liikaa epäoleellisten kysymyksien ja ongelmien ratkaisemiseen, jolloin koko prosessin hyötynäkökulma sumentuu. Kehitystoiminnassa ei myöskään muisteta pitää mielessä yritysraakenteen runkoa, ihmisiä, teknologiaa, prosesseja ja niiden tasapainoa. Kuvassa 3.6. on esitetty kuinka ICT-teknologian kehittäminen tulisi järjestää Koskelan esittelemän integroidun TFV-näkökulman mukaan. (Dave et al. 2008.)

	Transformaatio-näkökulma	Flow-näkökulma	Value-näkökulma
Prosessit	<ul style="list-style-type: none"> Syötteiden muuttamista tulosteiksi, tehtävä kerrallaan 	<ul style="list-style-type: none"> Pääpaino hukan vähentämisessä, lisäämällä luotettavuutta ja joustavuutta, sekä avoimuutta 	<ul style="list-style-type: none"> Arvon lisääminen Flow-näkökulmaan
Ihmiset	<ul style="list-style-type: none"> Linja-organisaatorakenne, jossa toiminnalliset yksiköt erotettu toisistaan 	<ul style="list-style-type: none"> Organisaatorakenne koottu tiimeittäin, joka palvelee paremmin koko prosessia 	<ul style="list-style-type: none"> Flow-näkökulman mukainen organisaatorakenne, jonka fokuksessa on asiakas
ICT-teknologia	<ul style="list-style-type: none"> ICT-teknologia itsessään hyödyntää tuotantoa. Paljon rajapintoja sovelluksien välillä 	<ul style="list-style-type: none"> ICT-teknologia lisää avoimuutta, mutta lisää vaihtelua, kun koko prosessia ei huomioida 	<ul style="list-style-type: none"> Pääpaino tietovirtaprosessissa ja projektin vaatimuksissa, sekä käytettävien järjestelmien integraatiossa

Kuva 3.6. Yritysraakenne integroidun TFV-näkökulman mukaan (Dave et al. 2008, s.799)

Uuden teknologian kehitystoiminnassa ja implementoinnissa rakennusalalle varsinkin tuotannon johtamisesta vastaavien toimihenkilöiden toimenkuvan huomioimien on erittäin tärkeässä roolissa. Löfgren (2008) on väitöskirjassaan esittänytkin pilotointihankkeen, jossa teknologian implementoinnista ja kehittämisestä vastanneet tahot toimivat rinnakkain teknologian pääkäyttäjien kanssa. Tällaisen toimintamallin ansioista teknologian kehittämisessä pystyttiin huomioimaan tuotannonohjauksen henkilösidonnaisen johtamisen merkitys, koko rakennusprosessin keskeiset hyötynäkökulmat sekä ICT-teknologian mahdollisimman kattava ja tehokas hyödyntäminen prosessien tehostamisessa. (Löfgren 2008.) Tämänkaltaisen alhaalta ylöspäin etenevän kehitystoiminnan

voidaan nähdä myös mukailevan Toyotan tuotannonohjausjärjestelmässäkin esitettyä Kaizenia eli jatkuvan parantamisen mallia. Kaizenissa kehityksen katsotaan etenevän ruohonjuuritasolta ylöspäin ja se perustuu koko yrityksen henkilöstön aktiiviseen osallistumiseen. (Liker 2006.)

Uuden teknologian kuten esimerkiksi langattomasti hyödynnettävien tiedonhallinta-sovellusten ja tablet-tietokoneiden kehitysprosessit tulisikin kenties toteuttaa rakennus-alalla enemmän Lean-ajattelua mukaillen. Yritys- ja projektitasolla Likerin (2006) mukaan tämä tarkoittaisi uuden ICT-teknologian täsmällisempää testaamis- ja arviointiprosessia ennen laaja-alaista käyttöönottoa. Testaamisvaiheen avulla saataisiin konkreettisesti varmistettua, että teknologia tai sovellustyökalu tuottaa varmasti lisäarvoa ja soveltuu saumattomasti jo olemassa olevaan yrityksen tuotantoprosessiin. Perusteellisen testausvaiheen katsotaan myös pehmentävän teknologian käyttöönottovaihetta ja Likerin (2006) mukaan esimerkiksi Toyotalla uusi teknologia otetaan käyttöön lähes aina ilman muutosvastarintaa. Liker huomauttaa myös, että on eri asia puhua käyttöönotetuista ICT-sovelluksista ja tuotantoa todella tukevista ICT-sovelluksista. (Liker 2006.) ICT-teknologian implementoinnissa rakennusosalalle tulisi muistaa myös Toyotan tuotantoteorian pitkän tähtäimen filosofia; päätöksiä on pystyttävä tekemään pitkän tähtäimen filosofian pohjalta myös lyhyen tähtäimen taloudellisen tavoitteiden kustannuksilla. Projektiluonteisessa rakennusliiketoiminnassa tämä koetaankin usein hankalaksi näkökulmaksi ottaa huomioon.

3.3.3 Teknologian mukanaan tuomat ongelmat

Arvioitaessa sähköisen ja langattoman tiedonhallinnan avulla saavutettavia hyötyjä, tulee samalla myös tutkia mahdollisia ongelmia, joita sovellusten käyttöönoton myötä voi syntyä. Suurimpana yksittäisenä ongelmana nähdään hankkeessa liikkuvan informaation eli tietovirran kasvaminen. Eräissä tutkimuksissa on jopa esitetty, että työmaa-prosessi itse asiassa hidastuu langattomien mobiilisovellusten, kuten tablet-tietokoneiden ja sähköpostin käytön myötä. Tutkimuksen mukaan suuri osa teknologian avulla tuotetusta ja välitetystä tiedosta on joko turhaa tuotantoprosessin johtamisen kannalta tai sitten sen suodattamiseen, ymmärtämiseen ja käyttöön tuotannonohjauksen ja -suunnittelun tukena kuluu liikaa aikaa verrattuna teknologialla saavutettaviin hyötyihin. (Ballan & El-Diraby 2011, s.759.) Toisena vakavana ongelmana teknologian hyödyntämisessä pidetään uuden toimijan eli ASP-palvelun tarjoajan mukaan tulemistä jo ennestään kompleksiseen rakentamisen toimijakenttään (Junnonen & Kankainen 2006).

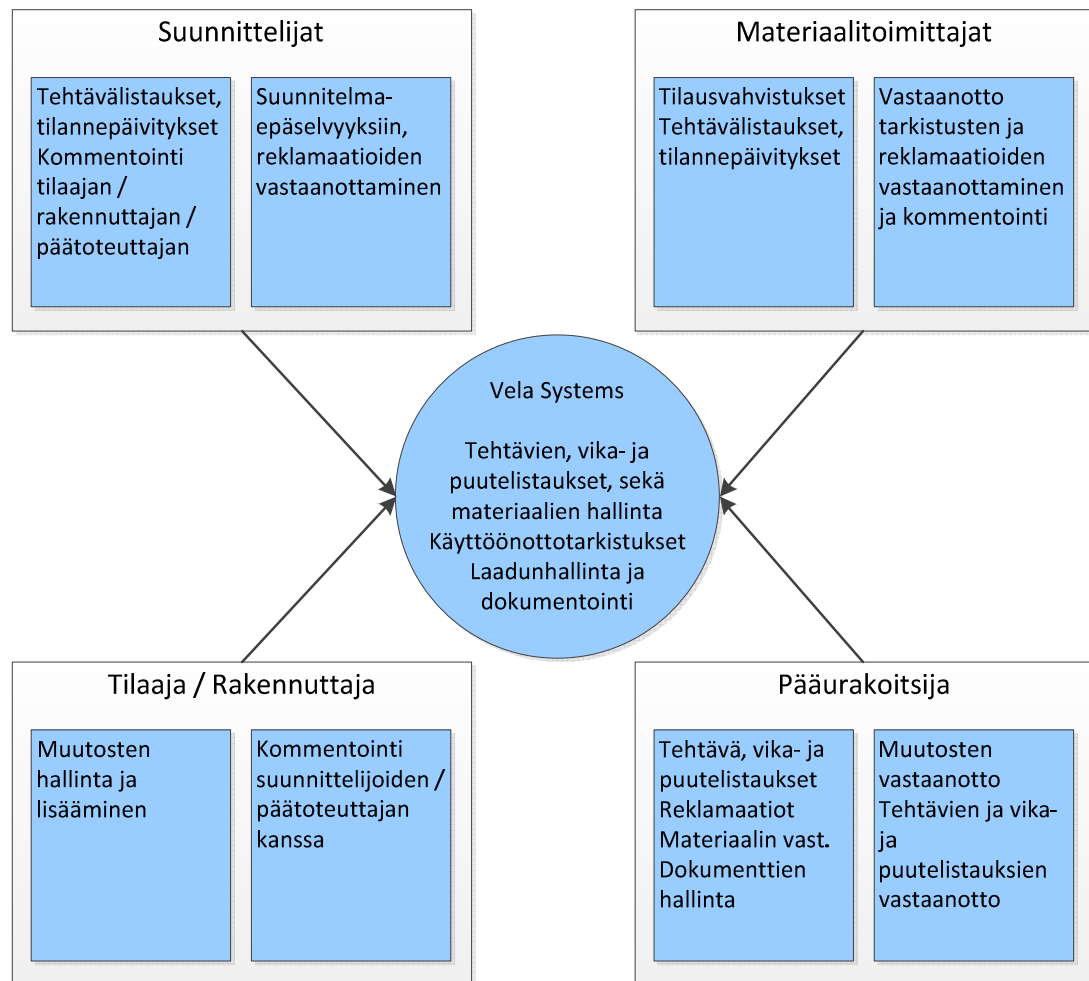
4 SÄHKÖINEN TIEDONHAL-LINTASOVELLUS VELA SYSTEMS

Rakennustyömaan johtamiseen ja sen hallinnan tehostamiseen suunnattuja sähköisiä tiedonhallintasovelluksia on markkinoilla useita. Vaikka tutkimuksen tarkoituksena on tutkia sähköisten tiedonhallintasovellusten käytön mukanaan tuoman toimintamallin vaikutuksia tuotannonohjauksen näkökulmassa, tarkastellaan tutkimuksen tässä luvussa yhtä markkinoilla olevaa tiedonhallintasovellusta. Sovelluksen käyttöomaisuuksia tarkastellaan vahvasti sovelluksen kehittäneen tahon tietojen pohjalta, joten niihin tulee suhtautua kriittisesti. Sovelluksen käyttökokemukset ja käytön mukanaan tuomat hyödyt pohjautuvat Skanska-konsernissa aiemmin toteutettuihin hankkeisiin ja niistä kerättyihin tuloksiin.

4.1 Sovelluksen tausta

Tutkimuksen kohdetyömailla käytössä ollut sähköinen tiedonhallinta sovellus on Vela Field Management Software (Vela Systems) ja sen kehittämisestä ovat vastanneet kaksi yhdysvaltalaista tutkimuslaitosta MIT Center for Real Estate ja Harvard Graduate School Design. Vela Systemsin tarkoituksena on sovelluksen kehittäneiden organisaatioiden mukaan mullistaa rakennusala muuttamalla johtamistoimintaa ja -käytäntöä työmaalla.

Sovelluksen kehittäjien mukaan alan mullistaminen toteutetaan yhdistämällä mobiiliteknologia työmaalla tapahtuvaan tiedonhallintaan ja tuotannon ohjaamiseen. Mobiiliympäristössä langattomasti ASP-sovelluksena käytettävä Vela Systems, yhdistettynä matkapuhelimeen, kannettavaan tietokoneeseen tai tablet-tietokoneeseen mahdollistaa suunnitelma-asiakirjojen, vika- ja puutelistojen, laadunvarmistustoimenpiteiden ja -dokumenttien, sekä materiaalien ja logistiikan hallinnan suoraan työmaalla. Myös tietomallien ja tuotetietomallien hyödyntäminen työmaalla onnistuu Vela Systems -sovelluksen avulla. Vela-sovelluksen avulla rakennushankkeen eri osapuolet pystyvät lisäämään, jakamaan ja kommentoimaan hankkeeseen liittyvää informaatiota ja dokumentteja vaivattomasti olinpaikastaan riippumatta keskitetyn tietovaraston kautta, kuvan 4.1. mukaisesti. Tietovaraston käyttö edellyttää ainoastaan internet-yhteyttä ja käyttäjätunnuksia. (Vela Systems.)



Kuva 4.1. Tietovirrat ja tietosisällöt Vela Systemsin avulla (Vaughan & Senner 2011)

Palvelun tarjoajan mukaan tällainen innovatiivinen ja paperiton tiedonhallinta vähentää rakennusprojekteissa raportointiin ja dokumentointiin kuluvaan hukka-aikaa, sekä tarjoaa tehokkaan työkalun hankkeiden reaaliaikaiseen johtamiseen. Edellä mainittujen ominaisuuksien ansiosta sovelluksen väitettään parantavan projektien kannattavuutta, laatua sekä turvallisuutta. (Vela Systems.)

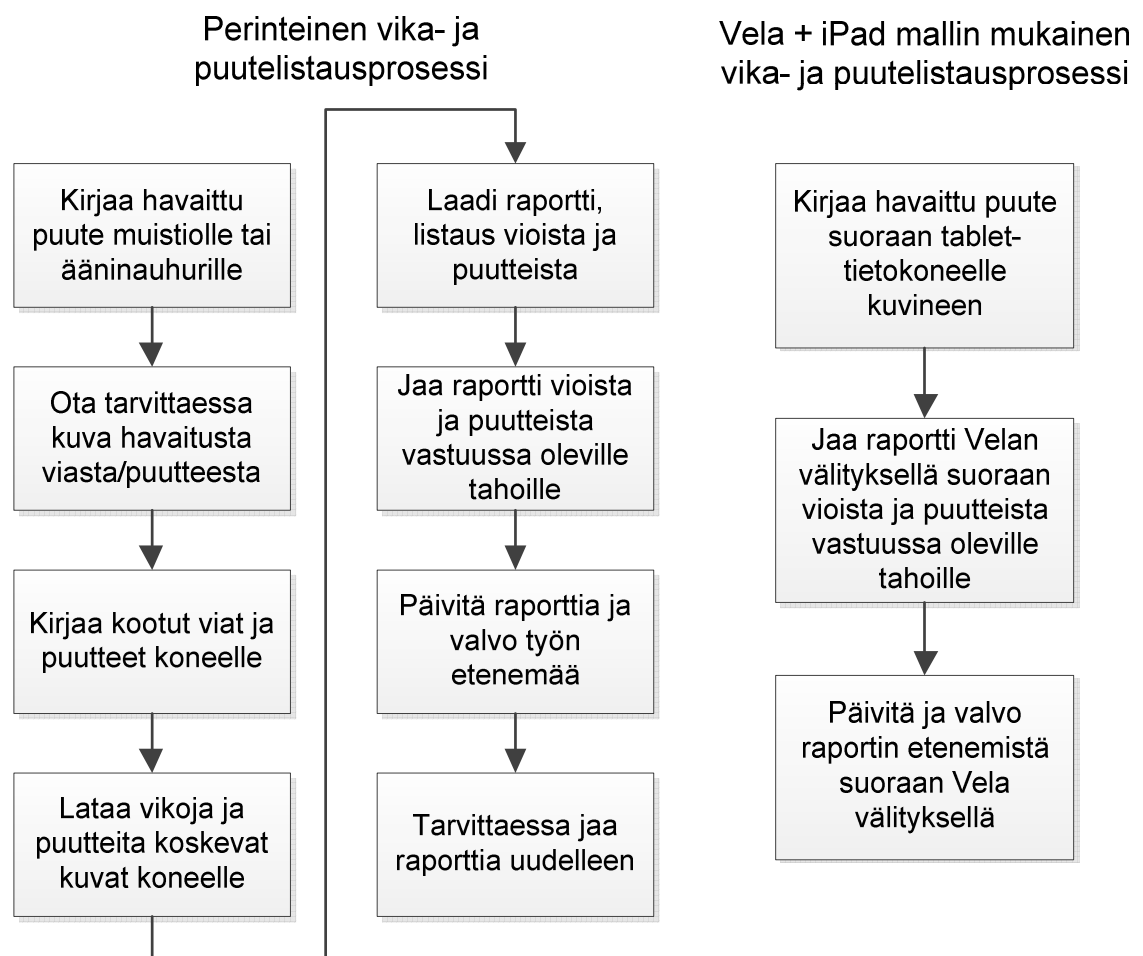
4.2 Sovelluksen hyödyntäminen

Vela Systems sovellusta on hyödynnetty tuotannonohjauksessa Skanska-konsernin lukuisissa hankkeissa positiivisin lopputuloksin. Sovelluksen ominaisuuksien hyödyntämisen taso on vaihdellut suuresti eri hankkeiden välillä. Useimmiten Vela Systemsiä on hyödynnetty vain vika- ja puutelistojen hallinnassa ja suunnitelma-asiakirjojen tarkastelussa työmaalla. Sovelluksen kehittyneempään hyödyntämistä, kuten sovelluksen käyttöä materiaalivirtojen hallinnassa ja laatudokumentoinnissa on kuitenkin tutkittu.

4.2.1 Sovelluksen hyödyntäminen dokumenttien hallinnassa

Vela Systems sovelluksen hyödyntämistä vika- ja puutelistojen ja suunnitelma-asiakirjojen tiedonhallinnassa on tutkittu muun muassa Skanskan Sverigen Bassängka-

jenin toimistohankkeessa sekä Skanskan Norgen Statoil-Fornebu hankkeessa. Sovelluksen käytön tavoitteena oli tehostaa hankkeiden tiedonhallintaa ja tuotannonohjausta vähentämällä luovutusvaiheessa tehtävien vika- ja puutelistojen tekoon kulutettavaa aikaa, sekä vähentämällä epäselvyyksiä vika- ja puutelistojen tulkitsemisessa. (Pirolli 2011; Arakere 2011) Bassängkajenin hankkeessa sovelluksen avulla hallittiin niin hankkeen pääurakoitsijan kuin myös kohteen rakennuttajan edustajan tekemiä vika- ja puutelistoja (Pirolli 2011). Bassängkajenin toimistohankkeessa sovelluksen käytöllä saavutettiin sille asetetut odotukset. Esimerkiksi tilaajan tekemä yksittäinen vika- ja puutelistausprosessi lyheni kahdesta päivästä yhteen päivään sähköisen tiedonhallinnan myötä. Ajallinen lyheneminen oli seurausta ylimääräisten välivaiheiden poistumisesta prosessista. Prosessin lyheneminen on esitetty kuvassa 4.2.



Kuva 4.2. Perinteisen vika- ja puutelistausprosessin, sekä Velan käytön mahdollistaman prosessin eri vaiheet. (Pirolli 2011)

Hankkeen aikana havaitut puutteet ja viat ajettiin päivittäin Vela Systemsin pilvipalvelimelle, josta tieto oli välittömästi hankkeen eri osapuolien käytettävissä. Myös epäselvyydet vikojen ja puutteiden korjaamisessa vähenivät, kun aliurakoitsijat saivat huomattavasti tarkempaa tietoa puutteista perinteisen paperilistauksen sijaan. Skanska Sverigen hankkeessa Vela Systems implementoinnista vastannut Pirolli toteaa (2011), että Bas-

sängkajenin projektin kaltaisessa multi-kulttuurisessa toimintaympäristössä Vela Systemsin mahdollistama reaaliaikainen ja englanninkielinen informaatio paransi koko projektin laatua sekä tuottavuutta. (Pirolli 2011.) Norjassa, Statoil-Fornebu projektissa Vela Systems käyttöönnotosta vastannut Arakere (2011) taas näkee sovelluksen käytön suurimpana etuna työmaan tiedonhallintaprosessin hoikkenemisen. Projektissa syntyvä tieto tallennetaan vain kertaalleen yhden henkilön toimesta yhteen selkeään muotoon, lukuisien Excel-tiedostojen ja sähköpostien sijaan. Lisäksi tieto on tarkempaa ja luotettavampaa sekä välittömästi hankkeen muiden osapuolien hyödynnettävissä. (Arakere 2011.)

4.2.2 Sovelluksen edistyneempi hyödyntäminen

Vela sovelluksen kehittyneempää ja monipuolisempaa käyttöä on kokeiltu ja tutkittu esimerkiksi Skanska USA Buildingin toimesta James B. Huntin kirjastohankkeessa. Sovellusta hyödynnettiin työmaan materiaalivirtojen seurannassa ja hallinnassa sekä tavarantoimitusten vastaanottotarkistuksissa. Vela Systemsin avulla hankkeessa hallittiin myös vika- ja puutelistauksia ja laatudokumentointia. (Vaughan & Senner 2011.) Lisäksi hankkeen aikana tutkittiin sekä mobiiliteknologian että Vela sovelluksen käytön vaikutusta työnjohdon toimenkuvaan mittaamalla sovelluksen käytöllä saavutettavia taloudellisia hyötyjä. (Vaughan 2011).

Materiaalivirtojen hallinnassa Vela Systems sovellusta käytettiin yhdessä tietomallien ja RFID-tunnistimien kanssa yksilöityjen julkisivupaneelien toimituksetjun seurannassa. Paneelien valmistusta ja toimitusta voitiin näin valvoa ja ohjata työmaalta käsin visuaalisesti reaaliajassa, mikä mahdollisti työnjohdon puuttumisen toimitus- ja logistiikkahäiriöihin ja niiden mahdolliset vaikutukset työmaalla pystyttiin estämään. Järjestelmä mahdollisti siis toimivan tavan hallita paneelien asennustyön virtausta. Materiaalien hallintaa ja asennustyön etenemistä seurattiin hankkeessa myös oviaasennuksen osalta. Rakennusprojektin edellisessä vaiheessa oviaasennuksen yhteydessä oli havaittu lukuisia häiriöitä liittyen muun muassa suureen materiaalihävikkiin ja siitä johtuneeseen huonoon tuotantonopeuteen. Vela sovelluksella ja oviin asennettujen viivakoodien avulla pystyttiin: (Vaughan & Senner 2011.):

- valvomaan asennustyön etenemistä
- pitämään tarkkaa kirjaa asennustyössä ilmenevistä ongelmista
- tarkkailemaan materiaalivirtoja, joita olivat työmaalle saapuneet ovimateriaali, välivarastoitu ovimateriaali ja asennettu ovimateriaali

James B. Huntin kirjastohankkeen aikana toteutettujen tutkimusten johtopäätökset sovelluksen vaikutuksista työnjohdon toimenkuvaan olivat samassa linjassa sovelluksen kehittäneen Vela Systemsin väittämien kanssa. Sovelluksen käytön myötä työnjohtajien toiminnan katsottiin tehostuneen ja Vela sovelluksen ja tablet-tietokoneiden yhteiskäytöllä säästettiin viikoittain keskimäärin noin yhdeksän tuntia työaikaa. Tämä näkyi lähinnä työnjohtajien ylitöiden vähenemisenä sillä vain puolitoista tuntia säästetystä työajasta pystyttiin uudelleen investoimaan projektin johtamiseen. Työajan käytön paran-

nuttua dokumentoinnin, raportoinnin ja kommunikoinnin tehostumisen myötä työnjohdolle jäi enemmän aikaa varsinaiseen rakennusprosessin ohjaamiseen ja tuotannon suunnitteluun, jonka Vaughan näki tutkimuksessaan tuottavan lisäarvoa asiakkaalle. Työnjohdon ajankäytön tehostumiseen vaikutti myös tiedon hallittavuuden paraneminen, sillä Vela Systemsin ansioista tieto oli aina saatavilla siellä missä sitä tarvittiin. Tämän ansioista tuotannon ongelmiin ja häiriöihin pystyttiin reagoimaan paremmin ja tuotannon tuottavuuden katsottiin kohentuneen kuuden kuukauden tarkkailujakson aikana yhteensä 11.9 % verrattuna ajanjaksoon ennen Vela sovelluksen käyttöönottoa. Tuottavuuden kohentuminen oli Vaughanin (2011) mielestä seurausta työnjohdon ja työntekijöiden välisen kommunikaation ja tietovirran parantumisesta (Vaughan 2011). Vela Systemsin käytön voidaankin siis katsoa vaikuttavan suorasti ja epäsuorasti tuotannon ohjaamiseen ja siten myös projektin lopputulokseen. Taloudellinen tarkastelu James B. Huntin hankkeessa suoritettiin Vela sovellukselle ja tablet-tietokoneille laskemalla niiden investoinnin tuotto prosentti ROI kaavan 1 mukaisesti.

$$ROI = \frac{\text{Voitot [€]}}{\text{Investointikulut [€]}} \times 100$$

Laskennassa voitot koostuivat säästyneiden työtuntien avulla saavutetuista palkkasäästöistä. Investointikustannukset koostuivat taas laiteiden ja sovellusten hankinta- ja vuokrauskustannuksista sekä käytön aikaisista tuki- ja koulutuskustannuksista. Investoinnin tuotto prosentiksi laskettiin 112 %.(Vaughan 2011,s. 56.)

5 TUTKIMUSAINEISTON TARKASTELU

Tässä luvussa esitetään miten sähköiset tiedonhallintasovellukset ja niiden käytön mahdollistama toimintamalli vaikuttivat tuotannonohjaukseen ja siten työmaaprosessin johtamiseen käytännön tasolla tutkittavana olleissa Skanska Talonrakennus Oy:n case-kohteissa. Luvussa esitettävät sovelluksen vaikutukset ja tutkimustulokset perustuvat tutkimuksessa teemahaastatteluilla koottuun tutkimusaineistoon.

Teemahaastatteluilla koottua tutkimusmateriaalia analysoidaan luvussa jaoteltuna kolmeen eri teemaan. Käytettyjen teemojen muodostamisessa hyödynnettiin sekä alkuperäisiä liitteessä 2. esitettyjä haastatteluteemoja että haastatteluissa esille nousseita teemoja. Tutkimuksen kannalta keskeisimmiksi ja parhaiten koko haastattelumateriaalia kuvaaviksi teemoiksi valikoituivat seuraavat aihealueet:

- Mobiilisovelluksen vaikutukset tuotannonohjaukseen ja -suunnitteluun
- Tuotannonohjauksen ja -suunnittelun haasteet
- Mobiilisovelluksen laajamittaisempi hyödyntäminen tuotannonohjauksen tukena

5.1 Mobiilisovelluksen vaikutukset tuotannonohjaukseen ja -suunnitteluun

Keskeisimmäksi teemaksi haastatteluiden ja tutkimuksen tavoitteiden perusteella nousi mobiilisovelluksen käyttö tuotannonohjauksessa ja -suunnittelussa. Mobiilisovelluksen käyttö oli haastatteluiden perusteella molemmissa case-kohteissa päivittäistä ja jatkuvaa ja työnjohtajat käyttivät sitä pääsääntöisesti suunnitelma-asiakirjojen hallintaan työmaalla. Vika- ja puutelistojen laadinnasta ja niissä esitettyjen vaateiden hallinnasta vastasi yksi työnjohtaja sekä Manskun Rastin että Paasitornin hankkeessa. Sovelluksen käytön vaikutuksia onkin tarkasteltu tässä jaoteltuina saavutettuihin hyötyihin erikseen suunnitelmien ja piirustuksien hallinnassa, sekä vika- ja puutelistauksien hallinnassa.

Case-työmailla hyödynnettiin mobiilisovellusta myös muissa toiminnoissa, kuten muun muassa aikataulujen seurannassa, katselmuksissa ja suunnitelmapalavereissa. Aikataulujen seurannassa mobiilisovelluksen avulla tarkkailtiin tehtävien edistymistä sovellukseen ladattujen viikko- ja rakentamisvaihe aikataulujen pohjalta. Toteutumätiedon keruusta tai siihen rinnastettavasta aikataulujen valvonnasta toiminnassa ei ollut kyse. Katselmuksissa ja suunnitelmapalavereissa sovellusta hyödynnettiin suunnitelmien seilaamisessa tietovarastona.

Teemahaastatteluissa ei noussut esille minkäänlaisia mobiilisovelluksesta tai sen mukanaan tuomasta toimintamallista johtuvia negatiivisia vaikutuksia tuotannonohjaukseen eikä tuotannonohjauksen ydintoimintojen katsottu häiriintyneen mobiilisovelluksen käytön seurauksena. Haastatteluissa sovelluksen käytön ei myöskään nähty rasittavan työnjohtoa, vaikka case-kohteissa pilotoitu ja käytetty mobiilisovellus voidaan nähdä uutena ja irrallisen tiedonhallintavälineenä, jonka olisi voitu olettaa tutkimuksen teoreettisessa viitekehyksessä esitettyjen väitteiden pohjalta lisäävän tuotannonohjauksen, tiedonhallinnan ja kommunikoinnin kompleksisuutta. Haastateltavat katsoivat että vaikka toimintamalli on uusi ja vastaavia hallintavälineitä ei aiemmin ole ollut käytössä, ei toimintatapa kuitenkaan kuormittanut työnjohtoa. Haastatteluissa ei myöskään ilmennyt minkäänlaista henkilösidonnaista osaamispuutetta, jonka seurauksena sovelluksen pääasialliset käyttäjät olisivat olleet kyvyttömiä hyödyntämään mobiilisovellusta työssään. Tutkimuksessa esille nousi enemminkin tutkittujen case-kohteiden projektipäälliköiden ja työnjohtajien halu hyödyntää ja testata ICT-tekniikan tarjoamia työkaluja ennakkoluulottomasti työssään.

5.1.1 Suunnitelmien ja piirustuksien hallinta

Haastattelujen pohjalta voidaan todeta, että case-kohteissa suunnitelmien ja piirustuksien hallinta pystyttiin toteuttamaan lähes kokonaan työmaalta käsin mobiilisovellusta hyödyntämällä. Haastatteluissa tämän katsottiin vaikuttaneen suuresti varsinkin seuraaviin jokapäiväisiin työjohdon tehtäväalueisiin:

- työntekijöiden ohjaaminen
- puuttuminen tuotannossa havaittaviin poikkeamiin ja häiriöihin

Teemahaastatteluissa molempien edellä mainittujen työjohdon tehtäväalueiden suorittamisen katsottiin muuttuneen tehokkaammaksi ja jatkuvammaksi mobiilisovelluksen käytön myötä. Tuotannossa esiin tulevien ongelmien ratkominen sekä työntekijöiden ohjaaminen pystyttiin mobiilisovelluksen avulla toteuttamaan suoraan paikan päällä yhdessä työntekijöiden kanssa. Tuotantoa koskevan tiedon saatavuuden paranemisen seurauksena kohteissa saavutettiin tutkimuksessa aiemmin esitettyjä kuvan 3.4. mukaisesti laadullisia ja toiminnallisia hyötyjä. Laadullisten ja toiminnallisten hyötyjen seurauksena työjohdon ajankäytön todettiin tehostuneen huomattavasti. Esimerkiksi toisen case-kohteen työnjohtajat arvioivat mobiilisovelluksen käytön myötä tuotannossa esiintyvien ongelmien ja häiriöiden ratkaisemisen lyhenneen tunneista muutamiin minuutteihin. Mobiilisovelluksen avulla työnjohto pystyi haastatteluiden perusteella kommunikoimaan ja välittämään tietoja työntekijöille suoraan työmaalla ja työkohteissa. Ajallinen muutos kuvattiin olevan suoraan seurausta tiedon etsimisen tehostumisesta:

”No kaikki se turha juokseminen on jäänyt kokonaan pois. Kaikki asiat pystytään selvittämään tällä ipadilla suoraan työmaalla. Ei tarvii enää lähteä toimistolle kattoo papereja tai muuten vaan kuvii. Se jää se niin kuse turha odottelu ja siirtyminen ja tutkiminen pois kokonaan ja saadaan selvitettyä ne asiat hyvinkin nopeasti. Se että kun se ku-

va, mikä kuva se sitten onkaan on oikeastaan kokoajan mukana tekee siitä ongelmien hoitamisesta huomattavasti helpompaa ja nopeempaa.” (Haastateltava A 2012.).

Lisäksi tuotannossa esille tulleet ongelmat ja häiriöt pystyttiin sovelluksen avulla ratkaisemaan heti, eikä päätöksentekoa tarvinnut ongelmatilanteissa siirtää eteenpäin niin kuin aiemmin tehtiin.

”No ohjaamiseen sinällä tää vaikuttaa eniten mun mielestä, No se menee taas niihin ongelmien ratkaisemiseen ja häiriöitten selvittämiseen, että se niin kuin nopeuttaa sitä, että se oleellisin että sulla on se kaikki tieto siinä käytettävissä. Sä pystyt vertaamaan ja eikä tarvi mennä hankemaan tiettyä, tiettyä piirustusta tuolta kopista tai kaivaa työmaatoimistolla projektipankista., vaan sä voit heti jakaa sitä tietoo siellä mestalla.” (Haastateltava E 2012.)

Merkittävimpänä seurauksena tuotannon häiriöiden ja poikkeamien hallinnan tehostumisessa haastatteluissa pidettiin kuitenkin, tehtävien suorittamisesta vastaavien henkilöiden eli työntekijöiden tuottavuuden paranemista.

”Se on ehkä vähän niinku väärin mietitty se että se työnjohtaja säästää sitä omaa aikaansa tai okei totta kai se säästää sitä. Mutta tota se mikä siinä on se oleellisin on se että se tekevä porukka siä mestalla saa heti ne tiedot ja ne pääsee heti hommiin. Eli se jos siä on vaikka kolme asentajaa, kolmen asentajan ryhmä, joka ottaa että kumpaan suuntaan tää ovi aukee ja mä lähen etii sitä kuvaa niin mulla voi mennä kakskyt minuuttia, kolkyt minuuttia hyvällä säkällä ku tuon sen tiedon et joo se ovi aukee tohon suuntaan. Lisäks siinä tulee aina häiriötekijöitä siinä matkalla ku lähtee jotain selvittää toimistoon ja tota siinä säästää ainakin kolme kertaa sen puol tuntii ihan suoraa joka kerta.” (Haastateltava B 2012.)

Samaisen case-kohteen työnjohtajat arvioivat, että mobiilisovelluksen avulla pystyttiin ratkaisemaan jopa yli 90 % tuotannossa esiintyvistä häiriöistä ja ongelmista välittömästi, suoraan työmaalla. Haastatteluiden perusteella suuren prosenttiluvun voidaan katsoa kuitenkin kuvastavan enemmän kohteen tuotannonohjauksen korkeaa tasoa kuin mobiilisovelluksen vaikutusta tuotannonohjaukseen. Yli 90 prosenttia tuotannossa esiintyneistä häiriöistä pystyttiin ratkaisemaan mobiilisovelluksen avulla, koska ne koskivat yksinkertaisia suunnitelmaepäselvyyksiä ja -tarkennuksia, kuten alakaton korkoasemaa tai välioiven käyntisuuntaa. Tarkasteltaessa case-kohteen tuotannonohjausta Last Planner Systems -menetelmän mukaisesti, ainoat tehtävien käynnistysedellytys- tai panospuutteet, joita työmaalla ilmeni, liittyivät suunnitelmaepäselvyyksiin. Tämä voidaan nähdä tuotannon luotettavuuden kannalta erittäin hyvänä tilanteena.

Suunnitelmien ja piirustusten hallintaa mobiilisovelluksella hyödynnettiin toisessa tutkittavana olleista case-kohteista haastatteluiden perusteella myös rakennuttajan järjestämissä katselmuksissa ja suunnitelmapalavereissa. Mobiilisovelluksen katsottiin vaikuttaneen työskentelyyn tällöinkin Sulakiven, Lakan ja Luedken kuvassa 3.4.esittämän mallin mukaisesti. Vaaditut tiedot olivat sähköisen tiedonsiirron ansiosta heti päätöksiä tekevien tahojen saatavilla ja hyödynnettävissä. Tämän seurauksena pala-

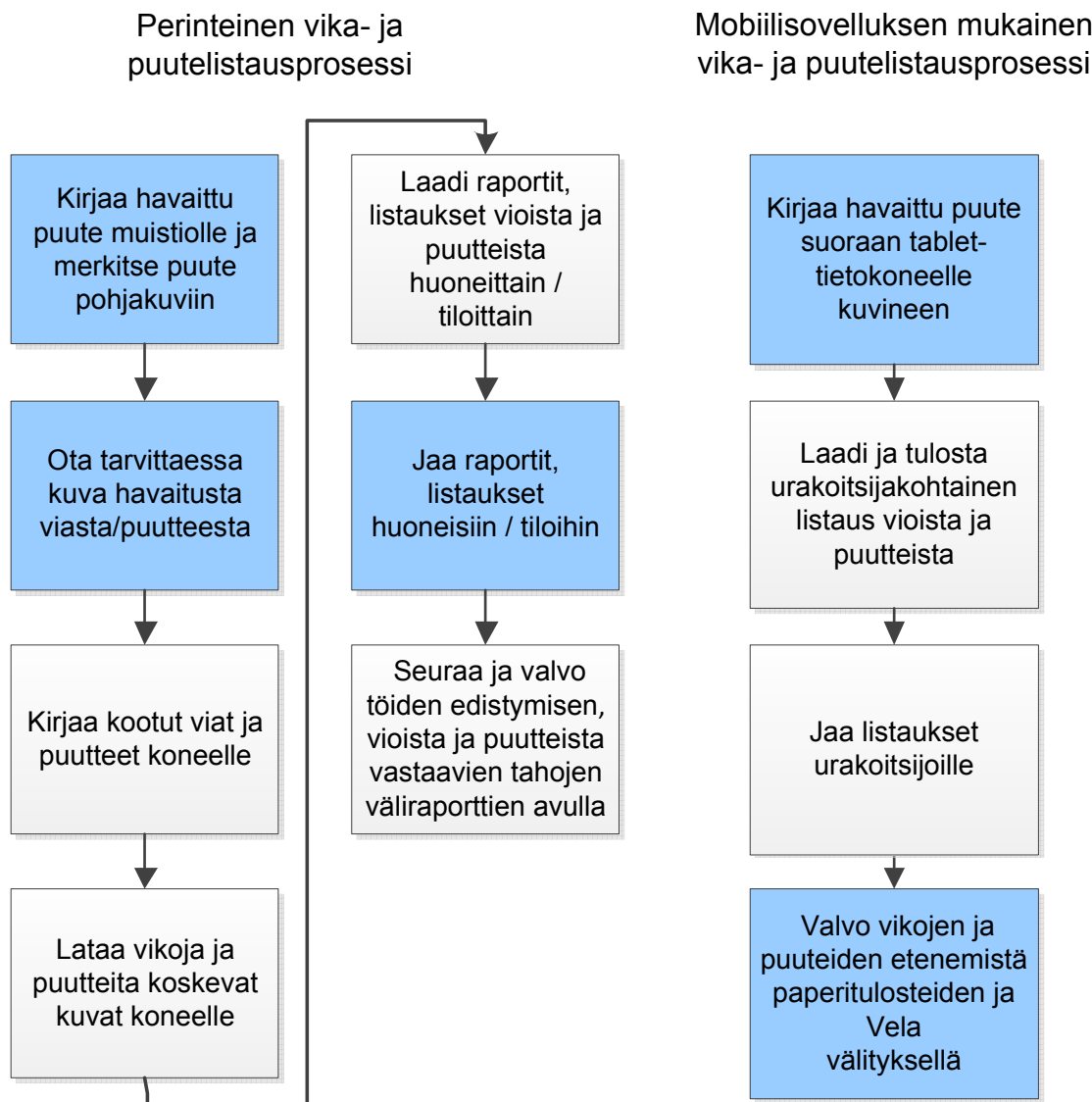
vereissa ja katselmuksissa päästiin välittömästi käsittelemään ongelmien ratkaisuja, eikä päätöksentekoa tarvinnut siirtää myöhempään ajankohtaan. Toiminnan seurauksena haastatteluissa todettiin saavutettavan merkittäviä mitattavissa olevia ajallisia säästöjä, joiden seurauksena voidaan katsoa saavutettavan kustannussäästöjä.

”Mutta tää padi antaa mulle sen tuen että tässä on se piirustus ja tieto sitä kautta. Ja sitä kautta päästään taas sitä ongelmaa heti purkamaan eikä se jää sinne mieleen vaaja saadaan taas ratkaisu vast parin viikon päästä ja työmaa on taas jumissa.” (Haastateltava F 2012.)

Haastateltavat eivät kuitenkaan nähneet, että case-kohteissa käytetty mobiilisovellus tulisi koskaan kokonaan syrjäyttämään paperisia suunnitelmia ja piirustuksia.

5.1.2 Vika- ja puutelistauksen laadinta

Haastatteluiden perusteella mobiilisovelluksen käytöllä vika- ja puutelistauksen laadinnassa ja hallinnassa katsottiin myös saavutettavan merkittäviä laadullisia ja toiminnallisia sekä ajallisia hyötyjä tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan kannalta. Poiketen kuvassa 4.2. esitetyistä vika- ja puutelistausprosesseista, tutkittavissa olleissa case-kohteissa listauksien laadintaprosessit suoritettiin ennen ja jälkeen mobiilisovelluksen implementointia kuvan 5.1. esittämällä tavalla. Haastatteluissa esille nousi, että case-kohteissa ali- ja sivu-urakoitsijat eivät itse ladanneet heitä koskevien vikojen ja puutteiden tietoja palvelun tarjoajan Velan tietopankista, vaan tieto tuotannossa havaituista vioista ja puutteista siirtyi urakoitsijoille pääurakoitsijan jakamien paperitulosteiden avulla.



Kuva 5.1. Case-kohteiden vika- ja puutelistaus prosessi ennen ja jälkeen mobiilisovelluksen implementointia

Kuvassa 5.1. on esitetty sinisellä pohjalla työmaalla suoritettavat toiminnot ja valkoisella pohjalla työmaatoimistossa suoritettavat toiminnot. Kuvasta voidaan todeta listausprosessiin vaaditun läpimenoajan lyhentyneen huomattavasti päällekkäisten toimintojen poistumisen seurauksena. Vikoja ja puutteita ei mobiilisovelluksen käytön seurauksena tarvinnut kirjata kahteen kertaan. Mobiilisovelluksen avulla lähes koko vika- ja puutelistaus työ pystyttiin listausten tulostamista lukuun ottamatta suorittamaan kerralla kuntoon työmaalla. Haastatteluiden perusteella tämän katsottiin olleen merkittävä ajallinen parannus verrattuna perinteiseen toimintamalliin.

”No siinä kokonaisuutena, koska siinä on se tilanne että siinä ei tarte, tai ainaku on saanu vaikka kerroksen tehtyä ja sitten tulostaa sen, niin siinähan pystyy tuon ohjelman mukkaan tulostaan sen listan urakoitsijakohtaisesti. Eli sanotaanko et se vois olla ehkei nytten puolta mutta aika lähelle olisko se siinä 40 % tienoilla. Mutta paljon siinä jää

sitä käsin tekemistä pois. Ei tarte enää tähä kaikkee kahteen kertaan erikseen työmaalla ja työmaatoimistossa.” (Haastateltava C 2012.)

Mobiilisovelluksen käytöllä saavutettiin vika- ja puutelistauksien laadinnassa myös laadullisia ja toiminnallisia hyötyjä. Suurimpana ei-ajallisena hyötynä haastateltavat pitivät listausten tietosisällön kasvua ja projektiorganisaation pystysuuntaisen tiedonkulun sekä kommunikaation tehostumista. Verrattuna perinteisiin vika- ja puutelistauksiin, mobiilisovelluksen avulla pystyttiin urakoitsijoille välittämään sanallisen tiedon lisäksi myös entistä tarkempaa paikkatietoa virheistä ja puutteista linkittämällä ne sovelluksen avulla suunnitelmiin. Listauksien tietosisällön kasvun seurauksena varsinkin vioista ja puutteista vastaavien ali- ja sivu-urakoitsijoiden toiminnan havaittiin parantuneen mobiilisovelluksen käytön myötä usean eri haastateltavan mielestä.

”Tämähän selkeyttää myös sitä urakoitsijan toimintaa, siinä mielessä että se täppi löytyy siltä kohalta missä se suurin piirtein, siihen ei tarvii rupee hirveästi runoilemaan että missä se vika on riittää vaan että periaatteessa kertoo vaan mikä vika siinä on. Ja sen urakoitsijan ei tarvii alkaa kahtelemaan että missä se vika on, onko se tossa vai onko se toi.” (Haastateltava C 2012.)

”Kyllä niin kuin urakoitsijoiden välistä tiedonkulkua tällä saadaan parannettua huomattavasti. Esimerkiksi jotain virheitä ja muita että jos se virhe on sinne merkattu niin sitten kun se pdf tai muu vaikka tulostetaan ja annetaan eteenpäin niin onhan se aika selkeä kun se paikka on selkeästi merkattu sinne ja voitu jopa ottaa kuva siitä virheestä tai puutteesta. Että kyllä se sillä tavalla parantaa sitä kommunikaatiota. Eli se tietosisältö kasvaa aina siinä.” (Haastateltava E 2012.)

Mobiilisovelluksen avulla laadittujen vika- ja puutelistauksien tietoja hyödynnettiin Manskun Rastin kohteen tuotannonohjaamisessa myös jo ennen varsinaista luovutusvaihetta. Projektin ensimmäisen osakohteen aikana kerättyjen vika- ja puutelistauksien tietoja käytettiin hankkeen toisen osakohteen virheiden estämiseen ja välttämiseen. Projektissa vika- ja puutelistauksista vastannut toimihenkilö kävi ennen luovutusvaiheen alkamista urakoitsijakohtaisesti läpi viisi yleisintä edellisessä osakohteessa havaittua virhetyyppiä. Mittausinformaatiota oppimisessa hyödyntävän tai Demingin ympyrän kaltaisen toiminnan katsottiin parantaneen merkittävästi toimintaa jälkimmäisessä osakohteessa, erityisesti maalaustöiden laadun katsottiin parantuneen huomattavasti. Lisäksi havaittujen puutteiden lukumäärän todettiin pienentyneen osakohteiden välillä. Toiminnassa hyödynnettiin aiemmin kerättyä tietoa oppimiseen sekä asiakkaalle arvoa tuottavan toiminnan osuuden kasvattamiseen että laatuvirheistä ja uudelleen tekemisestä aiheutuvien kustannuksien alentamiseen.

”Täytyy kiinnittää huomiota että mitkä ne oli ne tossa ne viis pahinta ongelmaa eri urakoitsijoilla tai vikaa ja totta kai ne urakoitsijatkin halua ne tietää, ei nee halua tehdä sitä ryntäämällä pois koska se maksaa. Ja sit ne tietää mikä se taso on ja jos se sama virhe on ollut joka huoneessa niin tuskin ne halua tehdä niitä toisessa talossa uudestaan, koska se maksaa.” (Haastateltava C 2012.)

5.2 Tuotannonohjauksen ja -suunnittelun haasteet

Haastatteluissa toiseksi keskeiseksi teemaksi nousivat päivittäiset haasteet ja ongelmat tuotannonohjauksessa ja -suunnittelussa. Teemahaastatteluissa esille nousseet ongelmat ja haasteet kuvaavat tuotannonohjauksen ja -suunnittelun ongelmia yleisellä tasolla eikä niitä pidä nähdä pelkästään case-kohteiden tuotannonohjauksessa esiintyvinä ongelmina. Haastatteluissa havaittujen tuotannon haasteiden ja ongelmien analysoinnilla pyritään luomaan selkeä kuva siitä, missä tuotannonohjauksen ongelmat todellisuudessa ovat ja kuinka hyvin case-kohteissa käytössä olleella mobiilisovelluksella pystyttiin niihin puuttumaan.

Suurimpina tuotannonohjauksen ja -suunnittelun haasteina haastateltavat pitivät sekä tiedonhallintaa, että tuotannon valvonnan ja toteutumätiedon keruun hankaluutta. Myös suunnitelmien puutteellisuus ja ristiriitaisuus koettiin suurena haasteena tuotannonohjauksen ja -suunnittelun näkökulmasta. Suunnitelmia koskevat ongelmat näkyivät haastatteluiden perusteella varsinkin haasteina tuotannonsuunnittelussa ja siten myös tuotannonohjauksessa.

”Tota semmoinen on tietysti yks homma mikä on ihan perus ongelma, että suunnitelma, suunnitelmienvalmiusaste, taso täytyy olla riittävä että pystytään työt toteutetaan niiden mukaisesti tai niin ku ne kuuluu. Että tota esimerkiksi meillä on tossa ollu tai ei meillä vaa talotekniikalla on ollu ongelmaa sähköpuolella, muun muassa että tota kuvat on niin puutteellisia ja ku ne tulee työmaalle, nii se työn toteutus ja sen johtaminen tulee niin mahottomaks, että se pysähtyy iha seinään sitten.” (Haastateltava B 2012.)

Tiedonhallintaa haastatteluissa katsottiin vaivaavan hyvin pitkälti samat ongelmat kuin tutkimuksen teoreettisessa viitekehäyksessä on esitetty. Tuotannonohjaamisen kannalta kriittisen reaaliaikaisen ja luotettavan tiedon jakaminen ja tuottaminen koettiin työlääksi ja aikaa vieväksi tehtäväksi. Myös rakennusprojektien kannalta keskeisen tiedon liiallinen kasaantuminen yksittäisille avainhenkilöille projekteissa nähtiin hankaloittavan ja hidastavan tiedonhallintaa. Tiedon välitys ja kommunikointi yli organisaatorajojen nähtiin myös yhtenä merkittävänä ongelmana tiedonhallinnan kannalta. Varsinkin suunnitelmamuutosten ja -puutteiden ilmaantuessa tiedonhallinnan merkitys korostui ja edellä mainitut ongelmat konkretisoituivat. Tuotannon ja eritoten aliurakoitsijoiden valvonnasta ja ohjaamisesta haastatteluissa todettiin muun muassa seuraavaa:

”No ehkä siinä, kaikkien urakoitsijoiden suhteen ne ehkä ei oo niin luotettavia siinä, elikkä ne ei välttämättä noudata sitä sovittua aikaa. – Niin kyllä se niin urakoitsijoiden kanssa on, niiden kimpussa täytyy kokoajan olla ja vahtia että ne tekevät sen minkä ne on luvannut ja sovittu.” (Haastateltava C 2012.)

Tuotantoprosessissa tuotannon epätasapainosta ja ylikuormituksesta syntyvä hukka nousi myös haastatteluissa esille yhtenä merkittävänä tuotannon ongelmana. Hukan juurisyynä haastatteluissa nähtiin projektien aikataulut ja siinä esille nousevat ongelmat.

”No keskeiset mitä niitä on, jos niin kuin mieltii Leaninkin kanalta niin niin ne ovat: hukka, epätasapaino ja ylikuormitus. Eli ne on niin kuin kolme keskeistä tekijää mitkä pitäis saada niinku pois tuotannosta. Yleensä se johtuu siitä että sitä tuotantoa optimoidaan jonkun urakoitsijan näkökulmasta ja sitten joillekin muille saattaa tulla kauheita resurssiäpuutteita tuotantoon. Et se että kuinka se on tehty se aikataulu, että siinä hän pitäis pyrkiä tahdistaan sitä kokonaisuutta eikä sitä tietty tuotannon näkökulmaa.” (Haastateltava E 2012.)

Haastatteluissa esille tulleiden tuotannonohjauksen ja -suunnittelun ongelmien pohjalta voidaankin todeta, että mobiilisovelluksen käyttömahdollisuudet ja toiminnot eivät kohtaa todellisia työmaaprosessin johtamisen ongelmia. Mobiilisovelluksen avulla pystyttiin teemahaastatteluiden perusteella puuttumaan yksinkertaisiin ja suuruusluokaltaan pieniin mutta tuotannossa usein esille nouseviin ongelmiin, kuten suunnitelmia koskeviin tiedonjako ja kommunikointi ongelmiin työnjohtaja–työntekijä tasolla. Toisaalta tulee huomata myös, että haastatteluissa esille tulleet ongelmat koskivat enemmänkin tuotannonsuunnittelua kuin varsinaista työmaalla tapahtuvaa kokoonpanovaiheen ohjaamista.

5.3 Mobiilisovelluksen laajamittaisempi hyödyntäminen

Kolmantena keskeisenä teemana haastatteluissa esille nousi mobiilisovelluksen laajamittaisempi hyödyntäminen tuotannonohjauksen tukena. Haastatteluissa nousi selkeästi esille mobiilisovelluksen käytöllä saavutettavat hyödyt nykyisillä toiminnoilla mutta samalla haastateltavat näkivät mobiilisovellukseen hyödyntämisessä piilevän enemmänkin potentiaalia. Mobiilisovelluksen laajamittaisempaa hyödyntämistä analysoidaan kahdesta eri suunnasta.

- Sovelluksen käytettävyyden asettamat haasteet mobiilisovelluksen laajamittaiselle hyödyntämiselle
- Sovelluksen ominaisuuksien ja toimintojen kehittäminen laajamittaisemman hyödyn saavuttamiseksi

Ensimmäisessä osassa tarkastellaan kuinka tutkittua mobiilisovellusta tulisi kehittää haastateltavien mielestä, jotta toimintamalli saataisiin kattamaan kaikki tulevat kohdeyrityksen työmaat nykyisillä toiminnoilla. Toisessa osassa tarkastellaan miten mobiilisovellusta tulisi jatkokehittää toimintojen ja käyttömahdollisuuksien osalta laajamittaisemman hyödyntämisen näkökulmasta. Tällöin tavoitteena olisi luoda mobiilisovellus, jolla voisi puuttua useampaan tuotannonohjauksessa ja -suunnittelussa ilmenevään ongelmaan. Sovelluksen laajamittaisemmalla hyödyntämisellä pystyttäisiin tutkimuksen alaluvussa 3.2 esitettyjen toimintojen avulla kuitenkin puuttumaan vain tiedonhallintaa ja tuotannon valvontaa vaivaaviin ongelmiin. Näyttäisi siltä, että suunnitelmien ristiriidattomuuteen ja puutteellisuuteen tai aikataulun laidinnassa esille nousseisiin ongelmiin mobiilisovelluksen laajamittaisemmalla käytöllä tuskin pystyttäisiin puuttumaan.

Teemahaastatteluissa kerätyn materiaalin analysoinnin pohjalta esille nousi myös kolmaskin tapa hyödyntää mobiilisovelluksia laajamittaisemmin; toiminnan laajentaminen kattamaan koko rakennusprosessin arvoketju niin, että toimintamalliin otettaisiin mukaan myös muut rakennusprojektin osapuolet. Esimerkiksi case-kohteissa mobiilisovellusta hyödynnettiin ainoastaan sisäisesti Skanska Talonrakennuksen toimesta. Koko rakentamisen arvoketjun kattava malli koettiin kuitenkin vielä tässä vaiheessa mobiilisovellusten kehittämistä haastatteluiden perusteella todella kaukaiseksi tavoitteeksi. Rakentamisen kaikkien osapuolien toiminnan kattavan toimintamallin saavuttamisen katsottiin olevan suuresti riippuvainen sopimusmallien ja urakoitsijoiden välisten asiakassuhteiden kehittymisestä.

5.3.1 Sovelluksen käytettävyyden asettamat haasteet

Vaikka mobiilisovelluksen käyttö ja hyödyntäminen ovat vasta pilotointivaiheessa Skanska Talonrakennus Oy:n työmailla, haastatteluissa ilmeni hyvin selvästi toimintamallin implementoinnin mukanaan tuomat hyödyt tuotannonohjauksessa. Lisäksi haastateltavista kaikki näkivät, että mobiilisovelluksen jatkokehittämiseen tulisi panostaa ja toimintamalli tulisi ottaa osaksi kaikkia tulevia rakennusprojekteja. Teemahaastatteluissa ei esimerkiksi ilmennyt lainkaan mobiilisovelluksen käyttöönottoa haitannutta muutosvastarintaa. Alalla piilevä muutosvastarinta kuitenkin nähtiin yhtenä merkittävimpänä esteenä sähköisten tiedonhallintasovellusten implementoinnissa, kuten tutkimuksen teoriaosuuden alaluvussa 3.3 on myös esitetty. Haastateltavat näkivät alan konservatiivisen toimintaympäristön olevan suuri haaste sovelluksen laajamittaiselle hyödyntämiselle.

”Se on tää, tää rakennusalan tämmöinen vanhoillisuus, että vanhat jermut nauraa ettei tosta oo mitään hyötyä ja sitt on tämmöistä vanhan kansakunnan mestariporukkaa. Mun mielestä se on niinku yks suurin että suhtaudutaan skeptisesti tai kuvitellaan ettei tommoisesta tietotekniikasta oo mitään hyötyä, eli suhtaudutaan skeptisesti tietotekniikkaan ja sen hyötyihin. Tai jotku voi olla vaa ettei ne usko että tähän saa sitä päivitettyä tietoa nopeemmin ku mitä ne on saanu sieltä projektipankista tai sieltä kopiolaitokselta sen paperikuvan”. (Haastateltava B 2012.)

Tutkittavissa kohteissa käytössä olleen mobiilisovelluksen nopea päivityssykli nähtiin myös laajamittaisemman hyödyntämisen esteenä. Esimerkiksi case-kohteissa käytetyn sovelluksen käyttöliittymän ulkoasu ja eräiden toimintojen suorittaminen muuttui radikaalisti sovelluksen pilotoinnin aikana. Haastatteluissa todettiin esimerkiksi vika- ja puutelistauksen laadinnan muuttuneen huomattavasti puolen vuoden pilotointijakson aikana. Tämän katsottiin asettavan paineita varsinkin käytön opastukseen kohdennetuille resursseille, mikäli mobiilisovelluksen mahdollistamaa toimintamallia laajennettaisiin kattamaan useampia projekteja. Myös keskeneräisen mobiilisovelluksen jalkauttamien tuotantoon voisi vaarantaa koko sovelluksen käytön.

”Mut se just se on ongelma että tää on vielä aika kohtalaisen tuore ilmiö, tää Velakin on vasta parivuotta vanha ilmiö mutta tota sitku siinä on bugei ja kaikkee pientä ongelmaa siinä alus, ni sitä helposti halutaan heittää koko laite meneen, jos homma ei pelaa heti kunnol, et se vaara siinä alus aina o.” (Haastateltava D 2012.)

Itse mobiililaite, jolla sovellusta case-kohteissa hallittiin toimi haastatteluiden perusteella moitteettomasti. Laite koettiin helppokäyttöiseksi ja näytön koko ja resoluutio olivat haastateltavien mielestä sopivia käyttötarkoitukseen.

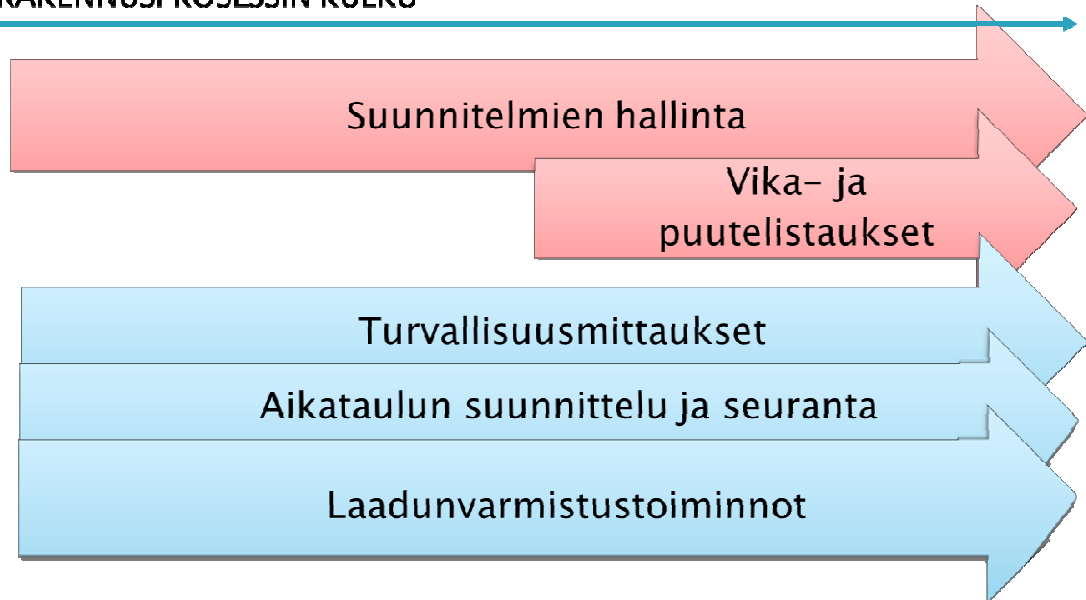
Haastatteluissa esille tulleiden havaintojen pohjalta voidaan todeta, kuinka tärkeää riittävän tarkka ja pitkä testausjakso on käyttöönottovaiheen onnistumisen kannalta. Kuten tutkimuksen teoreettisen viitekehyksen alaluvussa 3.3.2 todetaan mobiiliteknologian pilotointi ja testaus tulee viedä tarpeeksi pitkälle ennen käyttöönottoa, eikä keskenräisiä sovelluksia ja työkaluja tule toimittaa työmaille laajempaan käyttöön. Keskenräisen sovelluksen käyttöönotosta seuraa usein runsas muutosvastarinta ja sovelluksen huonot puolet nousevat merkittävämmiksi kuin sovelluksen käytöstä seuraavat hyödyt. Muutosvastarinnan seurauksena sovellusta ei välttämättä käytetä lainkaan. Case-kohteissa käytetyssä sovelluksessa ilmenneet ongelmat eivät kuitenkaan vaikuttaneet mobiilisovelluksen käyttöön ja syynä tähän nähtiin sovelluksen pääasiallisille käyttäjille tarjolla ollut opastus ja käyttäjätuki, joita oli saatavilla aina ongelmien ilmaantuessa.

5.3.2 Sovelluksen ominaisuuksien ja toimintojen kehittäminen

Teemahaastatteluissa esille nousi myös mobiilisovelluksen laajamittaisempi hyödyntäminen kehittämällä lisätoimintoja ja käyttömahdollisuuksia. Case-kohteissa käytettyä mobiilisovellusta pystyttiin hyödyntämään vain kahteen eri käyttötarkoitukseen: suunnitelmien hallintaan ja vika- ja puutelistauksen tekoon. Teemahaastatteluiden ja taustatutkimuksen kohdassa 3.2 esitettyjen väitteiden pohjalta voidaan kuitenkin todeta, että mobiilisovellusten hyödyntämisessä on potentiaalia laajempaankin käyttöön. Kuvassa 5.2. on esitetty punaisella tällä hetkellä käytössä olevat toiminnot sekä niiden sijoittuminen rakennusprosessiin. Suunnitelmien hallintaa pystytään hyödyntämään koko prosessin ajan, kun taas vika- ja puutelistauksia hyödynnettiin ainoastaan prosessin loppuvaiheessa. Kuvassa sinisellä on esitetty toimintoja, jotka nousivat haastatteluissa esille mahdollisina mobiilisovelluksen lisätoimintoina ja käyttömahdollisuuksina. Toiminnot olisivat myös Bowdenin, Löfgrenin ja Leskinen esittämien tutkimusten pohjalta toteutettavissa. Haastatteluissa esille nousseista ja kuvassa 5.2. esitetyistä mobiilisovelluksen lisätoiminnoista kaikki nähtiin haastatteluissa tuotannon valvonnan ja ohjauksen kannalta keskeisinä toimintoina. Lisäksi haastatteluissa todettiin, että kaikkien kuvassa 5.2. esitettyjen tuotannonohjauksen osa-alueiden virheetöntä toteuttamista ei voida varmistaa viimekädessä muualla kuin työmaalla. Käytännön esimerkkeinä lisätoiminnoista haastatteluiden perusteella nousivat esimerkiksi mobiilisti hallittava TR-mittauskaavake, aikataulun valvontavinjetti ja laadunvalvontaa ohjaavat tehtäväkohtaisen tarkastuslistaukset. Muuntamalla rakennusprosessin loppuvaiheeseen painottuva vika- ja puutelistauksen laadintaprosessi kattamaan koko rakennusprosessi, nähtiin myös yhtenä tapana ohjata

rakentamisen laatua mobiilisovellusta hyödyntämällä. Tällä tavalla tuotannossa esiintyvistä virheistä ja puutteista pidettäisiin kirjaa koko rakentamisprosessin ajan ja korjaavia toimenpiteitä suoritettaisiin koko prosessin ajan. Rakennusprosessin alusta loppuun kestävä vikojen ja puuteiden kirjaaminen ja korjaaminen nähtiin haastatteluissa toimivaksi järjestelmäksi vain, jos urakoitsijakohtainen itselleluovutusprosessi eli oman työnsä tarkastaminen tulisi osaksi toimintatapaa.

RAKENNUSPROSESSIN KULKU



Kuva 5.2. *Mobiilisovelluksen jatkokehittäminen, lisää toimintoja, lisää käyttömahdollisuuksia*

Mobiilisovelluksen lisätoimintojen ja käyttömahdollisuuksien kehittämisessä pääpainon tulisi haastatteluiden perusteella olla jo olemassa olevien toimintajärjestelmien ja prosessien muuntamisessa mobiiliin muotoon. Tällöin langattomat toimintatavat ja hallintametodit olisivat Löfgreniä (2008) mukailleen ennestään tuttuja tuotannonohjauksesta vastaaville henkilöille. Lisäksi haastatteluissa nousi esille että tällaisen kehittämis-toiminnan seurauksena jo ennestään käytettävien tiedonhallintatyökalujen ja uusien työkalujen yhteenlaskettu määrä ei kohoaisi turhan suureksi, sillä useiden ja irrallisten sovellusten käyttö tuotannonohjauksen tukena nähtiin haastatteluissa toimimattomana ratkaisuna. Haastatteluiden perusteella case-kohteiden tuotannosta vastanneet henkilöt käyttivät esimerkiksi tälläkin hetkellä vain murto-osaa Skanskalla käytössä olevista tiedonhallinnan työkaluista. Olemassa olevista työkaluista käytettiin haastatteluiden perusteella ainoastaan niitä, joista käyttäjillä oli positiivisia käyttäjäkokemuksia. Lisätoimintojen kehittämisessä tulisi haastatteluiden perusteella kiinnittää huomiota myös mobiilisovelluksen ja olemassa olevien tiedonhallintatyökalujen väliseen integraatioon, jotta käytettävillä sovelluksilla voitaisiin ohjata koko rakentamisprosessia, eikä yhtä sen osalueta.

”Niin kylä mä näkisin että yhtä projektiahan siinä ohjataan, aina vaan eri näkökulmis- ta, joko aikatauluohjelmilla, kustannusohjelmilla, tai tietomalliohjelmilla. Että kun tää kehitys etenee niin aina vaan se käytettävien ohjelmien määrä kasvaa ja sitä myötä pi- tää kokoajan opetella lisää uusia ohjelmia. Että kyllä tässä pitäis siihen integraation lisäämiseen yrittää panostaa enemmänkin.” (Haastateltava E 2012)

Toiseksi keskeiseksi kehittämisen pääpainopisteeksi haastatteluissa nousi tuotan- nonohjauksen ja työnjohdon toiminnan standardoiminen mobiilisti hyödynnettävillä sovelluksilla. Toiminnan standardoimisella luotaisiin myös edellytykset toiminnan ke- hittämiselle sekä toiminnan mittaamiselle. Varsinkin kyky mitata toimintaa määrittelee suuresti toiminnan johtamisen mahdollisuuksia. Yhtenäisten toimintatapojen ja standar- doimisen seurauksena voitaisiin saavuttaa vastaavanlaisia yli projektien ulottuvia hyö- tyjä, kuten Manskun Rastin case-kohteessa vika- ja puutelistauksien hallinnalla saavu- tettiin. Haastatteluissa esille nousi esimerkiksi aikataulujen tarkemman seuraamisen avulla saatavan tiedon hyödyntäminen.

”Kyllä mun mielestä siinä on kyllä ihan selkeä kehitysmahdollisuus ku me saataisiin lisättyä esim. se aikataulujen seuraaminen niin saataisiin vielä ne aikataulun kannalta pahimmat virheet mahdollisesti estettyä seuraavissa projekteissa. että kun mitataan sitä tuotantoa paremmin ja tarkemmin niin kyllä me sitten sitä myös voidaan parantaa ja kehittääkin sitä paremmin kuin ennen.” (Haastateltava E 2012)

Kehitystoiminnan organisointi ja varsinainen kehittäminen tulisi haastatteluiden pe- rusteella suorittaa mukaillen tutkimuksen alaluvussa 3.3.2. esitettyä Löfgrenin mallia. Haastatteluissa nousi esille selvästi sovelluksen pääkäyttäjien eli tuotannonohjauksesta vastaavien tahojen merkitys jatkokehittämisessä. Alhaalta ylöspäin etenevän kehitys- mallin hyvinä puolina haastatteluissa nähtiin henkilöiden potentiaalin ja tuotantoproses- sin kannalta oleellisen tietotaidon maksimaalinen hyödyntäminen sekä toiminnan vahva tarvelähtöisyys. Haastatteluiden perusteella tärkeää olisikin, että kehitetyt lisätoiminnot ja käyttömahdollisuudet perustuisivat todellisiin käyttötarpeisiin ja hyödyllisiksi tuotan- nonohjauksen ja rakentamisprosessin johtamisen kannalta koettuihin toimintoihin. Mo- biilisovelluksen toimintojen ja käyttömahdollisuuksien perustaksi tulisi haastattelujen perusteella valikoida yrityksen parhaat käytännöt, joita voitaisiin monistaa ja kehittää edelleen sekä laajentaa yhteisiksi toimintamalleiksi. Toisena kehitystoiminnan organi- sointimallina haastateltavat näkivät vahvasti ylhäältä johdetun toimintamallin, missä sovelluksella käytettävät toiminnot olisi määritelty yleisiä tuotannonohjauksen toiminta- tapoja mukaillen. Tämä malli nähtiin kuitenkin huonona tapana kehittää alaa.

6 TUTKIMUSTULOSTEN TARKASTELU

Tässä luvussa analysoidaan empiirisen osuuden tutkimustuloksia kokonaisuutena, sekä tarkastellaan tulosten merkityksellisyyttä koko rakennusprosessin tuotannonohjauksen näkökulmasta. Lisäksi luvussa kuvataan sitä, kuinka kohdeyrityksen tulisi jatkokehittää toimintamallia tämän tapaustutkimuksen tulosten pohjalta.

6.1 Toimintamallin hyödyllisyys

Tarkasteltaessa tutkimuksen empiirisessä osassa koottua tutkimusaineistoa kokonaisuutena voidaan todeta mobiilisovelluksen mukanaan tuoman toimintamallin vaikuttaneen positiivisesti case-kohteiden tuotannonohjaustyöhön. Sähköisen tiedonhallintasovelluksen käytöstä seuranneet hyödyt olivat selkeästi tunnistettavissa molemmissa case-kohteissa ja kaikki haastateltavat henkilöt olivat yksimielisiä mobiilisovelluksen hyödyllisyydestä tuotannonohjauksessa. Sovelluksen käytöstä seurasi tuotannonohjauksessa sekä laadullisia ja toiminnallisia hyötyjä että mitattavissa olevia ajallisia hyötyjä ja siten myös palkkasäästöinä näkyviä kustannushyötyjä.

Sovelluksen käytöstä seuranneet hyödyt saatiin lisäksi siirrettyä kattamaan myös tuotannon operatiivisen tason tuottavuutta. Yleisesti katsottuna rakennusprojektien onnistumisen kannalta onkin huomattavasti merkittävämpää hallita työtehtävien tuotantovirtausta ja minimoida tuotantoprosessissa odottamisesta johtuvaa hukkaa kuin pyrkiä kasvattamaan työnjohdon ajallista tehokkuutta. Kyseistä operatiivisen tason tuottavuuden näkökulmaa sovellusten hyödyntämisestä ei ole huomioitu aiheesta tehdyissä tieteellisissä tutkimuksissa. Operatiivisen tason tuottavuuden katsottiin haastattelutulosten perusteella parantuneen vähentämällä tuotannon tehtäviin vaadittavien panosten eli työtuntien määrää. Haastattelutuloksista voidaan selkeästi havaita myös kuinka sovelluksen käyttö vaikutti positiivisesti työnjohtajien ja työntekijöiden väliseen informaation vaihtoon ja kommunikaatioon. Toiminnan voidaan katsoa vaikuttavan tutkimuksen luvussa 2.2.2 *Tiedonhallinnan problematiikka* esitettyjen aiempien tutkimustulosten mukaan varsinkin työntekijöiden kiinnostuksen tason kasvuun sekä työntekijöiden sitouttamiseen asetettuihin tavoitteisiin. Työnjohdon ja työntekijöiden välisen kommunikoinnin parantumisen seurauksena voidaankin olettaa että tuottavuus paranee sovelluksen käytön myötä myös laadullisesta näkökulmasta, eikä vain panosnäkökulmasta. Verratessa tutkimustuloksia tutkimuksen luvussa 3 *Sähköiset tiedonhallintasovellukset tuotannonohjauksessa* esittelyihin aiempiin tutkimustuloksiin, nähdään sovellusten käytöstä seuranneen samanlaisia tuloksia. Sovelluksen käytöstä seurasi toiminnallisuuden ja tehokkuuden parantumista, sekä suorituskyvyn kohoamista. Tutkituissa case-kohteissa saadut hyödyt olivat seurausta mobiilisovelluksen seuraavista ominaisuuksista:

- tuotantoinformaation nopeammasta saatavuudesta, suunnitelmat ja piirustukset aina mukana työmaalla
- kahteen kertaan tehtävien toimintojen yksinkertaistumisesta, vika- ja puutelistaukset valmiiksi kerralla työmaalla
- sovelluksella luodun tiedon tietosisällön kasvusta sekä luodun tiedon analysoinnin ja jatkohyödyntämisen helpottumisesta, tai mahdollistumisesta

Suunnitelma-asiakirjojen ja piirustusten hallinta

Mobiilisovelluksella hallituista toiminnoista erityisesti suunnitelmien ja piirustusten hallinta nähtiin haastatteluiden perusteella päivittäin tuotannon johtamisessa käsiteltävänä osa-alueena. Työkohteessa tapahtuvasta tuotannonohjauksesta ja ongelmien ratkaisemisesta yhdessä työntekijöiden kanssa ei päästä eroon edes täysin onnistuneella tuotannosuunnittelulla, eikä siitä eroon pääsemistä tule välttämättä edes tavoitella. Suunnitelmien ja piirustusten hallintaa ei ole ennen case-kohteissa käytettyä mobiilisovellusta pystytty suorittamaan työmaalla. Uudessa mobiilisovellusta hyödyntävässä toimintamallissa case-kohteiden työnjohtajat pystyivät hallitsemaan tuotannossa tarvittavia dokumentteja rinnakkain varsinaisen tuotantoprosessin johtamisen kanssa. Mobiilisovellus toimikin tutkimuksen perusteella erinomaisena apuvälineenä paikanpäällä tapahtuvassa työntekijöiden ohjauksessa ja valvonnassa. Mobiilisti hallittavien tietojen ansioista case-kohteissa pystyttiin ongelmien ilmaantuessa keskittymään heti ongelman ratkaisuun, eikä päätöksentekoa tarvinnut siirtää eteenpäin. Voidaankin katsoa että suunnitelma-asiakirjojen ja piirustusten hallinnalla työmaalla pystyttiin vaikuttamaan Koskelan esittelemässä tuotantoteoriassa sekä transformaatio- että flow-näkökulmiin. Työnjohto pystyi ohjaamaan ja valvomaan tuotannossa vaadittavien toimintojen suorittamista samalla minimoiden tuotannon kokoonpanovaiheessa esiintyvää tarpeetonta hukkaa aiheuttavaa toimintaa.

Vaikutukset vika- ja puutelistausprosessin

Sähköisesti hallittavaksi muuttuneen vika- ja puutelistausprosessin myötä rakennushankkeiden luovutusvaiheen hallinnan katsottiin tehostuneen. Haastatteluiden perusteella toiminnan katsottiin hyödyntäneen sekä vika- ja puutelistauksien laadinnasta vastanneiden henkilöiden toimintaa että rakennusteknisistä töistä vastanneiden tahojen toimintaa. Lisäksi toiminnalla kerättyä tietämystä pystyttiin hyödyntämään siirryttäessä yhdestä osakohteesta toiseen. Tällaisen hyväksi havaittujen toimintatapojen monistamisen tai projekteissa kerättyjen tietojen analysoinnin on katsottu olevan hankalasti toteutettavissa rakennusalalla, kuten tutkimuksessa on aiemmin esitetty. Toimintaa voidaan verrata myös tutkimuksen alaluvussa 3.2.4 *Sovellusten hyödyntäminen yritys- ja teollisuustasolla* esitettyyn tuotantotiedon hallintaan, jonka tavoitteena on saavuttaa liiketoiminnallista hyötyä.

Vika- ja puutelistauksien laadintaa koskevia tuloksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin huomata, että vastaavanlaisen toiminnan hyödyntäminen samassa mittakaavassa päätök-

sentekoprosessin tukena edellyttää pitkäkestoisia urakoitsijoiden välisiä asiakassuhteita ja urakkasopimuksia, jotka luovat perustan toiminnan kehittämiseksi. Lisäksi arvioitaessa mobiilisovelluksen vaikutuksia havaittujen puutteiden ja vikojen pienenemiseen tulee ottaa huomioon myös Manskun Rastin osakohteiden samankaltaisuus ja pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden yhteisen toiminnan kehittämisen myötä kohonneen oppimiskäyrän hyödyntäminen. Haastatteluissa kävikin selväksi, että mobiilisovelluksen katsottiin toimineen luovutusvaiheen tehostamisessa vain tehokkaana ja uutena tapana dokumentoida vika- ja puutelistauksia ja prosessoida niillä kerättyjä tietoa myöhempää käyttöä varten. Toisaalta tällaista tuotannonohjauksen apuvälinettä ei ennen ole ollut saatavilla, sillä perinteisesti rakennusprojekteissa laadittuja dokumentteja on hallittu paperisin tulostein joka onkin tehnyt niiden sisältämän tietosisällön jatkohyödyntämisestä haasteellista kuten Akinci ja kumppanit ovat todenneet.

6.2 Toimintamallin haasteet

Mobiilisovelluksen mukanaan tuoman toimintamallin hyödyllisyyden arvioinnissa ja kehitystoiminnan organisoinnissa tulee kuitenkin ymmärtää kaksi koko työmaaprosessin johtamisen kannalta kriittistä tekijää. Ensinnäkin mobiilisovelluksella case-kohteissa hallittujen toimintojen voidaan katsoa kattavan vain pienen osan tuotannonohjauksessa vaadittavista osa-alueista, minkä seurauksena käytöllä saavutettuja hyötyjä voidaan pitää suuruusluokaltaan pieninä projektien kokonaisuuden kannalta. Toiseksi kuvassa 5.2. esitettyjen lisätoimintojen standardoiminen ja muuttaminen mobiilisti hallittavaan muotoon ei kuitenkaan tule poistamaan tutkimuksen alaluvussa 2.1.2 *Tuotannonohjauksen haasteet* mainittuja Siikasen lisensiaatintyössään esittämiä ongelmia. Ongelmia, jotka liittyivät laadunvarmistustoimintaan sekä tuotannon suunnitelmien laadintaan. Tuotannonohjauksen toimintojen ollessa vahvasti henkilösidonniaisia ja jo nykyisilläkin työkaluilla hallittavissa olevia, eivät Siikasen ja tutkimuksessa haastateltujen henkilöiden esittämät ongelmat poistu vaikka asiat saataisiin toimimaan mobiilisti ja paperittomasti.

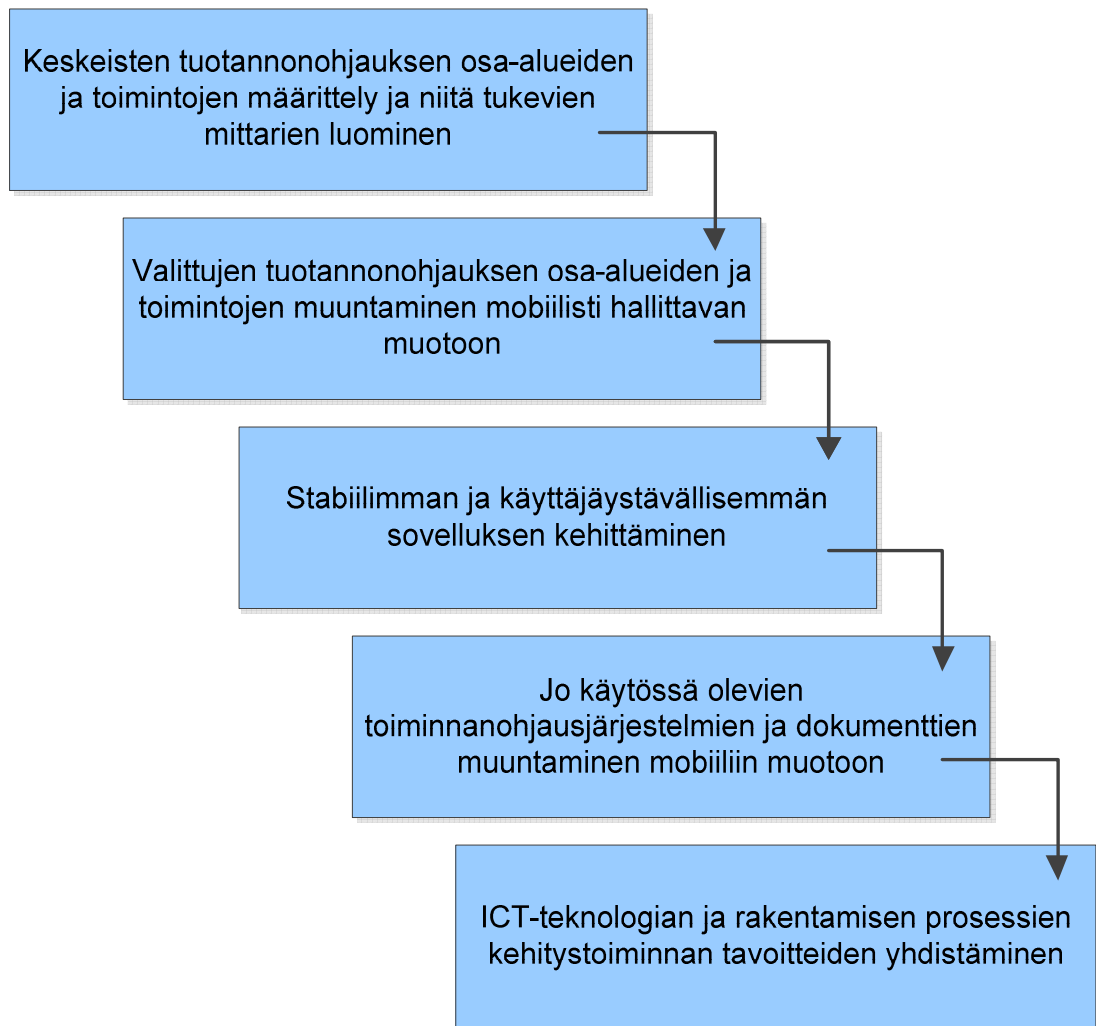
Koko työmaaprosessin johtamisen näkökulmasta voidaan huomata että kuvassa 5.2 esitetyt mobiilisovelluksen lisätoiminnot muodostavat vain osan tuotannonohjauksesta vastaavien työmaan toimihenkilöiden toimenkuvasta ja siten myös työmaaprosessin johtamisesta. Lisäksi kuvassa 5.2. esitetyt mobiilisovelluksella hallittavat nykyiset ja lisätoiminnot kuvaavat ennemminkin perinteisen tuotannonohjauksen tuotantoteoriaa, jossa tuotannonohjauksen pääpaino on työmaan toteutuneen ja suunnitellun tilanteen vertailussa ja tarvittaessa korjaavien toimenpiteiden johtamisessa. Kuitenkin koko työmaaprosessin ja yksittäisten tehtävien johtamisessa pääpainon tulisi olla suunnittelussa sekä tehtävien käynnistysedellytyksien ja häiriöttömän suorittamisen varmistamisessa. Rakennusprojektin tuotannonohjauksen tavoitteena on *Lean rakentaminen* -mallin mukaisesti koko tuotantoprosessin lopputuloksen hahmottaminen ja optimoiminen kasvattamalla tuotannon luotettavuutta sekä varmistamalla tehtävien aloitusedellytyksiä suunnitelmallisesti. Tuotannonohjauksen pyrkimyksenä ei tulisi olla yksittäisten osatehtävien tehokkuuden optimoiminen tai heikon tuotannosuunnittelun myötä ajautuminen

Koskelan mainitsemaan making do -hukkaa aikaansaavaan tilanteeseen, jonka seurauksen työnjohdon aika kuluu ongelmien ratkomiseen. Tuotannosuunnittelun merkitys nousi erittäin hyvin esille myös haastatteluissa keskusteltaessa tuotannonohjauksen haasteista ja tavoitteista.

”Eka tehään yleisaikataulu ja sitä kautta laaditaan työvaiheikataulut, niissä on yleensä vastaavakin mukana, ja niitä pitkin tehdään sitten viikkosuunnitelmat ja kaikki on mietitty kertaalleen läpi ennen kuin ruvetaan tekeen, mietitään että mestat on rauhoitettu ja kaikki niin kuin mietitään ennen kuin ruvetaan tekemään mitään. Ja se näkyy niin kuin myös työmaalla ettei siellä niin kuin turhaa työtä juurikaan tehdä. Se on kaikki tuottavaa.” (Haastateltava A 2012.)

6.3 Toimintamallin jatkokehityssuosituks

Tutkimustuloksista voidaan selkeästi nähdä että Skanska Talonrakennus Oy:n case-kohteissa käytössä olleella sovelluksella ei nykyisten toimintojensa ja käyttömahdollisuuksiensa puolesta pystytä puuttumaan tuotannonohjauksessa esiintyviin merkitykseltään suuriin ja todellisiin ongelmiin. Tästä huolimatta tutkimuksessa käytetty sähköinen tiedonhallintasovellus ja sen mukanaan tuoma toimintamalli rajallisineen käyttömahdollisuuksineen nähtiin kuitenkin molemmissa case-kohteissa hyödyllisenä ja toimivana. Mobiilisovelluksen ja koko toimintamallin kehittämismahdollisuuksista haastatteluiden perusteella oltiin yksimielisiä. Mobiilisovellusta tulisi jatkokehittää toimintojen ja käyttömahdollisuuksien osalta, jotta toimintamallilla voitaisiin mahdollisesti vastata laajemmin tuotannonohjauksessa esille nousseisiin haasteisiin ja ongelmiin. Haastatteluiden perusteella toimintamalli koettiin helposti yleistettävänä ja se tulisikin jatkossa ottaa käyttöön laajemmassa mittakaavassa kohdeyrityksen tulevassa projektissa. Toimintamallin laajentamisessa ja tulee kuitenkin kiinnittää toimintojen ja käyttömahdollisuuksien jatkokehittämisen lisäksi huomiota myös kuvassa 6.1. esitettyihin asioihin, jotka nousivat tutkimuksen perusteella keskeisimmiksi kysymyksiksi toimintamallin jatkokehittämisessä.



Kuva 5.2. Sähköisen tiedonhallintasovelluksen mukanaan tuoman toimintamallin jatko-kehityssuosituksia

Kuvassa 6.1. toimintamallin kehityssuosituksia on kuvattu ylhäältä alaspäin etenevänä prosessina. Kehitystoiminnan lähtökohtana tulee olla tuotannonohjauksen keskeisten toimintojen määrittely ja mallintaminen, tämä tulisi tutkimuksen perusteella suorittaa etsimällä yrityksen sisältä niin sanotut parhaat käytännöt, standardoimalla ne ja luomalla mittarit niiden kehittämiselle ja seuraamiselle. Keskeisillä tuotannonohjauksen toimilla tarkoitetaan sekä projektien lopputuloksen kannalta oleellisia että tuotannonohjauksessa projektista toiseen toistuvia toimintoja. Tuotannonohjauksen keskeisten toimintojen määrittelyssä ja mallintamisessa tulee kuitenkin ymmärtää rakentamisen projektiluonteisuus ja rakennusprosessin johtamisen henkilösidonnaisuus.

Kehitystoiminnan toisena kohtana on kuvan 6.1. mukaisesti valittujen tuotannonohjauksen toimintojen muuntaminen mobiilisti hallittavaan muotoon. Tällöin puhutaan mobiilisovelluksen toiminnoista ja käyttömahdollisuuksista. Toimintamallin implementoinnissa ja jatkokehittämisessä ei tule tapaustutkimuksen ja teoreettisen viitekehyksen tulosten perusteella tavoitella rakennusprojektien hallinnan mullistamista ja kaikkien tutkimuksessa esille tulleiden tuotannonohjauksen ongelmien poistamista, vaikka case-

kohteissa käytetyn sovelluksen kehittäjäorganisaatio asian näin näkee. Toimintamallia tulee kehittää enemminkin päivittäin käytettäväksi tiedonhallinnan apuvälineeksi, joka pitää sisällään vain rajallisen määrän käyttömahdollisuuksia. Mobiilisovelluksen suurin potentiaali on tuotannonohjauksessa vaadittavien tietojen ja dokumenttien hallinnassa, laadinnassa, hyödyntämisessä ja jakamisessa, kuten tutkimuksen kohdassa 3.2.3 Löfgren on todennut. Sovelluksella käytettävien toimintojen ensisijaisena tarkoituksena tulee olla projekteissa luotujen ja kerättyjen tietojen hyödyntäminen päivittäisessä tuotannonohjauksessa ja jatkuvassa tuotannonsuunnittelussa sekä tiedonvälityksessä että kommunikoinnissa. Näin ollen mobiilisovelluksen avulla tuotannonohjauksen joistakin osa-alueista, kuten ajallisesta seurannasta saataisiin jatkuvaa, mikä tukisi yksittäisten työtehtävien ohjaamisen lisäksi myös tehtävään liittyvien ja tehtävää seuraavien työvaiheiden ohjaamista ja suunnittelua. Tuotannon jatkuvan seuraamisen avulla tuotannossa esille tuleviin ongelmiin ja poikkeamiin pystyttäisiin reagoimaan nopeammin sekä informoimaan koko tuotanto-organisaatiota ongelmista reaaliaikaisesti. Tämä tarkoittaa että tuotannossa havaitut ongelmat nostettaisiin esille kaikkien osapuolien nähtäväksi ja yhdessä ratkottaviksi, sekä tarvittaessa uudelleen suunniteltavaksi Likerin esittämän Demingin ympyrän mukaisesti. Lisäksi toimintamallin tulee mahdollistaa että tuotannonsuunnittelusta vastaavat tahot pystyvät määrittelemään ja kokoamaan Last Planner -tuotannonohjausmenetelmän edellyttämiä materiaali- ja tietovirtoja jatkuvasti työmaalla ollessaan. Sovelluksella hallittavien toimintojen pääpaino olisi tällöin koko tuotantoprosessin johtamisessa ja vaihtelevuuden vähentämisessä yksittäisten tuotannon ongelmien ratkomisen sijaan. Toimintamallin jatkokehityksessä ja mobiilisti hallittavien tuotannonohjauksen osa-alueiden valinnassa tulee ottaa huomioon myös projekteissa kerättyjen tietojen hyödyntäminen koko yrityksen projektiliiketoiminnan kehittämisen näkökulmasta, kuten Bowden ja Vuori tutkimuksissaan ovat todenneet. Tällöin mobiilisovelluksen avulla tavoiteltaisiin samankaltaisia hyötyjä kuin Manskun Rastin kohteissa saavutettiin vika- ja puutelistauksen hyödyntämisellä eri osakohteiden välillä. Lisäksi yli projektien ulottuvalla rakennustoiminnan mittaamisella ja mittausdatan hyödyntämisellä saataisiin tuotannonohjauksesta ja -suunnittelusta kehitettyä luotettavampaa. Toiminnan jatkuvalla parantamisella ja oppimisella luotaisiin edellytykset systemaattisen tiedonkeruun ja tilastollisen analysoinnin avulla. Projektitasolla sovelluksella vaikutettaisiin tiedon reaali- ja oikea-aikaisuuteen, kun taas liiketoimintatasolla sovelluksen avulla projekteissa kerättyjä tietoja voitaisiin hyödyntää toiminnan analysointiin ja kehittämiseen.

Mobiiliin tai sähköisesti hallittavaan muotoon muutettavien tuotannonohjauksen osa-alueiden valinnassa, sekä saavutettavien hyötyjen tunnistamisessa ja tavoittelussa tulee kiinnittää huomiota myös Koskelan ja Kaizin esittämään toimintamalliin. ICT-teknologian implementoinnissa osaksi tuotannonohjausta ei tule unohtaa tuotannonohjauksen pääperiaatteita, eikä myöskään rakennustoiminnan erityispiirteitä. Pelkkä halu hallita rakennustyömaan tuotantoprosessia sähköisesti ei saisi olla kehitystoimintaa eteenpäin työntävä voima, vaan koko rakennusprosessin kehittämien tulisi olla toiminnan päätavoitteena.

Lisäksi toimintamallin laajentamisessa ja jatkokehittämisessä tulee kiinnittää huomiota nyt testattua stabiilimpaan ja virheettömämpään sovellukseen. Case-kohteissa käytetyn sovelluksen kiivas päivityssykli ja englanninkielisesti ohjattavat toiminnot ohjelmointivirheineen on tärkeää ratkaista ennen laajempaa käyttöä. Pilotoitavana olleen sovellustyökalun implementoiminen laajempaan käyttöön sellaisenaan voisi johtaa joko sovelluksen käyttämättä jättämiseen tai IT-tukikustannusten nousuun. Kohdeyrityksessä tulee pohtia tulisiko käytettävän sovelluksen kehittämisvastuu siirtää kohdeyritykselle itselleen. Tällöin sovelluksen päivittämis- ja kieliongelmissa päästäisiin eroon, eikä erillistä ASP-palvelun tarjoajaa tarvitsisi ottaa mukaan jo ennestäänkin kompleksiseen rakennusprojektien organisaatorakenteeseen. Sovelluksen kehitysvastuun siirtämisessä ulkopuoliselta taholta yritykselle itselleen turvataan myös sovelluksen integroiminen osaksi jo olemassa olevia tuotannonohjauksen tiedonhallintatyökaluja ja dokumenttipohjia. Jo käytettävien ja mobiilisti hallittavien tietotekniikkasovellusten keskinäisellä integraatiolla turvataan tuotannon johtaminen koko projektin näkökulmasta, kuten tutkimuksen luvussa 3.3.2 on todettu. Tällöin ICT-tekniikan katsotaan palvelevan rakentamisprosessia eikä toisin päin, kuten Löfgren on esittänyt. Työnjohdolle jo ennestään tutut tiedonhallintametodit ja toimintatavat muunnetaan digitaalisessa ja langattomassa muodossa hyödynnettävään formaattiin, minkä seurauksena saadaan näkyvimmit hyödyt sähköisistä tiedonhallintasovelluksista. Lisäksi vähentämällä rakennusprojektin hallinnassa käytettävien sovellusten välisiä rajapintoja saadaan rakennushankkeiden rakentamisvaiheen aikaisesta tietovirtaprosessista luotua kehittyvä, tarkentuva ja kaikkia hankkeen osapuolia palveleva prosessi.

Kuten tutkimuksessa aiemmin on todettu, rakennusalalla on käytettävissä kovin rajalliset määrät investointivaroja tutkimus- ja kehitystoimintaan, jonka organisointikin on sekä yritys- että teollisuustasolla huonosti johdettua ja sisältää paljon päällekkäisiä toimintoja. Tarkasteltaessa edellä mainittuja alan tutkimus- ja kehitystoiminnan ongelmia tapaustutkimuksen tulosten valossa, tulisi kohdeyrityksessä kiinnittää huomiota myös ICT-tekniikan ja rakentamisprosessien kehitystoiminnan tavoitteiden yhdenmukaisuuteen. Tavoitteiden yhdenmukaisuudella kehitystoiminta palvelisi paremmin yrityksen visiota. Kehitystoimintaa tulisi myös tutkimuksen perusteella viedä eteenpäin enemmän rakentamisen tuotantoprosessin näkökulmasta kuin tekniikan näkökulmasta.

7 YHTEENVETO

Tässä luvussa käsitellään koko tutkimustyön tuloksia ja verrataan tutkimuksen onnistumista sille asetettuihin tavoitteisiin. Luvussa tarkastellaan saatujen tutkimustulosten ja koko tutkimuksen luotettavuutta sekä tutkimuksen tuloksiin mahdollisesti vaikuttaneita virhelähteitä. Lisäksi luvussa esitellään myös tutkimusprosessin aikana heränneitä jatko-tutkimusaiheita.

7.1 Johtopäätökset ja tutkimustulosten luotettavuus

Tutkimuksen päätavoitteina oli arvioida sähköisen tiedonhallintasovelluksen mukanaan tuomia hyötyjä rakennustyömaan tuotannonohjauksen näkökulmasta ja tutkia sovelluksen mukanaan tuoman toimintamallin jatkokehitysmahdollisuuksia. Aihetta tutkittiin kirjallisuuskatsauksella ja tapaustutkimuksella. Tapaustutkimuksessa tutkimusmenetelmänä oli teemahaastattelu ja tarkasteltavana oli kaksi kohdeyrityksen case-työmaata joissa mobiilisovelluksen testaus toteutettiin.

Tutkimuksessa esitettyjen tulosten pohjalta voidaan selkeästi todeta rakennusalaan vaivaavat tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan haasteet, joiden voidaan katsoa osaltaan olevan vahvasti riippuvaisia toisistaan. Rakennushankkeiden eri osapuolten sitouttaminen projektiin, yhteisiin päämääriin ja sitä kautta asetettujen tavoitteiden saavuttaminen on suuresti riippuvainen tiedonhallinnan ja kommunikoinnin onnistumisesta. Kompleksisuuden kasvaessa projekteissa sekä tuotannonohjaamisesta että tiedonhallinnasta on tullut entistä haastavampaa ja siksi alalla tarvitaan erityisesti uusia tiedonhallintatyökaluja. Jatkovasti muuttuvassa tuotantoympäristössä tiedon saatavuudella ja oikea-aikaisuudella on suuri merkitys koko rakennushankkeen onnistumisen kannalta. Luvuissa 3 ja 4 esitettyjen tutkimustulosten pohjalta nähdään kuinka ICT-teknologiaa hyödyntävillä sovelluksilla voidaan vaikuttaa tiedonhallinnan ja tuotannonohjauksen ongelmiin. Sähköisillä tiedonhallintasovelluksilla voidaan vaikuttaa tutkimusten mukaan erityisesti tuotannonohjauksessa tarvittavan tiedon ja dokumenttien tarkastelussa, luomisessa ja välittämisessä esiintyviin ongelmiin. Sähköisen tiedonhallinnan ja mobiililaitteiden käytön seurauksen rakennusprojektien hallinnasta saadaan luotettavampaa ja tuotannonohjauksen yksittäisistä osa-alueista tehokkaampia. Tutkimuksen empiirisen osuuden tulokset tukevat vahvasti tätä väitettä.

Case-kohteissa mobiilisovelluksen käytön katsottiin vaikuttaneen positiivisesti tuotannonohjauksesta vastaavien tahojen toimintaan sillä toimintamallin katsottiin tuoneen mukanaan toiminnallisia ja laadullisia hyötyjä, joista seurasi ajallisia hyötyjä sekä työnohtajille että työntekijöille. Saavutetut ajalliset hyödyt olivat seurausta tuotannossa

esiintyneiden ongelmien ja häiriöiden hallinnan tehostumisesta. Sähköisen tiedonhallintaso-
 velluksen mukanaan tuoman toimintamallin avulla tuotannossa esiintyneiden häiriöiden ja ongelmien ratkaiseminen muuttui merkittävästi nopeammaksi suunnitelma-
 asiakirjojen hallinnan helpottumisen ja työnjohtaja–työntekijä tasolla tapahtuvan kom-
 munikaation parantumisen myötä. Tuloksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin huomata että
 tutkimuksessa ei otettu kantaa mobiilisovelluksen avulla ratkaistavien ongelmien juu-
 risyihin. Tapaustutkimuksessa ei otettu kantaa olisiko sovelluksen avulla ratkottuja on-
 gelmia voitu estää huolellisemmalla tuotannosuunnittelulla ja työhön opastuksella.
 Tämänkaltaisen hypoteesin testaamista ei ole otettu huomioon lainkaan myöskään tut-
 kimuksen luvuissa 3 ja 4 esitetyissä tutkimuksissa. Case-kohteissa mobiilisovelluksen
 avulla tuotannonohjauksesta vastanneet henkilöt pystyivät suunnitelma-asiakirjojen hal-
 linnan lisäksi laatimaan ja välittämään entistä tarkempaa tuotantoa koskevaa informaati-
 ota yli yritysrajojen. Kertaalleen kerättyjä tietoja pystyttiin hyödyntämään myös toi-
 minnan kehittämisessä, kuten vika- ja puutelistausprosessin yhteydessä osoitettiin. Mo-
 biilisovelluksen hyödyntäminen juuri jatkuvan parantamisen ja oppimisen apuvälineenä
 nousikin merkittäväksi toimintamallin kehittämisen näkökulmaksi. Tuotantoprosessin
 tarkempi mittaaminen ja seuranta mahdollistaisivat tarkemman ja ajantasaisemman tuo-
 tantoprosessin johtamisen ja toiminnan kehittämisen niin projekti- kuin yritystasolla.
 Lisäksi toimintamallin jatkokehittämisessä tulee kiinnittää huomiota sekä stabiilimpaan
 että valmiimpaan sähköiseen tiedonhallintaso-
 vellukseen. Haastatteluissa esille nousseet
 ongelmat, jotka koskivat sovelluksen käytettävyyttä, tulee ratkoa ennen laajamittaisem-
 paa käyttöä. Itse sovelluksen mukanaan tuomaa toimintamallia pidettiin hyödyllisenä.

Tuloksia tarkasteltaessa tulee kuitenkin ymmärtää rakennushankkeen johtamisen
 laaja-alaisuus ja henkilösidonaisuus sekä työmaaprosessit joita sovelluksilla ohjataan.
 Tutkimustuloksien tarkastelussa tulee myös tarkastella sovelluksen käyttöä koko tuo-
 tannonohjauksen toimenkuvan näkökulmasta, sillä nyt tutkitun sovelluksen hyödyntä-
 minen kattoi vain osan projektien johtamiseen vaadituista toimenpiteistä, tarkastellaan
 asiaa sitten *Lean rakentamisen* tai Project management Instituten julkaiseman ”A Guide
 to the Project Management Body of Knowledge” näkökulmasta. Lisäksi luvuissa 3 ja 4
 esitetyt tutkimustulokset ovat vahvasti ristiriidassa sekä Ballardin kehittämän Last Plan-
 ner -tuotannonohjausmenetelmän että Siikasen esittelemien ja haastatteluissa esille
 nousseiden tuotannonohjauksen haasteiden kanssa. Rakennustyömaan johtamisessa fo-
 kuksen tulee olla kysymyksessä *miksi laadunhallintaa ja aikatauluseurantaa tehdään,*
eikä miten laadunhallinnan ja aikatauluseurannan toimintojen suorittamista voitaisiin
nopeuttaa. Työnjohtajien ja tuotannonohjaamisesta vastaavien henkilöiden ajankäytön
 tehostuminen tulisikin nähdä vain yhtenä lähestymistapana arvioidessa mobiilisovellus-
 ten vaikutuksia. Työnjohdon ajankäytön tehostumista tärkeämpänä tulisi pitää koko
 rakennusprosessin lopputuloksen hahmottamista. Toisaalta laajamittaisemmalla mobiili-
 sovelluksien käytöllä osana tuotannonohjausta saadaan rakennustyömaan johtamisessa
 vaaditut tuotantosuunnitelmat ja laatudokumentit siirrettyä osaksi jokapäiväistä tehtävä-
 tason ohjausta, minkä seurauksena myös itse suunnitelmien ja dokumenttien laadinta ja
 hyödyntäminen paranevat ja kasvattavat merkitystään tuotannonohjauksessa. Kirjalli-

suuskatsauksen luvuissa 3 ja 4 esitettyjä tuloksia tarkasteltaessa *Lean rakentamisen* näkökulmasta voidaan huomata myös että sähköisen tiedonhallintasovelluksen mukanaan tuomat hyödyt koskettavat lähinnä transformaatio- ja flow-näkökulmia Koskelan esittelemässä integroidussa TFV-tuotantoteoriassa. Esimerkiksi Vaughanin esittämä hypoteesi tuotannonohjauksen tehostumisesta mobiilisovelluksen käytön seurauksena ei tule nähdä rakennusprosessin asiakkaalle arvoa tuottavana toimintana tai sen kasvuna. Tutkimuksessa ei otettu myöskään kantaa kuinka rakennusprojekteja tulisi todellisuudessa johtaa kohdeyrityksen toimintajärjestelmän näkökulmasta eli mitkä todella ovat niitä oikeita asioita kohdeyrityksen toimintajärjestelmän mukaan, joita rakennusprojektin johtamisessa tulisi tehdä. Voidaankin pohtia tulisiko mobiilisovelluksen implementointi ja kehittäminen aloittaa standardoimalla tuotannonohjauksen toimet hallituksi prosessiksi, ja vasta tämän jälkeen tulisi tutkia kuinka ICT-teknologiaa hyväksikäyttämällä näitä toimia voitaisiin parantaa. Vai onko itse asiassa edes olemassa selkeää mallia kuinka rakennusprojektiä tulee johtaa, ja onko rakentamisessa lopulta kuitenkin tärkeämpää kyky saavuttaa projektille asetetut tavoitteet kuin tapa jolla ne saavutetaan?

Tapaustutkimuksen luotettavuus

Teemahaastatteluiden tuloksien luotettavuutta ja varsinkin soveltuvuutta tarkasteltaessa tulee kiinnittää huomioita tutkittavana olleisiin case-kohteisiin ja niiden toimintatapaan. Molemmissa kohteissa mobiilisovelluksen mukanaan tuomat hyödyt tunnistettiin nopeasti implementoinnin jälkeen. Hyötyjen tunnistamisen seurauksena sovellusten ja laitteiden mahdollistamasta toimintamallista tuli välittömästi osa työnjohtajien päivittäistä toimintatapaa. Lisäksi tuloksiin voidaan katsoa vaikuttaneen haastateltujen henkilöiden suhtautuminen teknologiaan. Haastatteluiden perusteella kyseisissä case-kohteissa kaikki sovelluksen käyttäjät suhtautuivat myönteisesti ja avarakatseisesti uuteen teknologiaan. Vastaavanlaista pehmeää sovelluksen käyttöönottovaihetta ja päivittäistä sovelluksen hyödyntämistä ei saavuteta ilman riittävää implementointivaiheen opastusta ja käyttövaiheen vierihoitoa, jota case-kohteissa oli saatavilla. Voidaankin päätellä että esitetyt tutkimustulokset ovat tapaustutkimukselle tyypillisesti vahvasti sidoksissa tutkittuihin yksittäistapauksiin. Esimerkiksi tutkimuksessa esitetyt väitteet operatiivisen tason tuottavuuden parantumisesta perustuvat tuotannonohjauksesta vastaavien henkilöiden näkemyksiin eikä itse työntekijöiden näkemyksiin. Sovelluksen vaikutuksia operatiivisen tason toimintaan tulisikin lisätutkia. Haastattelutulosten luotettavuuteen voidaan katsoa vaikuttaneen myös tutkijan asema ulkopuolisena tahona. Haastateltavat eivät nostaneet esimerkiksi sovelluksen käytettävyyteen liittyneitä negatiiviset kokemukset keskusteluissa juuri lainkaan esille. Suurin osa negatiivisista käyttäjähavainnoista ja sovelluksen toimintahäiriöistä nousivat esille tutkijan keskusteluissa työn yritysohjaajan kanssa, sekä haastatteluissa sovelluksen implementoinnista ja käytön aikaisesta opastuksesta vastanneen henkilön kanssa.

Tapaustutkimuksen tulosten luotettavuuden puolesta puhuu teemahaastatteluissa koottujen tutkimustulosten yhdenmukaisuus. Kaikki tutkimuksessa haastatellut henkilöt

kokivat toimintamallin hyödylliseksi ja näkivät sen tuovan mukanaan niin laadullisia, toiminnallisia kuin ajallisiakin hyötyjä.

7.2 Jatkotutkimusehdotuksia

Tutkimuksessa käsiteltiin kattavasti rakennustoiminnan tehostamista ja tuotannonohjauksen ja tiedonhallinnan haastavuutta vahvasti työmaaprosessin kehittämisen näkökulmasta. Tutkimusprosessin edetessä esille nousi useita työmaaprosessin kehittämiseen liittyviä jatkotutkimusaiheita, joita käsitellään seuraavien otsikoiden alla lyhyesti.

1. Toiminnan standardoiminen ja jatkuva parantaminen

Tutkimusta tehdessä nousi esille varsin selkeästi tuotantoprosessin johtamistoiminnan henkilösidonaisuus. Rakennustyömaiden katsotaankin usein kuvastavan kohteen vastaavan työnjohtajan toimintamallia enemmän kuin yrityksen toimintajärjestelmää. Vahva henkilösidonaisuus yhdistettynä rakennusalan kyvyttömyyteen hyödyntää yksittäisissä projekteissa opittuja asioita sekä tulevilla projekteilla liiketoiminnan kehittämässä näyttäytyy haasteellisena mutta tarpeellisena tutkimuskohteena. Tarpeellista olisi selvittää, muun muassa kuinka tuotantoprosessia voitaisiin kehittää valikoimalla parhaat mahdolliset johtamistoimet ja millaisia mahdollisuuksia löytyisi näiden parhaiden käytäntöjen standardointiin. Rakennusalan kehittymisen kannalta olisi tärkeää tutkia kokonaisvaltaisesti ja yhdenaikaisesti toiminnan jatkuvan parantamisen kautta sekä projekti-kohtaisesti että liiketoiminnallisesti saatavien hyötyjen arviointia ja mittaamista. Tällöin tutkimuksessa tulisi huomioida sekä rakennusalan projektiluonteisuus että liiketoiminnan alalle asettamat lainalaisuudet.

2. Laajempi Lean-työkalujen hyödyntäminen

Tutkimuksessa käsiteltiin Lean-työkaluista vain yleisimmin rakennusalalla käytettyä Last Planner -tuotannonohjausmenetelmää. Tutkimuksen tekemisen yhteydessä esille nousi kuitenkin useita artikkeleita, joissa käsiteltiin laajempaa sähköisten tiedonhallintasovellusten ja Lean-työkalujen yhteishyödyntämistä. Varsinkin ICT-tekniikan hyödyntäminen tuotannon visuaalisessa johtamisessa nousi esille yhtenä työmaaprosessin kehittämiseen tähtäävän toiminnan näkökulmana. Mobiilisovelluksella hallittavien tavoitetaulukojen mukanaan tuomia hyötyjä tulisikin tutkia alalla laajemmin. Tavoitetaulukojen avulla työnjohto pystyisi visuaalisesti välittämään tuotantoa koskevaa tietoa suoraan työmaalle, jossa sitä tarvitaan. Tavoitetaulukojen avulla voitaisiin välittää tietoa muun muassa töiden etenemisestä, tuotannossa ilmenneistä häiriöistä ja tulevista muutoksista esimerkiksi työmaan liikennejärjestelyissä. Visuaalisen johtamisen katsotaan olevan tehokkaimmillaan juuri häiriöiden ja ongelmien hallinnassa. Ongelmat tuodaan esille kaikkien osapuolien nähtäväksi ja yhdessä ratkottavaksi. Tavoitetaulukojen ja visuaalisen johtamisen mukanaan tuomia hyötyjä tulisi testata esimerkiksi sisätyömaalla rakennustyömaan eri kerroksiin sijoitettavilla näytöillä, jotka informoisivat juuri kyseisen kerroksen tuotannon tilanteesta.

LÄHTEET

- Akinci B., Patton M., Ergen E. 2002. Utilizing Radio Frequency Identification on Pre-cast Concrete Components – Supplier’s Perspective. 19th International Symposium on Automation and Robotics in Construction. (ISARC), Maryland, USA, 23. – 25.9.2002. pp. 318- 386
- Andresen J., Baldwin A., Betts M., Carter C., Hamilton A., Stokes E., Thorpe T. 2000 A Framework for measuring IT innovation benefits. *ITcon*, 5, 4, pp. 57–72.
- Arakere V. Statoil Fornebu Vela Implementation report. 2011. Norway, Skanska Norge. Julkaisematon selvitys. 26 p.
- Artto K., Martinsuo M., Kujala J. 2008. Projekttiliiketoiminta. 2. painos. Helsinki, WSOY. 417 s.
- Ballan S., El-Diraby T. E. 2011 A Value map for communication systems in construction. *Journal of Information Technology in Construction*, 16, 44, pp. 745–760.
- Ballard H. G. 2000b The Last Planner System of Production Control. Doctoral thesis. Birmingham, United Kingdom. The University of Birmingham. 144 p. + appendices 48 p.
- Ballard H. G. 2000a. Lean Project Delivery System. [WWW]. [Viitattu 4.6.2012], Saatavissa: <http://www.leanconstruction.org/pdf/WP8-LPDS.pdf>
- Bowden S. 2005. Application of Mobile IT in Construction. Doctoral thesis. London, United Kingdom. Loughborough University. 195 p.
- Best R., Valence G. 2002. Design and Construction: Building in Value. Oxford, United Kingdom, Butterworth-Heinemann. 504 p.
- Dave B., Koskela L., Kagioglou M., Bertelsen S. 2008. A critical look at integrating people, process and information systems within the construction sector. Proceedings of the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Manchester, United Kingdom, 16.-18.6.2008. International Group for Lean Construction. pp. 795–807.
- Eriksson P., Koistinen K. 2005. Monenlainen tapaustutkimus. Helsinki, Kuluttajatutkimuskeskus, julkaisu 4:2005. 49 s.
- Haverila M., Uusi-Rauva E., Kouri I., Miettinen A. 2005 Teollisuustalous 5. painos. Tampere, Infacs Oy. 510 s.
- Hietanen J. 2008. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakentamisen tietomallintamisen perusteet – kurssin luentoaineisto.
- Hirsjärvi S., Hurme H. 2000. Tutkimushaastattelu, teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki, Yliopistopaino. 213 s.

- Ihonen M. 2010. Mobiiliavusteisen rakennusprojektin seurantajärjestelmän suunnittelu ja toteutus. Diplomityö. Lappeenranta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 100 s. + liitt. 3 s.
- Junnonen J.-M. 2010. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. Helsinki, Suomen Rakennusmedia Oy. 148 s.
- Junnonen J.-M., Kankainen J. 2006. Rakennusalan muutostrendit Suomessa. Rakentajain kalenteri 2007. Hämeenlinna, Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry & Rakennustietosäätiö. s.504–509
- Kanerva J., Haapasalo H. 2005. Mobiiliteknologia rakennus- ja kiinteistöalalla. Helsinki, Tekes, Teknologia katsaus 187/2005. 28 s.
- Kankainen J., Junnonen J.-M. 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot, Tampere, Rakennustieto Oy. 76 s.
- Kankainen J., Pekkanen J. 2005. Rakennusprojektin johtaminen. Rakentajain kalenteri 2005. Hämeenlinna, Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry & Rakennustietosäätiö. s.556–564
- Kankainen, J. Sandvik T. 1999. Rakennushankkeen ohjaus. 3. painos. Helsinki, Rakennustieto Oy. 103 s.
- Kim D., Park H.-S. 2006. Innovative Construction Management Method: Assessment of Lean Construction Implementation. Journal of Civil Engineering 10, 6, pp. 381–388
- Kimoto K., Endo K., Iwashita S., Fujiwara M. 2005. The application of PDA as mobile computing system on construction management. Automation in Construction 14, 4, pp. 500–511.
- Koivu T. 2002. Toimintamalli rakentamisprosessin tukemiseksi. Väitöskirja. Espoo. VTT Publications 475. 174 s. + liitt.32 s.
- Koskela L. 2000. An exploration towards a production theory and its applications to construction. Doctoral thesis. Espoo. Technical Research Centre of Finland, VTT Publications 408. 296 p.
- Koskela L. 2004. Making do – the eight category of waste. Proceedings of the 12th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Helsingor, Denmark, 3.-5.8.2004. International Group for Lean Construction. 10 p.
- Koskela L., Kazi A. 2003. Information Technology in Construction: How to Realise the Benefits? In: Clarke S., Coakes E., Hunter M., Wenn A. Socio-Technical and Human Cognition Elements of Information Systems. USA, Information Science Publishing. pp. 60–75.
- Koskela L., Koskenvesa A. 2003. Last PlannerTM – tuotannonohjaus rakennustyömaalla. Espoo, VTT Tiedotteita 2197. 82 s. + liitt. 20 s.

- Koskela L., Stratton R., Koskenvesa A. 2010. Last Planner and critical chain in construction management: comparative analysis. Proceedings of the 18th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Haifa, Israel, 14.-16.6.2010. . International Group for Lean Construction. pp. 539 – 547.
- Koskenvesa A. 2010. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustuotannon ohjaus – kurssin luentoaineisto.
- Koskenvesa A. 2011. Tuottavuus nousuun. Rakennustaito, 106, 7, s.14–17.
- Koskenvesa A. 2012. Tukija, Diplomi-insinööri, Tampereen teknillinen yliopisto, Mit-taviiva Oy. Puhelinkeskustelu 22.3.2012. Muistiinpanot Antti Paavilaisella
- Koskenvesa A., Sahlstedt S. 2011. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki, Rakennustieto Oy. 144 s.
- Koski H. 1995. Rakennushankkeen tuotannosuunnittelu ja –ohjaus. Tampere, Tampe-reen teknillinen korkeakoulu ja Rakennustieto Oy. 95 s. + liitt. 18 s..
- Koski H. 2010. Rakentamisen tuotantotekniikka. Ratu KI-6020. Helsinki, Rakennustieto Oy. 274 s.
- Koski H., Koskela L. 2001. Talonrakentamisen työmaaprosessin re-engineering, esitut-kimus. Tampere. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Rakentaminen ja kiinteistön-hallinta. 37 s.
- Lam K. C., Ng S. T. 2006. A cooperative Internet-facilitated quality management envi-ronment for construction. Automation in Construction, 15, 1, pp. 1–11.
- Lappalainen M-L. 2011. Rakennustyömaan esimiestyön haasteet. Mestarityö. Helsinki, Metropolia Ammattikorkeakoulu. 44 s. + liitt. 2 s.
- Lean Construction Institute -FI. [WWW]. [Viitattu 17.1.2012]. Saatavissa: www.lci.fi/fi/content/lean-construction
- Lecklin O. 2006. Laatu yrityksen menestystekijänä. Helsinki. Talentum, Tekniikka & Talous-kirjasarja. 408 s.
- Lehtinen S. 2012. Tampereen teknillinen yliopisto. Mallintaminen II – kurssin luento-materiaali 33 s.
- Leskinen S. 2006. Mobile Solutions and the Construction Industry. Is it a working com-bination? Espoo, VTT Publications. 92 p.
- Li H., Lu W., Huang T. 2009. Rethinking project management and exploring virtual design and construction as a potential solution. Construction Management and Econom-ics 27, 4, pp. 363–371
- Liker J. K. 2006. Toyotan tapaan. Helsinki. Readme.fi. 323 s.
- Lu W., Huang G., Li H. 2011. Scenarios for applying RFID technology in construction project management. Automation in Construction, 20, 5, pp. 101 – 106.

- Löfgren A. 2006. Mobile computing and project communication. Licentiate Thesis. Stockholm, Sweden. Royal Institute of Technology. 94 p.
- Löfgren A. 2008. Making mobile meaning – expectations and experiences of mobile computing usefulness in construction site management practice. Doctoral thesis. Stockholm, Sweden. Royal Institute of Technology. 191 p.
- Manninen A-P. 2009. Väylähankkeen esisuunnitteluvaiheen kustannushallinta. Väitöskirja. Espoo. Teknillinen korkeakoulu, insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. 173 s.
- Matinmikko T., Möttönen V., Tolman A., Tulla K., Siira E., Törmänen V., Vähä P. 2009. Mobiili-ICT kiinteistö- ja rakennusalalla. Espoo, VTT Tiedotteita 2463. 50 s. + liitt. 7 s.
- Merikallio L., Haapasalo H. 2009. Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämis-kohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. Espoo, Rakennusteollisuus RT ry ja Lean Construction Institute Finland. Yhteisraportti 2009. 43 s.
- Metsämuuronen J. 2006. Laadullisen tutkimuksen käsikirja. Jyväskylä, International Methelp Ky. 750 s.
- Mitchell V., May A., Bowden S., Thorpe T. 2006. Using Mobility as a Conceptual Framework for Informing the Design of Mobile ICT for Construction Professionals. Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services, Helsinki, Finland, 12.-15.9.2006. New York, NY, ACM. 4 p.
- Oikari V. 2010. Taloteknisten töiden tuottavuuden parantaminen. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. 80 s. + liitt. 31 s.
- Osaava, avautuva ja uudistuva Suomi. 2004. Suomi maailmantaloudessa -selvityksen loppuraportti. Helsinki, Valtioneuvoston kanslia, julkaisusarja 19/2004. 148 s.
- Pirolli M. Bassängkajen Field Mobility Case Study. 2011. Sweden, Skanska Sverige. Julkaisematon selvitys. 5 p.
- Rautiainen A. 2012. Mallinnusta käytetään jo tuotannossa työmailla. Rakennuslehti, 46, 6, s. 10–11.
- RT 10-11078. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, Osa 13. Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa. Rakennustietosäätiö RTS ja COBIM -hankkeen osapuolet. 9 s.
- Ruwanpura J.Y., Hewage K.N., Silva L.P. 2012. Evolution of the i-Booth onsite information management kiosk. Automation in Construction, 21, 7, pp. 52–63
- Sacks R., Radosavljevic M., Barak R. 2010. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. Automation in Construction, 19, 5, pp. 641–655

- Salminen J. Rakennushankkeen tietojärjestelmät. 2010b. Tampereen teknillinen Yliopisto. Rakennustuotannon ohjaus – kurssin luentoaineisto. 33 s.
- Salminen J. 2010a. BIM:iin asetettu liikaa odotuksia. Rakennuslehti, 44, 29, s.3.
- Seppänen O., Ballard G., Pesonen S. 2010. The Combination of Last Planner System and Location-based Management System. Lean Construction Journal 2010, pp. 43–54.
- Skanska Talonrakennus Oy:n rakentamisen prosessikartta. [WWW]. [Viitattu 12.2.2012], intranet-sivut
- Sulakivi K., Lakka A., Luedke M. 2002b. Projektin hallinta sähköisen tiedonsiirron ympäristössä. Espoo, VTT Publications 469. 168 s. + liit. 1 s.
- Sulankivi K., Nykänen V., Koskela L. Teriö O. 2002a. Nykyinen suunnittelu-rakentamisprosessi, lähtötilannekuvaus tuotemalliteknologiaa hyödyntävälle prosessille. Espoo, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 36 s.
- Wang L., Lin Y., Lin P. 2007. Dynamic mobile RFID based supply chain control and management system in construction. Advanced Engineering Informatics 21, 4, pp. 377–390.
- Vaughan J. 2011. Effects of One Innovative Technology on CM Time. Master Thesis. Raleigh, USA. North Carolina State University. 71 p. + appendices 25 p.
- Vaughan J., Senner W. Building Innovation, Applications on the James B. Hunt Jr. Library Project. 2011. USA, Skanska USA Building. Julkaisematon selvitys. 58 p.
- Vela Systems. [WWW]. [Viitattu 23.2.2012]. Saatavissa: <http://www.velasystems.com/>
- Womack J. P., Jones D. T., Roos D. 1991. The Machine that changed the world: the story of lean production. 1st edition. New York, USA, Harber Perennial. 323 p.
- Yin R.K. 2003. Case study research: design and methods. California, USA, Thousand Oaks. 181 p.
- Vuori V., Myllärinniemi J., Hannula M., Nippala E., Ala-Kotila P., Riihimäki M. 2008. Rakennusalan liiketoimintatiedon hallinnan opas. Helsinki, Tampereen teknillinen yliopisto ja Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 79 s.
- Yang L. 2007. Exploring the links between technology usage and project outcomes. Construction Management & Economics 25, 10, pp. 1041–1051

LIITTEET

Liite 1: Haastatteluluettelo, 1 s.

Liite 2: Teemahaastattelurunko, 2 s.

Liite 1: Haastatteluluettelo

Haastateltava	Tehtävä, toimenkuva	Haastattelu- ajankohta
Pakkala Petri	Vastaava mestari	11.5.2012
Häyrynen Antti	Työnjohtaja	11.5.2012
Olli Jaakko	Tuotantoinsinööri	11.5.2012
Wunsch Pertti	Tuotantovastaava	24.4.2012
Talo Antti	Kehitysinsinööri	24.4.2012
Räikkä Niko	Työnjohtaja	19.4.2012
Pyökeri Tomi	Työnjohtaja	18.4.2012
Oikari Ville	Projekti-insinööri / Hankekehityspäällikkö	18.4.2012

Liite 2: Teemahaastattelurunko

Haastattelurunko mobiilisovelluksen eli Vela Systemsin ja Apple iPad – tabletin pääkäyttäjille, työmaatoimihenkilöille.

Mobiilisovelluksen käyttö tuotannonohjauksessa

- Kertokaa kuinka olette käyttäneet mobiilisovelluksia työssänne.

Mobiilisovelluksen vaikutukset tuotannonohjaukseen ja -suunnitteluun

- Mitenkä näette mobiilisovelluksen vaikuttaneen jokapäiväisiin tuotannonohjaus ja -suunnittelu toimenpiteisiin?
- Onko projektissa käytettävä mobiilisovellus ja tablet-tietokone helpottanut puuttumista tuotannon häiriöihin ja ongelmiin? Esimerkiksi onko sovelluksen avulla pystytty tehokkaammin seuraamaan ja valvomaan tuotantoa, jonka seurauksena häiriöihin pystytään puuttumaan jo ennen kuin ne ilmenevät?
- Millaisia ongelmia mobiilisovelluksen käytöstä on mahdollisesti aiheutunut tuotannonohjaus- ja -suunnittelu toimintaan?
- Minkälaisia ongelmia näette projektien tuotannonohjaamisessa ja -suunnittelussa yleisellä tasolla?

Velan tai vastaavan mobiilisovelluksen laajamittaisempi hyödyntäminen tuotannonohjauksen tukena

- Mitenkä näette, voisiko projektissa käytetyn kaltaisia mobiililaitteita ja -sovelluksia hyödyntää rakennustyömaan johtamisessa laajemminkin kuin tässä projektissa on käytetty?
- Kuinka käytännöllinen projektissa käytetty mobiilisovellus ja laite teidän mielestänne on, toisin sanoen onko laite ja ohjelma helppokäyttöisiä ja soveltuvatko ne työmaan vaatimaan tuotantoympäristöön?
- Minkälaisia käyttömahdollisuuksia näette mobiilisovelluksilla ja -laiteilla olevan tässä projektissa käytätettyjen ominaisuuksien lisäksi?
- Mitä pidätte suurimpana esteenä Velan tai vastaavan mobiilisovelluksen laajamittaisemmalle käytölle?
 - Sovellus itsessään ei toimi
 - Laitteet eivät sovellu työmaaympäristöön
 - Liian paljon päällekkäisiä ohjelmia ja sovelluksia
 - Kaikki projektin osapuolet eivät ole mukana

Mobiilisovelluksen vaikutukset projektiorganisaation sisäiseen tiedon kulkuun, kommunikointiin ja yhteistoimintaan

- Mitenkä koette mobiilisovelluksen vaikuttaneen projektiorganisaation tiedon kulkuun ja välittämiseen, onko se parantunut, huonontunut, vai pysynyt ennallaan?
- Tulisiko ensisijaisesti pyrkiäkin parantamaan projektin muiden osapuolien, ali- ja sivu-urakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien valmiuksia tiedonkulun ja kommunikoinnin osalta, vai tulisiko yhteistoimintaa pyrkiä parantamaan näin päätoteuttaja vetoisesti?
- Onko mobiilisovellus parantanut omasta mielestänne projektin aiemmassa vaiheessa, Skanska talon toteutuksen yhteydessä kerätyn tietopääoman hyödyntämistä projektin tässä toisessa vaiheessa, jos on niin kuinka?
- Minkälaisia ongelmia näette projektien tiedonhallinnassa ja kommunikoinnissa yleisellä tasolla?