

Matthew O'Loughlin

ASUNTORAKENTAMISEN LAADUNVARMISTUS TAHTITUOTANNOSSA

ASUNTORAKENTAMISEN LAADUNVARMISTUS TAHTITUOTANNOSSA

Matthew O'Loughlin
Opinnäytetyö
Syksy 2023
Rakennusprojektin tehokas johtaminen,
YAMK
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu

Rakennusprojektin tehokas johtaminen -tutkinto-ohjelma, tekniikan ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Tekijä: Matthew O'Loughlin

Opinnäytetyön nimi: Asuntorakentamisen laadunvarmistus tahtituotannossa

Työn ohjaajat: Tuomas Aalto, Otto Alhava, Ville Väättäjä & Vesa Moilanen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2023

Sivumäärä: 100 + 2 liitettä

Rakennusalan yksi tämän hetken tärkeimpiä trendejä on tahtirakentaminen, jolla on haettu läpimenoajan lyhentämistä. Jatkuvan läpimenoajan lyhentämisen yhdeksi esteeksi on muodostunut virheiden määrä, joiden vuoksi virheitä pitää palata korjaamaan jälkikäteen. Laadunvarmistusprosessia ei ole muutettu soveltumaan paremmin tahtituotantoon.

Tutkimuksen tavoitteena oli muodostaa kohdeyritykselle yksiosaiseen virtaukseen sopiva laadunvarmistus -toimintatapa luomalla uudet laadunvarmistuksen käytänteet sisätyövaiheelle. Työ tehtiin Fira Rakennus Oy:n asuntorakentamisen linjalle, joka valmistaa lähinnä uudisasuinkerrostaloja pääkaupunkiseudulle. Tutkimus tehtiin tapaustutkimuksena, jossa vertailtiin kohdeyrityksen sisätyövaiheita viikon tahdilla rakennetun kohteen ja puolen päivän tahdilla rakennetun kohteen välillä. Aineistonkeruumenetelminä olivat havainnointi ja teemahaastattelut, jonka lisäksi vertailtiin luovutusvaiheessa pääurakoitsijan laatimia vika- ja puutelistoja keskenään. Tietoperustassa tutkittiin tahtituotantoa, laatujohtamista ja valmistavaa teollisuutta. Valmistavan teollisuuden kirjallisuudessa pääpaino oli Toyotan tavassa, josta lean-filosofia on kehittynyt, sekä vaihtelun ymmärtämisessä. Tämän lisäksi perehdyttiin rakennusalan nykyiseen laadunhallintaan.

Tahtityömailla suoritettujen havainnointien perusteella laadittiin teemahaastattelulle runko, sekä alustava ehdotus laadunvarmistusmenetelmäksi, jota haastateltavat pääsivät kommentoimaan. Havaintojen, haastattelujen ja vikalistojen vertailun perusteella koottiin lopulliset tulokset, joka sisälsi toimintatapaehdotuksen laadunvarmistusprosessiksi osaprosesseineen. Lisäksi otettiin kantaa tiedonkeruuseen.

Keskeisinä tuloksina havaittiin, että viikon tahti ei poikkea olennaisesti perinteisestä rakentamisesta, eikä siten tulisi rinnastaa valmistavan teollisuuden tahtituotantoon. Puolen päivän tahdilla päästään jo lähemmäs ajatusmaailmaa, joka tahtituotannon taustalla on. Puolen päivän tahti mahdollistaa jatkuvan parantamisen hankkeen sisällä ja yhdistettynä valmistusprosessin haltuunottoon, voi olla yksi avain rakennusalan tuottavuuden kasvuun.

Tutkimuksen keskeisimpiä johtopäätöksiä on, että laadunvarmistuksen tulee keskittyä jatkuvan parantamisen filosofian ja nollavirhekulttuurin luomiseen. Ehdotettava malli pyrkii toimimaan pohjana, jonka avulla voidaan lähteä vakauttamaan valmistusprosessia ja luoda jatkuvan parantamisen kulttuuri. Prosessi tulee ottaa osaksi jokapäiväistä työskentelyä hankkeen jokaisella tasolla.

Asiasanat: Laadunvarmistus, valmistuslaatu, lean, jatkuva parantaminen, tahtituotanto, uudisrakentaminen.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Master of Engineering, Degree Programme in High-Performance Construction Management

Author: Matthew O'Loughlin

Title of thesis: Quality assurance of residential construction in takt production

Supervisors: Tuomas Aalto, Otto Alhava, Ville Väättäjä & Vesa Moilanen

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2023

Number of pages: 100 + 2 appendices

One trending subject among the construction industry today is the takt planning and takt control (TPTC). The aim of the takt has been to shorten the lead time of construction projects. However, the number of defects has become an obstacle to continuously shorten the lead time. One reason for this is, that the quality assurance process has not been developed to meet the requirements of the TPTC.

The objective of this case study was to come up with a quality assurance model that is compatible with one-piece flowing TPTC. The work was conducted for a medium-sized construction company Fira Rakennus oy and its new apartment construction division. The case study compared TCTP-based interior phases on two construction sites, the other used a 5-day takt time and the other used a 4-hour takt time.

A literary review was conducted that focused on TPTC, lean philosophy, the Toyota Way, quality management, continuous improvement and the quality control currently practiced in Finnish construction companies. The review also delved into the theory of variation and stableness of manufacturing process. The methods used for collecting research material were observation and semi-structured interviews.

Based on the observation and the semi-structured interviews, the case study proposed a model for quality assurance in takt production. The key findings were that the 5-day takt time does not behave like the takt time in manufacturing industry, but the 4-hour takt time resembles more the takt time of e.g. the Toyota production system. Thus the 4-hour takt time enables the introduction of effective practices for continuous improvement and the beginning of the stabilization of the manufacturing process. The proposed model for quality assurance tries to act as the basis for the adoption of a culture of continuous improvement and zero defects.

Keywords: Quality assurance, lean, manufacturing quality, continuous improvement, takt production, new construction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset.....	10
1.2	Tutkimusmenetelmät	11
2	LAATU JA TAHTIRAKENTAMINEN	13
2.1	Laatu ja johtaminen	13
2.2	Toyota ja lean.....	15
2.3	Valmistusprosessissa ilmenevä vaihtelu	23
2.4	Tahtirakentaminen.....	27
2.4.1	Tahtiaikasuunnittelu	29
2.4.2	Tahtiohjaus	31
2.5	Laadunvarmistus rakentamisessa	33
2.6	Jatkuva parantaminen	37
3	KOHDEYRITYKSEN SISÄVALMISTUSVAIHEEN KEHITTÄMINEN	39
3.1	Tuotanto viikon tahdissa.....	41
3.2	Viikon tahti käytännössä.....	42
3.2.1	Laadunvarmistus viikon tahdissa	43
3.2.2	Työmaalta kerätty data.....	54
3.2.3	Viikon tahdin ongelmia	57
3.3	Teollinen laadunvarmistus.....	59
3.4	Puolen päivän tahti.....	60
3.4.1	Vantaan kohteen esittely.....	60
3.4.2	Havainnot.....	61
3.4.3	Haastattelut.....	67
3.5	RU Itselleluovutusten havaintojen vertailu.....	79
4	TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET	83
4.1	Viikon tahti laadunvarmistuksen näkökulmasta	83
4.1.1	Nykyisen järjestelmän toimivat käytänteet ja ongelmakohdat	83
4.1.2	Nykyinen reagoititapa esteisiin ja korjaustavat.....	84
4.1.3	Nykyinen työmaalta talteen saatava laatuun liittyvä tieto	84
4.2	Laadunvarmistuksen prosessi korkeintaan päivän tahtituotannossa	85
4.2.1	Puolen päivän tahdin ero viikon tahtiin.....	85

4.2.2	Työn suorittajan oman työn tarkastaminen ja pääurakoitsijan laatutarkastukset suhteessa aikatauluun	85
4.2.3	Korjaustyön takaisinvirtauksen vähentäminen	90
4.3	Johtopäätökset	92
5	POHDINTA	94
	LÄHTEET	97
	LIITTEET	101

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Fira Rakennus Oy. Fira on pääasiassa pääkaupunkiseudulla toimiva rakennusliike, joka tekee niin uudis- kuin korjausrakentamista. Yhtiö on perustettu 2002 (Kauppalehti 2023) ja tällä hetkellä jakaantuu neljään linjaan: asuntorakentamiseen, toimitilarakentamiseen, modernisointiin ja asuntoremontteihin (Fira 2023). Ennen keväällä 2022 tapahtunutta konsernin jakaantumista, samassa konsernissa oli lisäksi ohjelmistokehitysyritys ja kylpyhuone-elementtitehdas (Eerola 2022).

Firalla on menossa asuinrakentamisen kehitysprojekti, jossa tavoitellaan merkittävästi nopeutettua läpimenoaika uudisrakentamisessa tahtituotantoa hyödyntäen. Opinnäytetyön tekijälle on annettu tehtäväksi kehittää projektin sisällä asuntorakentamisen laadunvarmistusta tavoitteena sellaiset käytänteet sisävaiheen tahtituotannolle, millä kohteiden tavoiteltu läpimenoaika toteutuu valmiin kohteen laadun kärsimättä.

Yhä useampi rakennusyritys on siirtynyt käyttämään tahtituotantoa, mutta laadunvarmistusjärjestelmät ovat jääneet vastaamaan perinteisen rakentamisen järjestelmiä. Laadunvarmistus nojaa vahvasti prosessiin, jonka vaiheita ovat mallikatselmus, työkohteen vastaanotto, alurakoitsijan itselleluovutus, osakohteen vastaanotto ja urakan vastaanotto. Tälle prosessille korjausaikoinen ei kuitenkaan ole tahtituotannon tahdeissa varattu niiden todellisuudessa vaatimaa aikaa.

Nykyisessä rakentamisen tahtituotannossa käytetään myös maailmalla yleisesti viikon tahtia (Mölsä 2019). Tällöin jatketaan vanhalla alihankitulla urakkatyöllä, mutta annetaan normaalia pienempi välitavoite. Tyypillinen välitavoite on, että alurakoitsijan töiden tulee valmistua yhdessä asuinkerroksessa viikossa. Aikaisemmin urakoitsijalle on yleensä annettu välitavoitteeksi, milloin eri rapuissa töiden tulee alkaa ja milloin valmistua, sekä milloin töiden tulee olla vastaanotettuna eli tarkistettuna rapuittain. Alurakoitsija itse kuitenkin päättää, missä järjestyksessä hän tekee työt, ja osittain myös valikoi tehtävät työt neuvottelemalla urakkarajoistaan. Viikon tahdissa urakkatyöt ovat tosiasiallisesti käynnissä vain yhdessä tai kahdessa asunnossa per kerros. Koska välitavoitteessa määriteltyjen töiden todellinen kesto harvoin on viikkoa, voi olla päiviä, jolloin melkein koko rapussa ei tapahdu mitään muuta kuin urakkarajojen väliin jääneiden tuntihinnoittelupohjaisesti tehtävien töiden suorittamista. Tätä viikon tahtia kutsutaan erätuotannoksi.

Perinteisessä mallissa alaurakoitsijan työnjohtaja on harvemmin täysipäiväisesti työmaalla ja käy siellä vain tarvittaessa tai pyynnöstä. Yhdellä käynnillä on tyypillisesti hoidettu useamman kerroksen työkohteen vastaanotot ja osakohteen vastaanotot yhdessä pääurakoitsijan kanssa. Viikon tahdissa tämä on koettu vielä mahdolliseksi, koska viikon tahtiajassa on yleensä niin paljon ylimääräistä aikaa töiden todelliseen keston verrattuna. Silloin tämä prosessi on yhä toteutettavissa, mutta tiheämmällä tarkastusvälikillä. Lyhyemmän tahtiajan tuotantoon siirryttäessä nämä tarkastukset korjauksineen on oletettu tahdistaviksi tekijöiksi, jotka venyttäsivät läpimenoaikaa tarpeettomasti.

Tämä tutkimus lähti liikkeelle asuinkerrostaloprojektista, jonka viikon tahdilla toteutetun tuotannon havainnot osoittivat, että luovutusvaiheeseen jäi tuhansia virheitä korjattavaksi. Syiksi epäiltiin, että tarkastuksia suoritettiin liian harvoin työnjohtajien toimesta ja työntekijöiden ja alaurakoitsijoiden laadunvarmistus puuttui käytännössä kokonaan. Virheistä seurauksena oli kohtuuttoman pitkä viimeistelyvaihe puhumattakaan siitä, että liian myöhäisessä vaiheessa virheiden korjaaminen maksoi huomattavasti enemmän kuin ajoissa puuttumalla olisi.

Jatkuvan läpimenoajan lyhentämisen yhdeksi esteeksi on muodostunut virheiden määrä, joiden vuoksi virheitä pitää palata korjaamaan jälkikäteen. Laadunhallinnasta puuttuu mekanismi, jolla virheet saataisiin tarkemmittauksilla kiinni silloin, kun niiden korjaaminen olisi vielä suhteellisen halpaa. Virheet kerääntyvät toistensa päälle ja romahtavat viimeistelyvaiheessa kerralla korjattavaksi. Osittain kyse on myös siitä, että rakennusteollisuuden sisällä on suurta vaihtelua toleransseissa, eivätkä runkovaiheen betonirakentamisen toleranssit ole yhteensopivia sisävaiheen toleranssien kanssa. Niinpä nykyisessä alaurakointimallisessa rakentamisessa virheiden määrä on liian korkea verrattuna valmistavaan teollisuuteen.

Työmailla on olemassa päivittäistä tekemistä hyvin palvelevia käytänteitä, jotka ovat hioutuneet käyttöön aikojen saatossa, kuten runkovaiheen ”spraypullotekniikka”, jossa runkotyönjohtaja ja eri osapuolet kiertävät kerrokset korjaajan kanssa ja merkkäavat eri väreillä kunkin maksettavaksi menevät virheet ja puutteet. Merkit riittävät korjaajalle ja niistä huomaa kuka vain ohikulkijakin, onko virheet korjattu. Kierroksesta syntyy juridisesti sitova sopimus korjauksista ilman tarvetta kirjoittaa pöytäkirjoja. Tämän ja muiden vastaavien käytössä olevien käytänteiden heikkous vaan on, että ne eivät jätä jälkeensä analysoitavaa dataa. Avuksi kehitetyt digitaaliset työkalut pyrkivät auttamaan virheiden dokumentoimisessa, mutta varsin usein kuulee, että nämä työkalut koetaan raskaiksi

käyttää ja otetaan käyttöön vasta, kun ollaan varmoja, että virheitä ei ole enää montaa kappaletta. Datan puuttuessa toimintaa ja laatua ei saada kehitettyä yritystasolla.

Yrityksen tarkoituksena on siirtyä yksiosaiseen virtautettuun tahtituotantoon, jolloin sisävaiheen valmistusprosessi virtaa mahdollisimman nopeasti asunnon läpi. Käytännössä työt on järjestetty peräkkäin niin, että kohteella on mahdollisimman paljon ihmisiä yhtä aikaa töissä. Tällöin pääura-koitsijan täytyy ottaa valmistusprosessi itselleen haltuun ja varmistaa, että jokaisella työpaketilla on oma resurssi, joka pysyy tahdissa määritetyllä alueella, eikä siirry työmaan sisällä muualle saatikka toiselle työmaalle välissä.

Kohdeyrityksellä kehitetään jatkuvasti tahtituotantoa ja osana tätä kehitystyötä keväällä 2023 Vantaalla pilotoitiin erityistä monitoimityöryhmää, jonka tehtävänä oli saattaa asunnot valmiiksi kalusteasennuksen valmistumisesta eteenpäin eli laminaattiasennuksesta viimeistelyyn asti. Työ keskittyy tämän monitoimityöryhmän laadunvarmistuksen ympärille puolen päivän tahdissa. Edeltävät työvaiheet eivät olleet tahdissa.

Työ linkittyy pitkään listaan kohdeyritykselle tehtyjä tahtituotantoon liittyviä insinööri- ja diplomitöitä ja pyrkii toimimaan näiden töiden luontevana jatkumona (kts. esim. Mustonen 2018; Forssell 2021; Kajander 2021; Suutarinen 2023). Tahtituotannon voi sanoa olevan rakennusalan lopputöiden trendiaihe, joten joka päivä tulee lisää tutkimustietoa, mutta laatua viikon tahtia nopeammassa tuotannossa ei ole tutkijan tiedon mukaan tutkittu missään työssä.

Tämän tutkimuksen tekijä sai kohdeyritykseltä laadunvarmistuksen kehittämiseen tehtävänannon jo syksyllä 2021 ja tässä kehittämistyössä syntynyttä tietoa on käytetty hyväksi tässä tutkimuksessa kuvaamaan yrityksen laadunvarmistuksen nykytilaa asuntorakentamisen linjassa.

Tutkimuksen alussa perehdytään tarvittavalla tarkkuudella tahtirakentamiseen ja sen taustalla olevaan Lean-ajatusmaailmaan, joka puolestaan perustuu Toyotan tuotantosysteemiin. Tätä tukemaan perehdytään Toyotan tuotantosysteemissä taustalla vaikuttaneisiin laatuajatuksiin, joista yritetään löytää vastausta siihen, miksi tahtituotannon itsessään ajatellaan parantavan laatua. Laatua pyritään myös ymmärtämään teollisen valmistuksen näkökulmasta, jotta tätä voitaisiin soveltaa teolliseen rakentamiseen. Tämän lisäksi perehdytään rakennusalan nykyiseen laadunvarmistusjärjestelmään.

1.1 Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset

Työn tarkoitus on luoda uudet laadunvarmistuksen käytänteet sisätyövaiheelle, kun siirrytään viikon tahdista lyhyempään tahtiin ja läpimenoaikaan. Uusien käytänteiden tulisi mahdollistaa läpimenoajan jatkuva lyhentäminen korjaustyön takaisinvirtausta vähentämällä ja luoda askelmerkit, jonka pohjalta voidaan kehittää vikakirjasto, joka perustuu mielipiteitä enemmän dataan ja näin ollen mahdollistaa jatkuvan parantamisen.

Tavoitteena on muodostaa virtausyhteensopiva laadunvarmistustoimintatapa. Työssä kuvataan ensin yrityksen asuinkerrosrakentamisen nykytilanne eli viikon tahti käymällä läpi laadunvarmistusmallin hyvät ja huonot puolet. Tässä käytetään hyväksi tutkijan tekemää sisäistä tutkimusta Espooseen valmistuneen kohteen laadunvarmistuksesta. Lyhyempää puolen päivän tahtia tutkitaan Vantaalle valmistuvan kohteen avulla.

Tämän jälkeen kehitetään laadunvarmistusmallia tukemaan uutta tuotantomallia. Mallin tulisi tehdä hankkeet vertailukelpoisiksi keskenään laadunvarmistuksen näkökulmasta eli tieto olisi silloin rakennellistettua, jolloin puhutaan tyyppivirheistä. Tälle järjestelmälle haarukoidaan ongelmia, joita odotetaan kohdattavan ja pyritään ratkaisemaan näitä ongelmia etukäteen. Tämän perusteella ehdotetaan tilaajalle toimintatapaehdotuksena uutta laadunvarmistuksen mallia. Mallissa pyritään osallistamaan myös työntekijät.

Tutkimuskysymyksillä rajataan työtä. Olennainen osa laadunvarmistusta on myös kosteudenhallinta, mutta siihen ei tässä työssä paneuduta sen enempää. Siihen liittyen kohdeyrityksellä on olemassa kattavat ohjeet, joiden puitteissa laadunvarmistus suoritetaan.

Pääkysymyksiä tavoitteen saavuttamiseksi on kaksi. Ensimmäinen on, miten nykyinen viikon tahti toimii laadunvarmistuksen näkökulmasta (pääkysymys 1, PK1). Tämän kysymyksen tueksi kysytään kolme apukysymystä: mikä nykyisessä järjestelmässä toimii ja mitkä ovat ongelmakohtia (apukysymys 1, AP1), millä tavalla nykyisessä järjestelmässä reagoidaan esteisiin ja miten ne saadaan korjattua, sekä mitä välillisiä seurauksia laatuvirheistä on (AP2), sekä miten ja mitä erityisesti laatuun liittyvää tietoa nykyään saadaan rakennuskohteelta talteen ja ennen kaikkea, millä tavoin sieltä pitäisi saada tietoa talteen (AP3).

Toisena pääkysymyksenä on, millainen laadunvarmistuksen prosessin tulisi olla korkeintaan päivän tahtijalla tehtävässä tuotannossa (PK2). Tämän avuksi kysytään kolme apukysymystä: miten pilotoitu tuotantotapa eroaa nykyisestä (AP4), miten työn suorittajan tulisi tarkastaa oman työnsä laatu ja miten pääurakoitsijan tulisi tarkastaa laatu suhteessa aikatauluun (AP5), sekä miten korjaustyön takaisinvirtausta voitaisiin vähentää (AP6).

Lopputulena kysymysten vastauksista syntyy toimintatapaehdotus kohdeyritykselle.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusstrategiaksi valitaan tapaustutkimus, koska tutkittavana on yksittäinen prosessi, jota suorittaa suppea määrä ihmisiä. Hirsjärven, Remeksen ja Sajavaaran mukaan tapaustutkimus sopii silloin, kun tutkitaan yksityiskohtaisesti ja intensiivisesti yksittäistä tapausta, kuten esimerkiksi prosessia (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 1997, 134–135). Tapaustutkimuksessa aikaisempi teoria-pohja muodostaa perustan analyysille ja tulkinnoille. Tutkija ja tutkittava ovat tyypillisesti läheisessä kontaktissa keskenään. Tuloksissa on tarkoitus ymmärtää ja tulkita syvällisesti yksittäisiä tapauksia niiden luonnollisessa ympäristössä, josta tutkimusaineisto kootaan. Analyysin tarkoitus on paljastaa uusia asioita ja tärkeää on aineiston monitahoinen ja yksityiskohtainen tarkastelu. Tapaustutkimusta käytetään paljon tekniikan töissä. (Aaltio-Marjosola 1999.)

Aineistonkeruumenetelminä ovat havainnointi ja teemahaastattelut. Havainnoinnissa saadaan välitöntä ja suoraa tietoa tarkkailtavista, mikä kertoo, mitä todella tapahtuu. Se soveltuu tilanteisiin, jotka muuttuvat nopeasti ja ovat vaikeasti ennakoitavia. Havainnointi jaetaan kahteen lajiin riippuen tutkijan osallistumisesta eli osallistuva ja systemaattinen havainnointi, jossa tutkija on ulkopuolinen. Tässä työssä pyritään tietynlaiseen puoliväliin, jossa havainnoija tekee selväksi, että tarkkailee tutkittavia ja pyrkii heidän kanssaan keskustelemaan, mutta ei ota ryhmässä roolia. Havaintojen perusteella muodostetaan teemahaastatteluun puolistrukturoitu haastattelurunko, johon valitaan pieni määrä keskeisiä toimijoita tutkittavan ilmiön kannalta. Haastattelun avulla voidaan syventää ja selvittää havaintoja sekä antaa haastateltaville aktiivinen mahdollisuus vaikuttaa tutkimustuloksiin. Teemahaastattelua voi pitää eräänlaisena keskusteluna, jossa aihe on rajattu teemoittain, muttei tarkoilla kysymyksillä. Tutkijalla on kuitenkin puheenjohtajan rooli. Lisäksi aineistoksi kerätään ver-

tailtavien kohteiden luovutusvaiheen vika- ja puutelistat, joilla pyritään analysoimaan, onko virhehavaintojen määrä muuttunut siirryttäessä viikon tahdistä puolen päivän tahtiin. (Hirsjärvi yms. 1997, 205, 207–208, 212–217.)

Aineiston analyysimenetelmänä käytetään sisällönanalyysia, jossa aineisto järjestetään ensin tiiviiseen ja selkeään muotoon, jotta empiirinen aineisto saadaan jäsenneltyä tulkintaa varten. Vaiheina tässä on tyypillisesti esimerkiksi aineistoon tutustumista, pelkistämistä ja teemoittelua, sekä tulkin-
taa, jota esiintyy koko prosessin ajan. (Puusa & Juuti 2020, luku IV, Analyysin tavoite.)

2 LAATU JA TAHTIRAKENTAMINEN

2.1 Laatu ja johtaminen

Laatu tarkoittaa työntekijälle, että hänen suorituksensa tyydyttää häntä ja tuottaa hänelle ammatillipeyttä. Laatu voidaan määrittää vain tarkkailijan kannalta. (Deming 1986, 2, 144.)

Liker linjaa, että johdon tärkein tehtävä on saada kaikki puhaltamaan yhteen hiileen yhteisen tavoitteen eteen tekemällä selväksi, mikä tavoite on ja miten se saavutetaan, sekä poistamalla esteet matkan varrelta. Tällöin työntekijät saadaan tukemaan tavoitetta ja jakamaan ideoitaan. Deming määrittää johdon tehtäväksi johtaa, ei tarkkailla. Tätä varten johtajien tulisi tuntee työ, jota he valvovat. Johtajuuden tavoite on parantaa ihmisten ja koneiden suorituskykyä poistamalla virheiden juurisyyt. Liker haastatteli kirjassaan Toyotan presidenttiä Fujio Chota, joka totesi, että Toyotalla arvostetaan sitä, että tartutaan toimeen ymmärryksen lisäämiseksi. Tämä mahdollistaa jatkuvan kehittymisen, jota voisi kutsua myös käytännössä kokeillun teon kehittämiseksi. Hokkanen ja Strömberg taas toteavat kirjassaan, että laadukas toiminta ja prosessi ovat hyvän johtamisen tulosta. (Deming 1986, 47, 213; Liker 2004, XII, 3; Hokkanen & Strömberg 2006, 38.)

Hokkanen ja Strömberg yhdistävät kuuluisien laatuteoreerikkojen ajatuksista yhteneväisyydet, jotka heidän mukaansa ovat:

1. Johdon ja henkilöstön sitoutuminen
2. Järjestelmällinen ennaltaehkäisy
3. Toiminnan ja tulosten mittaaminen
4. Laatuun perustuva palkitseminen
5. Kattava koulutus
6. Ongelmien ratkominen yhdessä
7. Jatkuva parantaminen: toiminta ja tulokset
8. Laaja osallistuminen
9. Nollavirheajattelu
10. Kustannusten hallinta. (Hokkanen ja Strömberg 2006, 94.)

Deming antaa kirjassaan neljätoista (14) ohjetta johtamiseen, jotka hänen mukaansa pätevät kaikkiin organisaatioihin ja aloille. Ohjeiden taustalla oli ajatus pysäyttää länsimaisen teollisuuden alamäki, joka liittyi vahvasti teollisuuden tuottamaan laatuun. Hänen mukaansa tuli omaksua uusi johtamisfilosofia, jonka keskiössä oli jatkuva parantaminen ja työntekijän vaaliminen. Ohjeista ensimmäikkänä kolmannessa ohjeessa kehoitettiin lopettamaan riippuvuus laatutarkastuksista suurissa määrin ja rakentamaan laatu tuotteen sisälle. Ohjeessa kaksitoista käskettiin luomaan olosuhteet, joissa määrien sijaan keskitytään vaalimaan laatua ja ohjeessa neljätoista todettiin, että yrityksen muutoksen tulee olla jokaisen tehtävänä. (Deming 1986, 17–23.)

Demingin kolmannen ohjeen perustelussa todetaan, että tarkastamalla saavutettu laatu on liian myöhään saavutettu, tehotonta ja kallista. Hän kehotti sen sijaan parantamaan valmistusprosessia. Myönnytyksenä hänen mukaansa on kuitenkin olemassa myös sellaisia poikkeuksellisia tuotteita, joista jokainen tulee lopussa tarkastaa. Suurien tarkastusmäärien sijaan hän kehotti keskittymään pieniin eriin, joiden avulla voidaan luoda tilastolliseen prosessin hallintaan tarkoitettut lomakkeet. Tarkastusten vastuista hän huomautti lisäksi, että jos vastuuta jaetaan, kukaan ei kannu vastuuta. (Deming 1986, 26–27.)

Viides ohje kuuluu: paranna jatkuvasti ja ikuisesti valmistus- ja palveluprosessia. Deming korostaa, että laatu rakennetaan sisään suunnitteluvaiheessa tuotteeseen ja joka tuotetta tulisi kohdella ainutkertaisena, koska on vain yksi mahdollisuus onnistua parhaalla mahdollisella tavalla. Tämän vuoksi yhteistyö suunnitteluvaiheessa on tärkeää. Tästä seuraa jatkuva hukan väheneminen ja jatkuva parantaminen kaikissa toimissa, myös johtamisessa. (Deming 1986, 43.)

Kun puhutaan laadusta, niin valmistuslaadun keskeisiä tekijöitä ovat Hokkasen ja Strömbergin mukaan:

1. Virheen estimet, joilla estetään virheellisten kappaleiden eteneminen valmistuksessa ja joilla mahdollistetaan kerralla oikein tekeminen.
2. Tarpeet ja odotukset, jotka selvitetään sisäisiltä asiakkailta kyselyillä.
3. Laadunvalvonta hankinnoissa ja omassa tuotannossa.
4. Seuranta asiakkailta, kuten kyselyt, reklamaatiot ja huolto- ja korjaustilastot. (Hokkanen & Strömberg 2006, 34.)

2.2 Toyota ja lean

Toyotan tuotantosysteemi (Toyota Production System, TPS) kehittyi toisen maailmansodan jälkeen. Yhdysvaltalaiset yritykset keskittyivät massatuotannolla tekemään niin paljon tuotteita niin halvalla kuin vain mahdollista, mutta Toyotalla ei ollut tähän resursseja, vaan se joutui pienelle asiakaskunnalleen tekemään monenlaisia ajoneuvoja samalla tuotantolinjalla, josta seurasi keskityminen tuotannon joustavuuteen. Tästä seurasi oivallus, että lyhentämällä läpimenoaikaa ja pitämällä tuotanto joustavana onnistuttiin saavuttamaan parempaa asiakastyytyväisyyttä, parempaa laatua, parempaa tuottavuutta ja parempaa tilan ja kaluston hyötykäyttöä. Näinpä Toyotan tuotantosysteemissä kysytään aina ensimmäisenä, mitä asiakas haluaa prosessista ja tällä tavalla määritetään arvoa tuottava työ. Tällä voidaan viitata sekä sisäiseen (seuraava osaprosessi), että ulkoiseen asiakkaaseen (auton ostaja). (Liker 2004, 8, 27.)

Länsimaiset tutkijat kehittivät Toyotan tuotantosysteemistä lean -käsitteen. Toyotan tuotantosysteemi on kuitenkin paljon muutakin kuin vain lean-työkalut. Likerin mukaan tärkeintä on nimenomaan johdon sitoutuminen sijoittamaan ihmisiin ja edistämään jatkuvan parantamisen kulttuuria. Hän määrittelee Toyotan oppivaksi yritykseksi. Kokoonpanolinjalla työskentelyä pidetään yksitoikkoisena ja tylsänä työnä, mutta Toyota pyrkii palkkaamaan parhaat ja älykkäimmät työntekijät ja haastaa heitä kehittymään jatkuvalla ongelmanratkaisulla. Tällä tavalla organisaatio kehittyy ja oppii koko ajan lisää. Modig & Åhlström määrittelevät leanin korkean abstraktitason tavoitteeksi muuttaa organisaatio virtaustehokkaaksi ja korostavat, että lean ei ole vain kasa keinoja, eli lean on oikeastaan filosofia Toyotan taustalla. Lean organisaatio voidaan määrittää vertaamalla organisaatiota kahdella eri ajan hetkellä ja toteamalla, onko muutosta eli jatkuvaa parantamista tapahtunut. Tämän muutoksen tulisi lisäksi olla dynaamista, eli sen sijaan, että kysytään, mitä olemme oppineet, varmistamme, että organisaatio oppii uutta joka päivä. (Liker 2004, 10, 13; Modig & Åhlström 2013, 6, 92–93, 126, 152.)

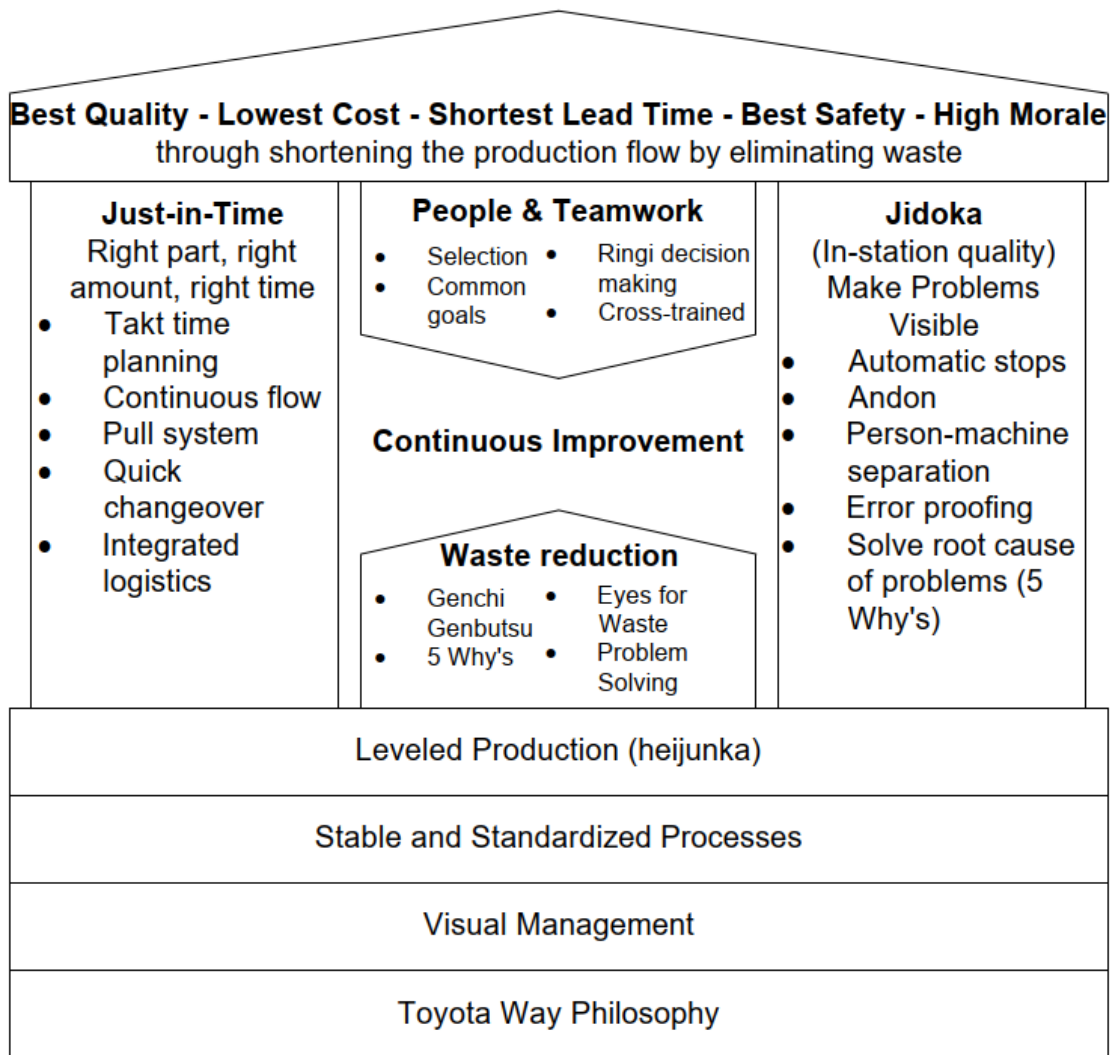
Toyotan ensimmäinen Japanin ulkopuolinen tehdas avattiin Kaliforniaan vuonna 1984 ja tällöin Toyotan tuotantosysteemiä alettiin opettamaan myös yhdysvaltalaiselle autonvalmistajalle General Motorsille (GM). Liker haastatteli kirjassaan silloista Toyotan asianajajaa, joka muisteli, että ennakkoasenne Toyotan tuotantosysteemiä kohtaan oli, että siinä revitään tehokkuus työntekijän selkänahasta. Toyota otti kuitenkin aktiivisesti entisen GM:n tehtaan ammattiyhdistysväen opiskelemaan Toyotan tuotantosysteemiä Japaniin käännättäkseen heidät puolelleen. Toyota teki tämän

saadakseen työntekijöiden joukkoon johtohahmoja, joita tuotantojärjestelmä tarvitsee tehtaan suoritettavan portaan tasolle. (Liker 2004, 74–75.)

Liker kuvailee Toyotan tapaa toimia listaamalla 14 periaatetta:

1. Tee johtamispäätökset pitkän tähtäimen hyödyllä jopa lyhyen tähtäimen hyödyn kustannuksella.
2. Luo jatkuva virtaus, jotta ongelmat tulevat pinnalle.
3. Käytä ”imu”-systeemiä ylituotannon välttämiseksi.
4. Tasaa työkuorma (”heijunka”).
5. Rakenna ilmapiiri, jossa pysähdytään korjaamaan ongelmat, jotta laatu saadaan kuntoon jo ensimmäisellä kerralla.
6. Töiden vakiointi luo pohjan jatkuvalle parantamiselle ja työntekijöiden voimaannuttamiselle.
7. Käytä visuaalista hallintaa, jotta yksikään ongelma ei jää piiloon.
8. Käytä vain luotettavaa, täysin testattua teknologiaa, joka palvelee yrityksen ihmisiä ja prosesseja.
9. Kasvata johtajia, jotka ymmärtävät tehtävää työtä, elävät yrityksen filosofian mukaan ja opettavat sitä muille.
10. Kehitä poikkeuksellisia ihmisiä ja tiimejä, jotka noudattavat yrityksen filosofiaa.
11. Kunnioita verkostosi yhteistyökumppaneita ja toimittajia haastamalla heitä ja auttamalla heitä kehittymään.
12. Mene ja katso itse ymmärtääksesi läpikotaisin tilanteen.
13. Tee päätöksiä hitaasti konsensuksella läpikotaisin punniten eri vaihtoehtoja; ota päätökset nopeasti käyttöön.
14. Muutu oppivaksi organisaatioksi perusteellisen itsetutkiskelun ja jatkuvan parantamisen avulla.

Toyotan tuotantosysteemiä kuvaa ”TPS-talo” (KUVA 1). (Liker 2004, 33, 37–41.)



KUVA 1. TPS-talo (Liker 2004, 33)

Toyotan tuotantosysteemiin kuuluva juuri oikeaan aikaan -työkalu (just in time, JIT) luo tuotantoon imuohjauksen, joka ikään kuin pakottaa edellisen työvaiheen tekemään, mitä seuraava työvaihe haluaa. Imuohjauksessa keskitytään määrittämään, mitä asiakas haluaa, milloin tämä sen haluaa ja kuinka paljon. Tällöin tuotanto käynnistyy vasta, kun tilaus on olemassa. Jokainen tuotantovaihe toimii vuorostaan asiakkaana edelliselle tuotantovaiheelle ja toimittajana seuraavalle, mistä syntyy imu. Imuohjaus vaatii myös sitä, että asiat tehdään kerralla oikein. Toyotalla kaikki työntekijät ottavat vastuuta siitä, että kaikki on tehty oikein ja samalla ottavat vastuun laadusta ja kokonaisuudesta. (Liker 2004, 24; Modig & Åhlström 2013, 72–76.)

JIT-pylväässä oleva yksiosainen jatkuva virtaus on lean tuotannon tärkeimpiä asioita, koska se mahdollistaa kaiken muun. Toyotan entinen johtohahmo kuvasi Likerille haastattelussa yksiosaista virtausta toteamalla, että yksiosainen virtaus on oikeastaan huono valmistustapa, koska esteen

ilmaantuessa koko tuotantolinja pysähtyy. Mutta tämä taas pakottaa kaikki ratkaisemaan ongelmaa välittömästi, jotta tuotanto taas käynnistyy ja tällä tavalla työryhmä kehittyy. Erona perinteisessä resurssitehokkaassa prosessissa virtausyksikkö kulkee useamman resurssin kautta eikä kukaan ole vastuussa kokonaisuudesta. Tyypillisesti resurssien rajapinnassa syntyy ongelmia, kun virtausyksikkö siirretään seuraavalle osaprosessille. Ongelmista syntyy jälleen lisätyötä. Yksiosaisesti virtaava tuotanto parantaa laatua, koska yksiosaisesti valmistettuna lyhyellä läpimenoajalla viallisen tuotteen tullessa vastaan, ei ole ehditty rakentamaan suurta määrää viallisia osia varastoon. Virtaukseen kuuluu myös, että jokainen seuraava työvaihe toimii edellisen työvaiheen tarkastajana ja virheet tulevat näin nopeasti ilmi, vaikka asentajalta olisi päässyt oman tarkastuksen läpi viallinen tuote. (Liker 2004, 31, 87, 93–95; Modig & Åhlström 2013, 57–60.)

Toyotan tuotantosysteemiin kuuluu ajatus sisäänrakennetusta laadusta (Jidoka-pylväs KUVA 1), jonka ideana on pysäyttää koneisto, kun vika ilmenee, jotta vika voidaan välittömästi korjata eikä viallisia tuotteita synny enempää. Tämän vuoksi vian tunnistamista varten tarvitaan menetelmä ja tämän tulee automaattisesti pysäyttää linjasto, jotta työntekijä voi korjata vian. Koska leanissa tuotannossa ei ole suuria määriä varastoa, seuraava työvaihe tarvitsee ensimmäisellä yrittämällä oikein valmistettuja tuotteita edelliseltä työvaiheelta tai koko tuotantoketju pysähtyy. Toyota pyrkii siihen, että virheet löydetään ja tuotanto keskeytetään, jolloin systeemistä tulee jatkuvasti parempi. (Liker 2004, 129–130.)

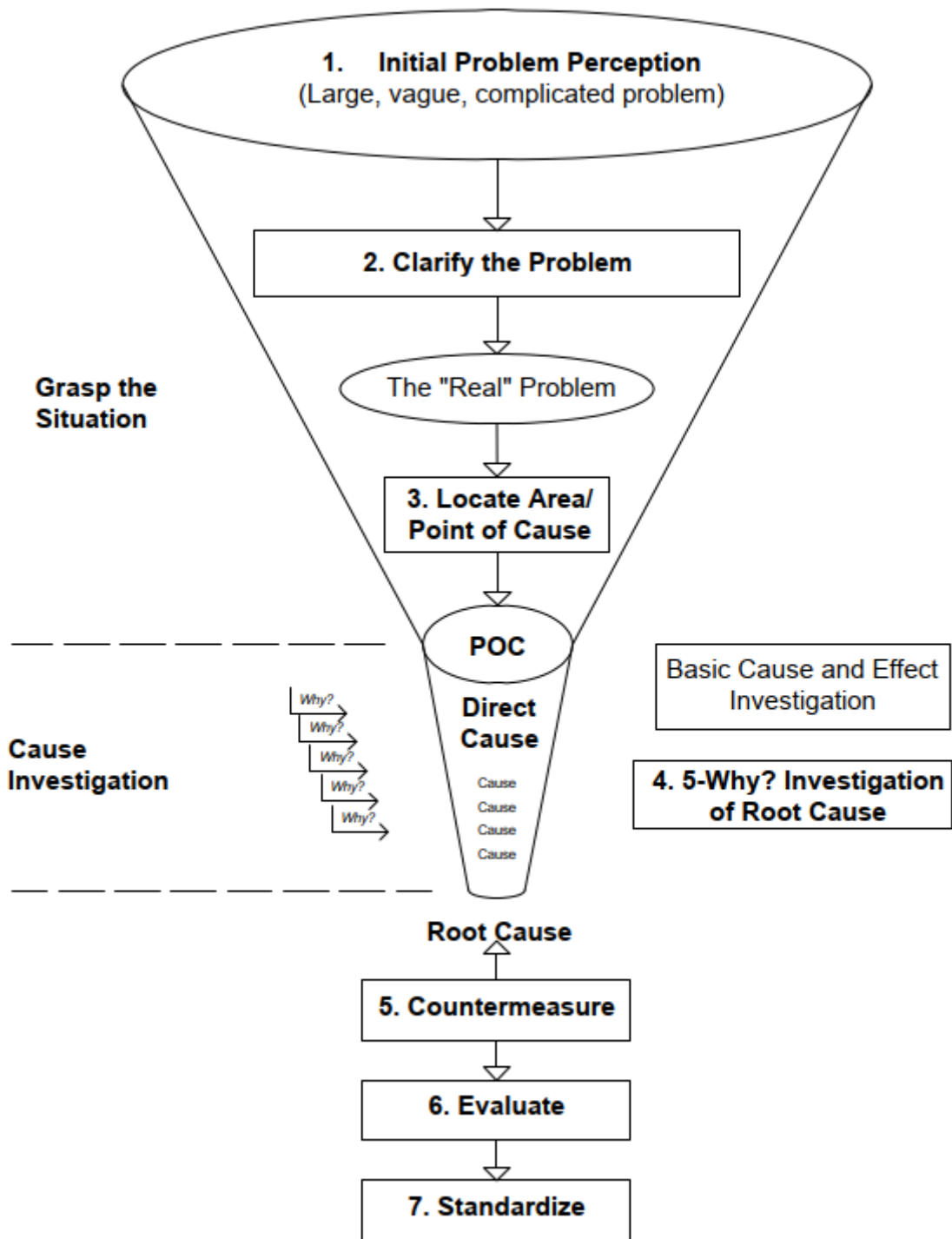
Jokaiselle tahdille on tarkat työohjeet ja mekanismeja, joiden tehtävä on estää virheiden synty, kuten laitteita, jotka tunnistavat, jos tahdin aikana ei ole käytetty siinä tarvittavaa työkalua ja palautettu sitä takaisin telineeseensä. Likerin Toyotalla tarkkaileman linjan päässä viimeinen tahti tekee tuotteelle lopputarkastuksen, jossa merkkasivat värikynällä kaikki tarkastetut osat. Jos jossakin vaiheessa havaitaan virhe tai mekanismit pysäyttävät tuotantolinjan, katsotaan vakioiduista työohjeista, onko niitä noudatettu ja jos on, miten estetään virheen syntyminen jatkossa ja ohjeet päivitetään. (Liker 2004, 133–134.)

Toyotan laatu ja jatkuva parantaminen perustuvat vakiointiin eli standardeihin, jotka koostuvat työohjeista, tahtiajasta sekä materiaalistauksesta. Toyotalla vakioinnin tehtävänä ei ole kahlita työntekijöitä vaan luoda selvät työmenetelmät, joita työntekijät pääsevät kehittämään. Jos vakioiduilla ohjeilla syntyy virheitä, niitä muutetaan. Työasemilla olevat työohjeet ovat sijoitettuna työpisteeltä ulospäin enemmän työnjohtoa varten, kuin itse työntekijöitä varten, jotta työnjohtajat voivat seurata,

noudatetaanko työohjeita. Työohjeiden laatimisessa ovat työntekijät itse mukana ja niiden tulee olla niin yksinkertaisia, että työntekijät voivat niitä noudattaa. (Liker 2004, 142–143.)

Toyotalla tehdaslattiatason roolitus on, että työntekijä suorittaa itse työn, pitää työpisteen siistinä, tekee pieniä huoltotoimenpiteitä, koittaa löytää ja miettiä asioita, joita voisi parantaa valmistusprosessissa ja antaa tukea ongelmanratkaisutilanteissa. Työntekijöiden lähiesimiehenä toimii tiiminjohtaja, joka ottaa jonkin verran perinteisen työnjohtajan tehtäviä itselleen, mutta eivät ole virallisesti työnjohtajia. Heidän tehtäviään ovat esimerkiksi reagointi, jos joku työntekijä pysäyttää linjan (Andon), työntekijöiden paikkaaminen poissaolotilanteessa, sekä katsovat, että asennettavat materiaalit ovat saapuneet asennuspisteelle. Heidän tehtävänä on myös varmistaa, että asennukset tapahtuvat vakioitujen ohjeiden mukaisesti, sekä varmistaa tehdyt rutiinilaaduntarkastukset. Tiiminjohtajien yläpuolella on ryhmänjohtaja, joka on varsinainen työnjohtaja ja hän suunnittelee työvuorot ja kuukauden tuotannon, hoitaa hallinnolliset asiat ja varmistaa vielä alaisten laatutarkastukset. Toyotalla työnjohtajienkin tulee kyetä tarvittaessa paikkaamaan poissaoloja linjalla, joten työhön osallistumattomia työnjohtajia ei Toyotalla tunneta. (Liker 2004, 193.)

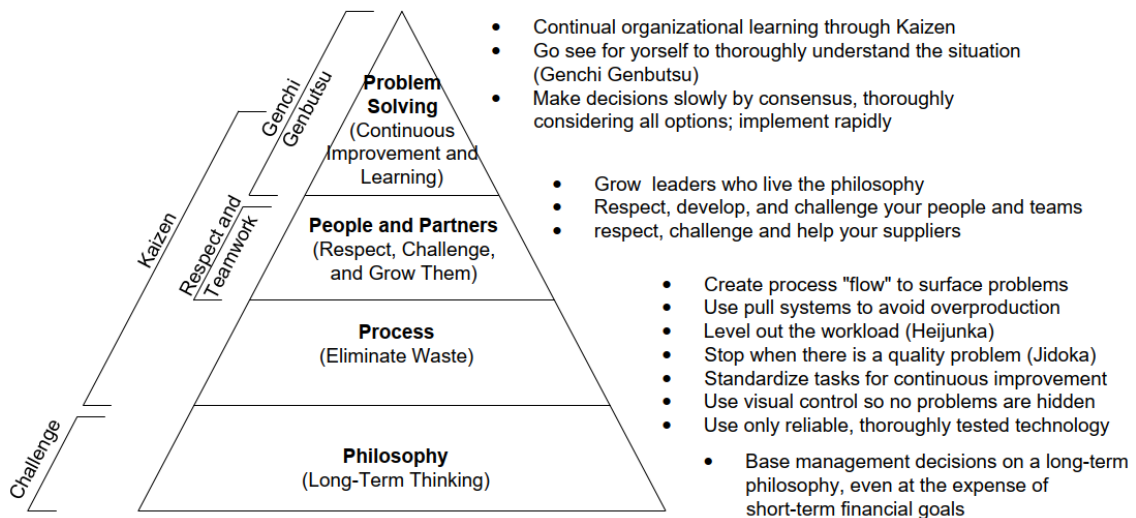
Toyotalla uskotaan, että laatu tulee ihmisistä ja johdon tulee vaalia kulttuuria, jossa ihmiset saavat työhönsä tukea ja laatu ja työturvallisuus ovat tärkeimmät asiat. Johtajien tulee omata syvälinen osaaminen johtamaansa työhön ja ohjata ja opastaa alaisiaan: TPS:ssä johtajien odotetaan menevän työpisteelle itse katsomaan ratkaistessaan ongelmia tai kehittäessään uusia asioita. Tätä varten heillä tulee olla kehittynyt tekninen ymmärrys prosessista ja tuotantomallista sekä kyky kriittisesti arvioida ja analysoida käynnissä olevaa työtä, sekä olla kyky päästä havaitun ongelman juurisyyhyn (KUVA 2). Järjestelmästä kerätty dataa ja työntekijöiden kokemusta ja viisautta voidaan käyttää tässä apuna. (Liker 2004, 176, 181, 224–225.)



KUVA 2. Toyotan käytännöllisen ongelmanratkaisun prosessi (Liker 2004, 256)

Liker on kehittänyt myös neljän P:n kaavion kuvaamaan Toyotan tuotantosysteemiä (KUVA 3). TPS:n prosessiin kuuluu hukkan eliminointi: Tähän keinoja ovat jatkuvan virtauksen luominen, mikä tuo ongelmakohdat näkyviin, imuohjaus ylituotannon välttämiseksi, työkuorman tasaus, kulttuuri, joka pysähtyy korjaamaan ongelmat ja joka pyrkii tekemään kerralla oikein, vakioidut tehtävät ja prosessit, joilla mahdollistetaan jatkuva parantaminen ja työntekijöiden voimaannuttaminen, vain

luotettavaksi havaittujen ja testattujen teknologioiden käyttäminen palvelemaan ihmisiä ja prosesseja sekä visuaalisen kontrollin käyttäminen, jotta virheet eivät jää piiloon (Liker 2004, 85).



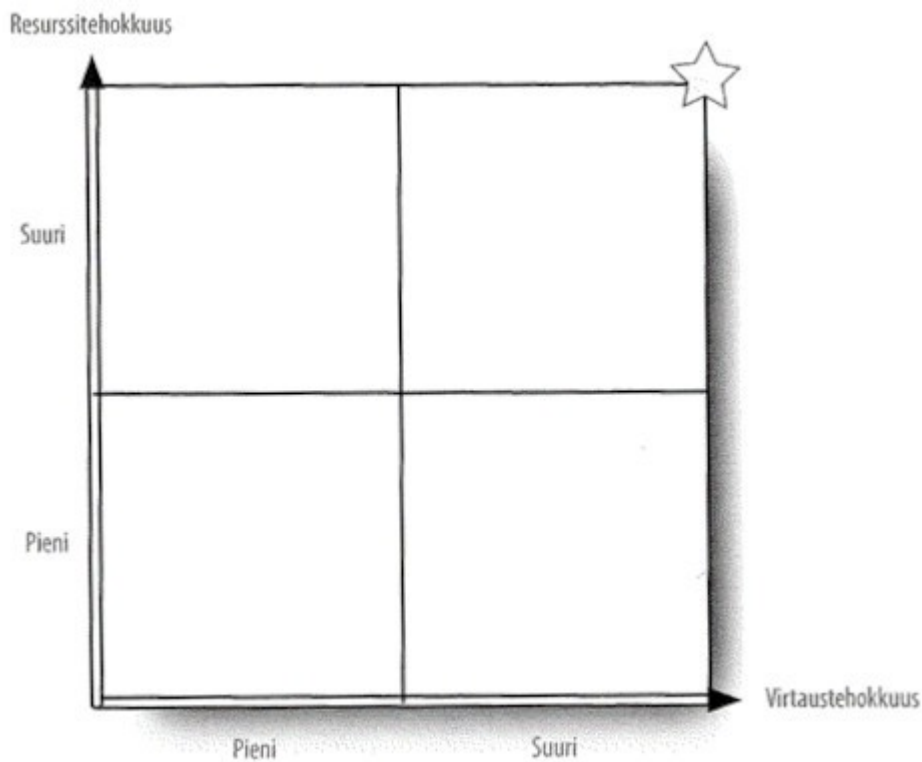
KUVA 3. Likerin (2004, 6) 4 P:n malli, joka kuvaa Toyotan tapaa

Leanin keskiössä on hukkan eli ei-arvoa tuottavan työn, ihmisten ylikuormittamisen ja epätasapainoisen kuorman eliminointi. Arvoa tuottamattoman työn eliminointi on se, mihin monesti keskitytään, mutta muut hukkan muodot ovat yhtä tärkeitä. Hukan, epätasapainoisen työkuorman ja ihmisten ylikuormituksen seurauksena syntyy huonoa laatua ja virheitä. (Liker 2004, 114.)

Virtaustehokkuutta varten määritetään arvo ja tarve asiakkaan näkökulmasta sekä läpimenoaika. Arvontuottoa on, kun virtausyksikköä jalostetaan. Odotteluajat eivät jalosta virtausyksikköä kuin hyvin harvoin. Tarvetta on esimerkiksi se, kun palokunta tarvitaan paikalle eli virtausyksikölle on tarve. Tarve voidaan lisäksi jakaa välittömään ja välilliseen tarpeeseen. Läpimenoaika mitataan määrittelemällä järjestelmälle alku- ja loppuhetki eli rajat, joiden väli on yhtä kuin virtausyksikön läpimenoaika. Rajat voidaan määritellä itse. Näistä saadaan kaava, että virtaustehokkuus on yhtä kuin arvoa tuottavien toimintojen summa suhteessa läpimenoaikaan. Virtaustehokkuuden voidaan sanoa myös olevan arvonn siirron tiheys resurssin ja virtausyksikön välillä. Virtaustehokkuutta lisätään siis lisäämällä arvonn siirron tiheyttä poistamalla hukkaa ja lyhentämällä odotusaikaa, ei välttämättä arvoa tuottavia toimintoja nopeuttamalla. Keinoja tähän ovat keskeneräisten virtausyksikköjen määrän vähentäminen purkamalla jonoja, työskentelemällä nopeampaa, lisäämällä resursseja tai vähentämällä prosessissa esiintyvää vaihtelua. (Modig & Åhlström 2013, 22–28, 45.)

Pitkä läpimenoaika ilmentää tehottomuutta ja siitä seuraa lisäongelmia, joita joudutaan paikkaamaan lisäresursseilla ja toiminnoilla. Siitä seuraa myös se, että joudutaan työskentelemään monen asian kanssa, aloittamaan asioita uudestaan ja varastot kasvavat. Suurista varastoista taas syntyy laatuongelmia, koska viallisten osien tullessa seuraavalle jalostuspisteelle, alkuperäisen ongelman löytäminen ja korjaaminen on työlästä ja on kerennyt jo syntyä suuri määrä viallisia tuotteita. Suuria varastoja voi esiintyä myös tiedon varastoinnissa. Nämä kaikki nostavat myös työntekijän henkistä kuormaa. (Modig & Åhlström 2013, 50–56.)

Modig & Åhlström kuvaavat tehokkuutta matriisilla (KUVA 4), jonka eri nurkkia kutsutaan joutomaaksi, tehokkuussaarekkeiksi, tehokkuuden mereksi ja ihannemaaksi. Tehokkuussaarekkeet kuvaavat resurssitehokasta organisaatiota ja tehokkuuden meri kuvaa virtaustehokasta organisaatiota. Joutomaalla organisaatio ei ole tehokas kummassakaan ja ihannemaa on paikka, mihin yritys leanin määritelmällä pyrkii. Kysynnän ja tarjonnan vaihtelun vuoksi ihannemaan yläoikeaa nurkkaa ei voida todellisuudessa ikinä saavuttaa. Liiketoimintastrategia ja toimintastrategia määrittävät, mitä arvoa ja miten asiakkaalle halutaan toimittaa ja täten määrittävät yrityksen sijainnin matriisissa. Organisaatio voi tehdä muutoksia toimintaansa ja näin ollen siirtyä matriisissa eri sijaintiin. (Modig & Åhlström 2013, 100–112.)



KUVA 4. Tehokkuusmatriisi (Modig & Åhlström 2013, 103)

Prosessit toimivat tiettyjen lakien mukaan ja leanin kannalta tällaisia tärkeitä lakeja, jotka auttavat hahmottamaan prosessin käyttäytymistä ovat Littlen laki, pullonkaulojen laki ja laki vaihtelun vaikutuksesta prosesseihin. Littlen laki määrittää läpimenoajalle laskukaavan: Läpimenoaika = kesken-eräisten virtausyksiköiden määrä * jaksoaika. Pullonkaulojen laki taas määrittää, että prosessin läpimenoaikaan vaikuttaa eniten se osaprosessi, jonka jaksoaika on pisin. Pullonkaulaan muodostuu aina jono ja pullonkaula on aina olemassa prosessissa. Laki vaihtelusta sitoo vaihtelun, läpimenoajan ja resurssitehokkuuden yhteen. Vaihtelun vuoksi hyvää resurssitehokkuutta ei voida yhdistää hyvään virtaustehokkuuteen saamatta vaihtelua kuriin. (Modig & Åhlström 2013, 34–40.)

2.3 Valmistusprosessissa ilmenevä vaihtelu

Deming lainaa Fordin John Bettiä, joka toteaa, että Yhdysvalloissa on keskitytty liikaa täyttämään kriteereitä, kun Japanissa on keskitytty vähentämään vaihtelua. Tuottavuutta voidaan yrittää nostaa määrällisillä tai laadullisilla keinoilla. Määrällisiin kuuluvat työntekijöiden tai laitteiden lisääminen tai työajan pidentäminen. Nämä tuovat kuitenkin myös lisäkustannuksia, joten eivät välttämättä oikeasti nostakaan tuottavuutta. Laadullisia keinoja ovat kovemmin työskentely, esimerkiksi rahallisilla kannustimilla, tai vaihtelun pienentäminen ja hukkan poistaminen. Vaihtelun pienentäminen perustuu kykyyn havaita ja analysoida vaihtelua ja tämän perusteella tehdä muutoksia prosessiin. Piirainen siteeraa Demingin ajatusta, että suuri vaihtelu johtuu valmistusprosessin huonosta toimivuudesta, viiveistä ja vioista, ja että Demingin mukaan johtotason täytyy tiedostaa laadusta vain sen vaihtelu. Piirainen määrittää laadun tarkoittavan, kuinka onnistutaan tuottamaan suunniteltua suhteessa vaihtelun hallintaan. Suuresta vaihtelusta seuraa alhainen tuottavuus, korkeat valmistuskustannukset ja heikko hintakilpailukyky. Taulukossa 1 on lueteltu prosessointiaikaan ja läpimeno vaihteluun vaikuttavia tekijöitä. (Deming 1986, 43; Piirainen 2014, 23–26, 66, 70.)

TAULUKKO 1. Prosessointiaikaan ja läpimeno vaihteluun vaikuttavat tekijät (Piirainen 2014, 66)

Kategoria	Luokka	Esimerkkejä
1. Laiterikot	Suunnittelemattomat alajajot	<ul style="list-style-type: none"> • Työkaluviat • Suunnittelemattomat kunnossapitotyöt • Yleisesti kone-/laiterikot • Suunnitellut kunnossapitotoimenpiteet, vaikka koneiden pitäisi olla käynnissä

2. Asetus- ja säätöviiveet	Suunnittelemattomat alasajot	<ul style="list-style-type: none"> • Vaihdot, asetukset • Materiaali- ja osapuutteet • Operaattoreista johtuvat esteet • Merkittävät päällekkäisyydet ja säätäminen • Aloitusajat • Palaverit ja huonosti organisoidut ohjaukset • Fasiliteetteihin ja infraan liittyvät ongelmat
3. Joutoaika ja pienet py-sähdykset	Laskenut suorituskyky	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotevirran esteet • Ylikuormitus • Osa ja materiaaliyummytukset • Koneviat • Epäonnistuneet materiaalisyötöt • Sensoriviat • Ylimääräinen puhdistus
4. Alentunut nopeus	Laskenut suorituskyky	<ul style="list-style-type: none"> • Alhaisempi kuin suunniteltu nopeus • Kuluminen • Operaattoreiden tehottomuus • Lika ja jäämät
5. Prosessiviat	Laatuhävikit	<ul style="list-style-type: none"> • Viat • Uudelleen tekeminen ja korjaaminen • Tuoteviat • Tuotteiden vanheneminen
6. Alentunut saanto	Laatuhävikit	<ul style="list-style-type: none"> • Aloituksista syntyvät viat • Aloituksesta syntyvät korjattavat tuotteet • Tuotteiden vaurioituminen

Modig ja Åhlström jakavat vaihtelun lähteet kolmeen pääryhmään: resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät. Suhdetta kuvaa Kingsmanin yhtälö. Yhtälön mukaan läpimenoaika kasvaa resurssitehokkuuden kasvaessa eksponentiaalisesti, jonka lisäksi läpimenoaikaan vaikuttaa, mitä suurempi vaihtelu on. Yhtälöä voidaan käyttää vaihtelun merkityksen arvioimiseen käyttöasteeseen (resurssitehokkuuteen) ja läpimenoaikaan. Vaihtelun suuruus kysynnän kasvaessa johtaa käyttöasteen pienenemiseen ja läpimenoajan pitenemiseen, koska kaikilla on kiire reagoida vaihtelun aiheutta-

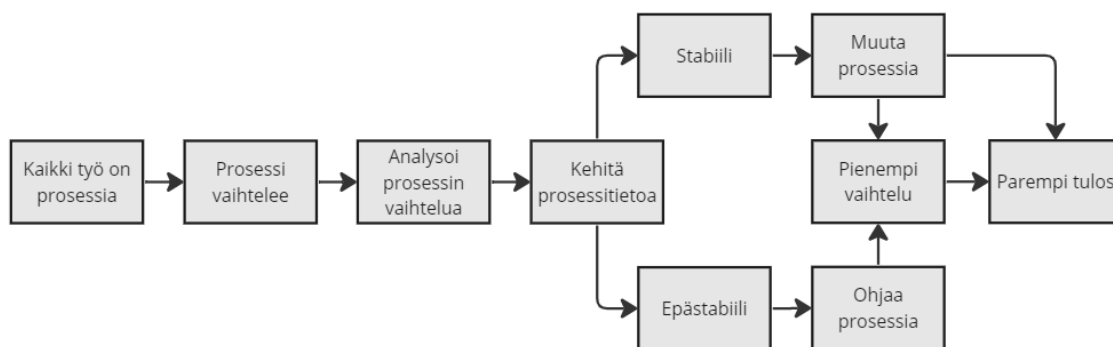
miin poikkeamiin. Tämä pullonkaula voidaan ratkaista kasvattamalla kapasiteettia. Muunlainen yli-reagointi voi aiheuttaa vain lisää vaihtelua. Ylikapasiteetilla voidaan laskea käyttöastetta ja näin vähentää vaihtelua. Tämä kuitenkin laskee kilpailukykyä, joten tästä syystä pitäisi keskittyä vaihtelun hallintaan. (Modig & Åhlström 2013, 40–43; Piirainen 2014, 76.)

Toimitusketjun eri elementit ovat riippuvuussuhteissa keskenään ja elementtien ominaispiirrevaihtelu kasvattaa keskinäisvaikutusten vuoksi aikavälivaihtelua. Tätä kompensoimaan tarvitaan, varsinkin mitä monimutkaisempi toimitusketju on, systeemin hallitsemiseksi pitempää läpimenoaika ja suurempia varastotasoja, ellei vaihtelua saada pienemmäksi. Laadun parantaminen siirtää hukkaan käytetyt resurssit tuottamaan hyvää tuotetta, josta seuraa ketjureaktio: alemmat kustannukset, parempi kilpailukyky, parempi työntekijätyytyväisyys ja lisää työpaikkoja (Deming 1986, 2; Piirainen 2014, 43.)

Piirainen jakaa vaihtelun kahteen kategoriaan perustuen W. E. Demingin ja W. A. Shewhartin tutkimuksiin: Stabiili eli satunnainen vaihtelu ja epästabiili eli erityisyvaihtelu. Stabiilia vaihtelua esiintyy aina niin sanotusti luonnollisena vaihteluna systeemissä johtuen useiden muuttujien riippuvuussuhteista. Erityisyvaihtelu taas hyppää esiin suurena poikkeamana ja taustalta löytyy jokin yksittäinen syy. Luokittelu voidaan tehdä tilastollisen prosessinohjauksen (SPC) ohjauskorteilla laskemalla ohjausrajat eli kolmen sigman rajat. Näitä rajoja tarvitaan, jotta poikkeamiin reagoidaan oikealla tavalla eikä ylireagoinnilla aiheuteta vain lisää vaihtelua. Tilastot itsessään eivät kuitenkaan auta mitään. Ne kertovat vain, miten asiat olivat aikaisemmin. Stabiilissa prosessissa pelkän vian ilmitulon myötä tehty ohjausliike voi vain pahentaa tilannetta, mutta vaihtelun hallinta luo avaimet parantamiseen. Tällöin prosessia hallitaan tilastollisilla menetelmillä, joita ilman prosessi on epästabiili kaaos, jonka parantamisyritykset hukkuvat vain kohinaan. (Deming 1986, 9, 13, 19; Piirainen 2014, 43–46.)

Stabiilia prosessia voidaan ennustaa ja epästabiili ei ole ennustettavissa. Jotta SPC-korteilla voidaan laskea ohjausrajat, tarvitaan havaintoja kuvaamaan asiaa, jonka vaihtelua halutaan laskea. Jotta havainnoista saaduista luvuista laskettuja ohjausrajoja voidaan käyttää päätöksenteon tueksi, tulee laskelmien luotettavuutta vielä arvioida. Tätä varten on kehitetty esimerkiksi I-mR-kortti, jolla voidaan arvioida, ovatko prosessista arvioidut ohjausrajat ennustettavia. (Piirainen 2014, 50–56.)

Jotta vaihtelua voidaan lähteä pienentämään, pitää ensin prosessi stabiloida. Tämä itsessään jo pienentää vaihtelua. Tämän jälkeen voidaan vaihtelua pienentää tilastollisen ajattelun avulla kohdistamalla muutoksia prosessiin ymmärtämällä prosessin vaihtelua (KUVA 5). Askelia vaihtelua pienentämiseen on Piiraisen mukaan kolme, joista ensimmäinen on tunnistaa poikkeamat ja tehdä näille korjaavia toimenpiteitä. Tällä ei voida loputtomiin kehittää prosessia, vaan toisena askeleena on ottaa käyttöön tilastollinen prosessinohjaus ohjausrajoineen (SPC). Tämä vaikuttaa siihen, että prosessi stabiloituu ja ylireagointi loppuu ja erityisyydet kyetään tunnistamaan prosessista. Jos prosessista ei havaita erityisyyttä johtuvaa vaihtelua tilastollisilla menetelmillä, prosessin voidaan sanoa olevan stabiili eli sitä voidaan ennustaa. Tällaisesta järjestelmästä voidaan havaita erityisyyttä johtuva vaihtelu ja poistaa se prosessista. Stabiilin tilan saavuttamisen jälkeen kolmantena askeleena voidaan siirtyä tutkimaan, mistä satunnainen vaihtelu johtuu. Tällöin prosessia voidaan alkaa kehittämään tehokkaasti eli jatkuva parantaminen on mahdollista. (Deming 1986, 275–277; Piirainen 2014, 133–135.)

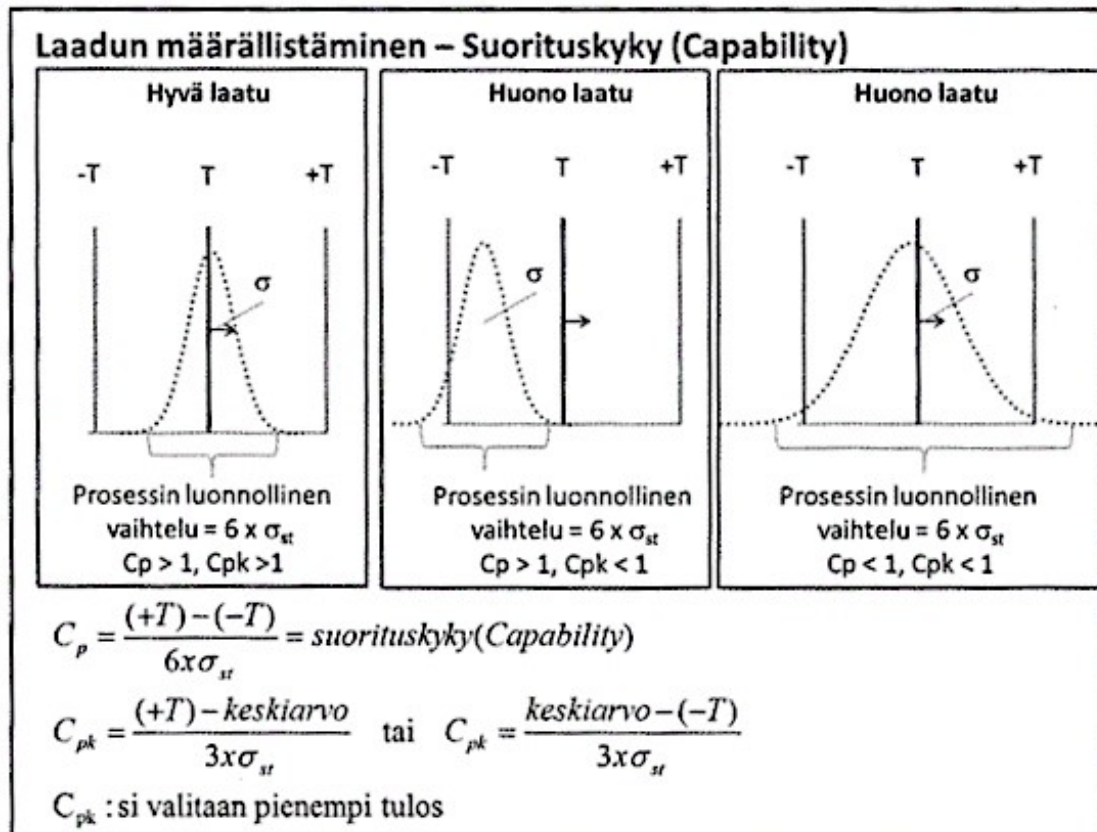


KUVA 5. Vaihtelun pienentämisen keinot (Piirainen 2014, 133)

Erityisyyden aiheuttajan tunnistamiseen voidaan käyttää luokittelua, jolla tunnistetaan prosessin ajallinen hetki, jolloin poikkeama on ilmennyt ja tällöin voidaan kehittää ehkäisevä toimenpide, ettei poikkeama toistu. Kun jonkin havaitaan olevan vaihtelun ohjausarvojen ulkopuolella, tarkastetaan virheen sattumispisteelle tullut virtausyksikkö. Jos tässä ei havaita ongelmaa, tarkastetaan työpiste ja tutkitaan, löytyykö selittävä tekijä sieltä. Vaihteluun reagoinnissa voidaan tehdä kahdenlaisia virheitä: reagoida satunnaisuudesta johtuneeseen vaihteluun, koska luultiin sen johtuvan erityisyydestä, ja olla reagoimatta erityisyyhyn, koska luultiin sen olevan satunnaisvaihtelua (Deming 1986, 220–221, 273; Piirainen 2014, 149.)

Vaihtelulla on kaksi ominaisuutta, jotka ovat täsmällisyys ja tarkkuus. Tarkkuutta käytetään esimerkiksi eri tuotteiden keskinäisen valmistusajan vertailuun ja täsmällisyyttä samanlaisen tuotteen eri valmistuskertojen väliseen vaihteluun. Näitä käytetään laadun määrällistämiseen eli suorituskyvyn

laskemiseen. Suorituskyky kuvaa, kuinka hyvin asiakkaan tarve on täytetty (KUVA 6). Suorituskyvyn tunnusluvun arvolla $C_{pk} = 1,67$ on myös nimitys kuuden sigman taso (Six Sigma), joka käytännössä tarkoittaa, että monimutkainen kokonaisuus saadaan tehtyä ilman uudelleen tekemistä eli on saavutettu nollavirhetaso. Tähän perustuva johtamisjärjestelmä pyrkii hallitsemaan vaihtelua läpi toimitusketjun määrittämällä laatu päämäärät ja prosessit, kuinka laatua suunnitellaan, ohjataan ja parannetaan. (Pirainen 2014, 79–83.)



KUVA 6. Laadun määrällistäminen suorituskyvyn tunnusluvuilla (Pirainen 2014, 83)

2.4 Tahtirakentaminen

Tahtiaikasuunnittelu on yksi Toyotan tuotantoprosessi -talon JIT-pylvään työkaluista. Tahtin avulla tuotannossa voidaan välttää ylituotantoa ja varastoja, läpimenoaika lyhenee ja odotusaika vähenee, sekä valmistusprosessista tulee vakaampi, mikä mahdollistaa korkeamman tuotantokapasiteetin. Tahtia käytetään yhdessä muiden lean-periaatteiden kanssa, mitkä vähentävät hukkaa ja vaihtelua. Saksalaista tahtirakentamista kutsutaan TPTC:n (Takt planning and takt control) nimellä eli tahtisuunnittelu ja tahtiohjaus. Nämä käytänteet rakentamiseen kehitettiin vuosituhaten alku-

puolella. Tahtiajan laskemista ja käyttöönottoa rakennusteollisuudessa on kuitenkin pidetty hankalana, mikä on hidastanut tahtirakentamisen omaksumista. (Liker 2004, 33; Haghsheno ym. 2016, 53; Yassine ym. 2014, 787.)

Valmistavassa teollisuudessa tahtiajan käyttö on ollut pitkään työn virtauksen ja tuotantolinjojen optimisoinnin keskiössä. Rakentamisessa tahtiaika on nähty työn virtauksen suunnitteluparametrina, koska rakennusala on tahdistanut käytettävissä oleva työvoima. (Frandsen, Berghede & Tommelein 2013, 529; Frandsen, Berghede & Tommelein 2014, 571.)

Tahtituotanto rakentamisessa poikkeaa yleisemmin käytetystä tahdistetusta rakentamisesta siten, että tahtirakentamisessa tehtävät asetetaan noudattamaan samaa tahtiaikaa ja tehtävien väliltä poistetaan erilliset ajalliset puskurit, kun taas tahdistetussa tuotannossa pyritään yksittäisten tehtävien sujuvuuteen tyhjiin työkohteiden ja ajallisen puskurin avulla. Tahtituotannossa muodostetaan tehtävistä ”juna”, joka jaetaan ”vaunuihin” ja nämä etenevät tasaisella tuotantonopeudella työkohteesta toiseen poiketen liukuhihnatuotannosta, jossa työstettävä tuote liikkuu. Vaunuille määritetään tehtävien lisäksi resurssit ja materiaalit. Jokaisen tahdin päätteeksi vaunujen tulisi saada määritetyt työt valmiiksi (Junnonen 2022, 30–31). (Haghsheno ym. 2016, 57–59.)

Rakentamisessa tuotantosysteeminen suunnittelua pidetään todella monimutkaisena, koska tuotantosysteemi tehdään jokaiselle projektille erikseen muuttuvalla tiimillä, ja jokaisen projektin tavoitteeksi on koettu tehdä uniikki tuote määrättyssä ajassa (Frandsen ym. 2014, 571). Tahtirakentamista on alettu soveltaa projekteissa, joissa toistuvuus lähes identtisten prosessien välillä on ollut helpointa havaita. Talonrakennuksessa tahdin käytön hyödyt ovat olleet vaikeampia havaita, koska usein kerroksien ja asuntojen välillä on joitain eroja. Kuitenkin, kun talo jaetaan tarpeeksi pieniin osiin, toistuvia töitä voidaan havaita. Tämä vaatii enemmän valmistelua ja suunnittelua, kuin perinteinen malli. Tahtituotannon käytännöt vaihtelevat kuitenkin projektien välillä ja tahtisuunnittelu on riippuvainen tuotantotiimin jäsenistä ja heidän yhteistyöstään (Haugen, Lædre & Aslesen 2020, 457). (Haghsheno ym. 2016, 57.)

Nykyään esimerkiksi asuinkerrostalon sisävalmistusvaiheen koetaan sisältävän paljon toistuvuutta, joten sen nähdään sopivan hyvin tahtirakentamiseen. ”Eräkoko”-termiä käytetään tahtirakentamisessa kuvaamaan yhden vaunun varaamaa aluetta. Mitä pienempi alue on, sitä herkemmin tuotantoon tulee häiriötä ja tätä varten tarvitaan tehokas luovutusmenettely vaunujen välisille siirty-

mille. Pieni eräkoko mahdollistaa myös tuotantoprosessin kehittämisen ja toisaalta eräkoon pienentämisen edellytys on tarkempi valvonta ja tuotannon hallinnan yhdenmukaisuus. Junnonen jakaa tahtirakentamisen tuotannonhallinnan kolmeen osaan: tahtisuunnitteluun, tahtiohjaukseen ja systemaattiseen jatkuvaan parantamiseen. (Junnonen 2022, 30.)

Tahtiaikasuunnittelussa muodostetaan jatkuva virtaus siellä, missä mahdollista, ja puskureina toimii työvoiman kapasiteetti. Prosessi vaatii pitkän aikavälin suuntausta, jossa kehitetään kaikkien tiimin jäsenten kyvykkyyksiä, sekä kykyä ymmärtää tuotantosuunnittelun tärkeys mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Normaalisti rakennusprojektille aikataulua tehtäessä rakennusprosessiin kohdistuu niin paljon vaihtelua, että rakennusaikataulun laatiminen ja tarkka suunnittelu on vaikeaa. Ennakoimatonta vaihtelua varten aikatauluihin jätetään aikapuskureita. Aikapuskureita ei kuitenkaan saada aikataulusta enää myöhemmin pois, joten rakennusprojektin täysi potentiaali jää usein saavuttamatta. (Frandsen ym. 2014, 574–575; Dlouhy ym. 2018, 1365.)

Tahtisuunnittelun ja tahtiohjauksen (TPTC) lähestymiskulma tarjoaa mahdollisuuden hahmottaa puskureita ja aikatauluttaa niitä läpinäkyvämmiin. Tämä lähestymistapa on nähty usein jäykkänä ja monimutkaisena menettelynä, ja tahtiaikataulun käyttöönotto on vaatinut suuria ponnistuksia. Dlouhy ym. kehittivät kolme tasoisen mallin yksinkertaistamaan arvon, ajan ja tehtävien hahmottamista tahtisuunnittelussa, jonka seurauksena TPTC voidaankin nähdä joustavana menetelmänä rakentamisen suunnittelun monimutkaisuuden hallitsemiseksi ja parantaa tehokkuutta koko projektissa. (Dlouhy ym. 2018, 1365.)

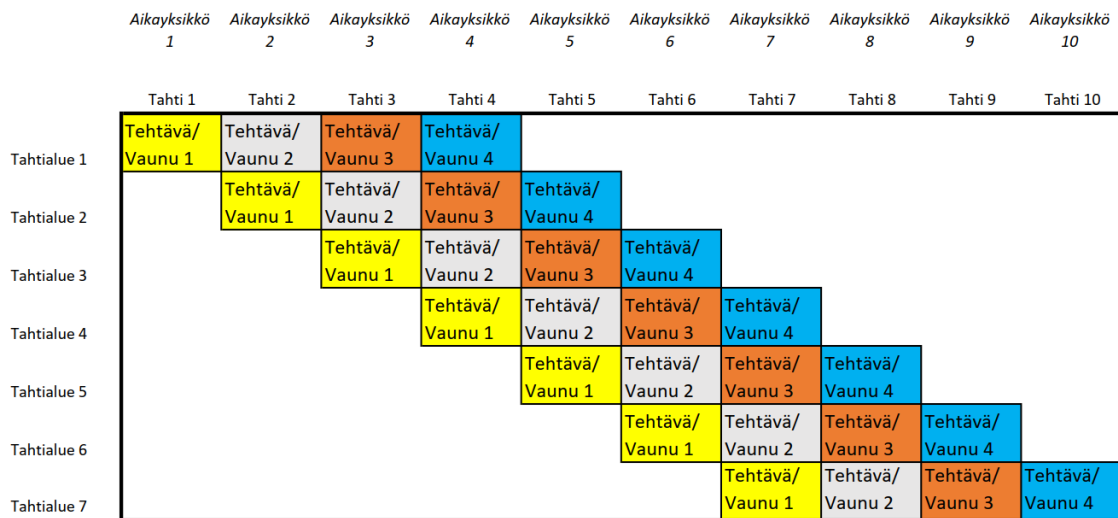
2.4.1 Tahtiaikasuunnittelu

Tahtiaikataulun suunnittelu aloitetaan valitsemalla alueet, joilla tahtituotantoa tullaan suorittamaan, tunnistamalla toistuvia työtehtäviä sisältävät alueet. Tahtituotantoon sovellettavan alueen valinnan jälkeen voidaan määrittää alustava tahtiaika toistuvien töiden ajallisen keston mukaan. Tahtiajan määrittämisen jälkeen voidaan määrittää työjono ja varsinaiset tahtialueet. Tahtialueet tulisi muodostaa siten, että alueilla tehtävä työ olisi kestoaltaan mahdollisimman samanlainen. Tämän jälkeen määritetään, missä järjestyksessä työt etenevät rakennuksen läpi. Suunnitteluprosessi on iteratiivinen ja päättyy siihen, kun työt ovat lajiteltuna kuormaltaan tasaisiin työpaketteihin, jotka voidaan suorittaa tahtiajan puitteissa sisältäen määritellyn tahtiajan sisäisen kelluvan puskurin. (Haghsheno ym. 2016, 57–59; Junnonen 2022, 30–31.)

Haastavin osuus tahtiaikasuunnittelussa on määrittää yhteinen tuotantonopeus työpaketeille. Tasapainotusta voidaan tehdä seuraavilla keinoilla:

1. Työpaketin suorittamiseen vaadittua aikaa voidaan lisätä tai vähentää kasvattamalla tai pienentämällä työryhmän kokoa
2. Työpaketteja voidaan yhdistää sopimaan yhteen tahtiin
3. Työvaiheita voidaan muuttaa, optimoida tai korvata kokonaan toisella tuotteella tai tuotantotavalla. Tällainen toinen tuotantotapa voi olla esimerkiksi esivalmisteisiin siirtyminen (Frandsen ym. 2013, 530; Haghsheno ym. 2016, 58–59.)

Tahtiaikataulu laaditaan visuaalisesti selkeäksi (KUVA 7). Tällä voidaan havaita jo suunnitteluvaiheessa tulevia tuotannon ongelmakohtia, jotka voivat johtua esimerkiksi yhteensovittamisesta tai töiden aloittamisen edellytyksistä. (Junnonen 2022, 31.)



KUVA 7. Esimerkki visuaalisesta tahtiaikataulusta (mukailten Junnonen 2022, 31)

Kun kaikki työpaketit on jaettu tahteihin, yksittäiset laatikot suljetaan. Tämä luo jatkuvan riippuvuuden vaunujen välillä. Jos vaunu muodostuu yhdestä tai useammasta työpaketista, se tulee niin määrittää. Kaikkien vaunujen muodostama työjono on nimeltään juna. (Haghsheno ym. 2016, 59.)

Tahtiaikatauluun saadaan joustavuutta lisäämällä säätömekanismeja, kuten hybridivaunuja, rakentamisen suuntaan puuttamalla, puskureilla, vakioinnilla ja laadunvarmistuksella. Niin sanotut *hybridivaunut* voivat lyhentää koko aikataulua. Näissä vaunuissa on työlajeja, joita pystytään tekemään

samanaikaisesti samalla alueella. Tahtiajassa olevien kelluvien puskureiden lisäksi voidaan käyttää myös kiinteitä puskureita tahdin päätteeksi (esimerkiksi viikonloput ovat puskureita). (Haghsheno ym. 2016, 59; Haugen ym. 2020, 462.)

2.4.2 Tahtiohjaus

Suunnitellulla tahtituotantoprosessilla lähestytään enemmän ja enemmän työmaan tapahtumien realistista kuvaa. Häiriöt eliminoidaan ja valmistusprosessista tulee vakaampi. Tahdin tehtävä on vakioida ja järjestelmällistää menetelmiä sellaisella tavalla, että prosessista tulee vakaa. Ensimmäinen askel näin ollen ei ole järjestelmän optimointi vaan sen vakauttaminen. Perustuen vakaisiin ja ennustettaviin käytänteisiin, tuotantoa voidaan parantaa. (Dlouhy ym. 2018, 1368.)

Tahdin käyttö mahdollistaa eri töiden tarkan ja lyhyen aikavälin hallinnan. Lyhyiden tahtiaikojen ansiosta seuraavaan tahtiin vaikuttaa välittömästi, jos suunnitellussa työssä tapahtuu muutoksia. Potentiaaliset häiriötekijät tulevat näin ollen näkösalille aikaisemmin. Valmis tahtisuunnitelma ei ole kiveen hakattu. Sen sijaan se on suunnitelma, jonka pohjalta tuotantoon siirrytään ja se päivittyy jatkuvasti. Nopeilla aikaväleillä tapahtuva tahtisuunnitelman päivitys on tärkeää. Tästä syystä lyhyen aikavälin havainnot ja työpakettien hallinta on olennaista. Vain tällä tavoin kallista tulipalojen sammuttelua voidaan vähentää. Koko projektin kannalta tämä käytäntö johtaa vähentyneisiin riskeihin, koska prosessissa on saavutettu vakautta. (Haghsheno ym. 2016, 60.)

Rakentamisessa tahtipalavereita pidetään työmaatoimistolla tai tahdinjohtotaululla työmaalla. Tällä taululla voidaan käsitellä erilaisia tietoja, kaavioita ja suositeltuja toimenpiteitä. Tahtituotantosunnitelmaa hallitaan pääurakoitsijan toimesta pitämällä päivittäisiä palavereita normaalien viikkopalaverien lisäksi (Frandsen ym. 2013, 534). Dlouhy ym. (2016, 16) suosittavat tahtipalaverin kestoksi noin 15 minuuttia ja palaverissa läpikäytävien asioiden keräämistä tahdinjohtotaululle. Frandsenin ja Tommeleinin tutkimuksessa tuotantoa seurattiin kerran viikossa. Tämä sisälsi toteuman ylöskirjauksen, poikkeamat ja syyt poikkeamille. Viikoittainen suunnitelma oli työmaalla ensimmäisessä kerroksessa nähtävillä. Toteumaa ei seurattu päivittäisissä palavereissa vaan niissä keskityttiin ongelmien tunnistamiseen ja selvittämiseen kentällä. Kohteella noudatettiin 5-päivän tahtia. (Frandsen & Tommelein 2016, 149, 152.)

Tuotannonohjausta tahtituotannossa kutsutaan tahtiohjaukseksi. Tilannekuvaa tulee ylläpitää jatkuvasti ja poikkeamiin reagoida tahdin sisällä yhdessä työntekijöiden kanssa. Tämä vaatii myös nopeaa palautetta kentältä (Frandsen & Tommelein 2016, 143). Systemaattisella valvonnalla ja häiriöiden poistolla tahtituotantoon luodaan jatkuvan parantamisen kehä. Tahtituotannossa korostuu päivittäisjohtaminen, jolla varmistetaan, että jokainen tietää, mitä pitää tehdä ja milloin ja että tämä tulee tehdyksi tahtiajan puitteissa, mutta tahtialueelta ei myöskään poistuta ennen tahdin päättymistä. Laatua hallitaan lisäksi vaunujen välisillä luovutuksilla, jolloin virheet havaitaan välittömästi, eivätkä toistu enää seuraavalle tahdille. Tämän vuoksi on tärkeää, ettei vaunu siirry liian aikaisin seuraavalle tahtialueelle. Aliurakointia käytettäessä tämä pitää käydä läpi jo hankintavaiheessa. (Junnonen 2022, 30–31.)

Tahtirakentamisessa työnjohtajia sanotaan junankuljettajiksi. He valvovat vaunuja vartioiden, että rakennussuuntaa ja tahtiaikaa noudatetaan ja varmistavat laadun. Lyhyessä tahtiajassa voi olla varajunankuljettaja, joka voi olla esimerkiksi kokenut asentaja, ja jonka tehtävä voi olla valvoa enemmän laatua ja opastaa itse työssä. Johtamispalavereita pidetään päivittäin ja suorituskyvyn mittarit ovat tärkeässä roolissa. (Heinonen & Seppänen 2016, 27–28.)

Dlouhyn ym. tutkimuksessa rakennusvaihe saatiin lyhennettyä 11 kuukaudesta viiteen kuukauteen. He uskovat, että kolmetasoisella menetelmällä tahtituotantoon voidaan vakioda käytänteitä, mikä mahdollistaisi jatkuvan parantamisen jopa projektien välillä. Heinonen ja Seppänen kertovat tutkimuksessaan laivanhyttiremontoinnin tuloksista, missä ottamalla hyvin lyhyt (15–180 minuutin) tahtiaika käyttöön, tuotantonopeus nousi melkein nelinkertaiseksi läpimenoajan lyhentyessä 73 %. Varsinkin keskeneräisen työn ja laatuvirheiden määrä väheni dramaattisesti molempien laskiessa 99 %:ia. Keskeneräisen työn väheneminen oli edellytys kaikille muille tuloksille. Laatuvirheet laskivat käytännössä nolnaan, koska läpimenoaika oli niin lyhyt, että tilaajan tarkastukset alkoivat niin aikaisessa vaiheessa, että virheet löydettiin ajoissa, eikä niitä toistettu läpi projektin. Haghsheno ym. (2016, 58) yhtyvät väitteeseen, että tahtituotannon hyötyjä rakentamisessa ovat kasvanut taloudellinen toteutuskelpoisuus, parempi laatu ja ajoissa valmistuminen. (Dlouhy ym. 2016, 13; Heinonen & Seppänen 2016, 28.)

Haugen ym. tutkivat tahdin suorituskyvyn mittareita. Tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoinen osuus oli vaunujen välillä suoritettujen luovutuksien teko, johon käytettiin alla olevaa pöytäkirjaa (KUVA 8). Jotta subjektiivisuutta saatiin karsittua, järjestelmän mukaan luovuttavan ja vastaanot-

tavan vaunun tuli molempien allekirjoittaa pöytäkirja. Tämän lisäksi tehtiin vielä säännöllisiä tarkastuksia, että pöytäkirjat eivät olleet väärennettyjä. Täydelliseksi luovutukseksi laskettiin sellainen luovutus, jossa alue oli tahdin päätteeksi siivottu ja työt olivat täysin valmiit eli seuraava vaunu pystyi aloittamaan työt täysin itsenäisesti alueella. Mielenkiintoista oli, että dokumentoitujen luovutusten lukumäärä laski radikaalisti, kun vaunujen nokkamiehet jätettiin suorittamaan luovutukset keskenään ilman tutkijoiden avustusta. (Haugen ym. 2020, 457, 460, 465.)

Floor	Unit and zone	Zone cleaned?		Zone 100 % completed?		Any retrogression this week?		All additional choices completed?		Executed within normal weekhours?		From trade	To trade
		Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Signature	Signature
			Comments?		What remains?	Reason?		Comments?					

KUVA 8. Luovutuspöytäkirja -esimerkki (Haugen ym. 2020, 460)

2.5 Laadunvarmistus rakentamisessa

Rakennusteollisuudessa laatu voidaan määritellä suunnittelijoiden, rakennuttajan, viranomaisten ja tilaajan vaatimusten täyttämiseksi. Laadunvarmistus- ja laadunhallinta-termejä käytetään usein keskenään, koska laadunhallinta on osa laadunvarmistusta. Laadunvarmistukseksi määritellään kaikki ne suunnitellut toimet, joilla saavutetaan tarvittava luotto siihen, että esimerkiksi rakenne toimii, kuten on suunniteltu ja täyttää asetetut vaatimukset. Laadunhallintaa taas ovat tietyt proseduurit, jotka kuuluvat laadunvarmistukseen, kuten suunnittelu, koordinointi, kehittäminen, tarkastaminen jne. Laadunhallinnalla valvotaan prosessia ja pyritään eliminoimaan ei-haluttu laadun tuotto. (Arditi & Gunaydin 1997, 235–236.)

Haapasalo ja Pura-Aho määrittelevät laadunvarmistuksen laadunvalvontaa pidemmälle meneväksi johtamismenetelmäksi. Laadunvarmistus perustuu ennaltaehkäisyyn ja virheiden havaitsemiseen aikaisessa vaiheessa prosessia ja sen tehtävä on määrittää, miten laadunvalvonta tulisi suorittaa. Laadunvarmistus toimii myös työkaluna laadun parantamiselle, koska sillä saadaan selville kehittämiskohteet. (Haapasalo & Pura-Aho 2015, 4.)

Suunnitelmien laatu vaikuttaa valmiin rakennuksen laatuun. Suunnittelijoiden pitää tuntea käytettävät materiaalit ja työmenetelmät ja suunnitelmissa tulisi pitää mielessä rakennettavuus. Suunnittelijoiden tulisi kommunikoida selvästi, miten rakennus on suunniteltu toteutettavaksi ja miten asenusten tulisi tapahtua. (Arditi & Gunaydin 1997, 242.)

Arditi ja Gunaydin siteerasivat tutkimusta, jonka mukaan pääsyy rakentamisen heikolle tuottavuudelle on suoraan tai välillisesti seurausta huonoista johtamiskäytänteistä. Koska laatu on osa tuottavuutta, ensimmäisenä pitää tunnustaa, että johtamisessa on ongelma. Toinen tutkimus osoitti, että johdon sitoutuminen jatkuvaan laadun parantamiseen on tärkeimpiä valmiiseen rakennukseen vaikuttavia tekijöitä. (Arditi & Gunaydin 1997.)

Rakennustyömaalla puhuttaessa laadunvarmistuksesta laadulla tarkoitetaan yleensä valmistuslaatua eli sitä, että tehty laatu vastaa suunnitelma-asiakirjoja. Laaduntarkastukset ovat osa laadunvarmistusta työmaalla, kuten laatuvaatimusten selvittäminen, yhteistoiminta osapuolten välillä ja työntekijöiden perehdyttäminen laatuvaatimuksiin. Havaitut virheet tulee laadunvarmistuksessa kerätä ylös ja selvittää niiden syyt, sekä dokumentoida. Laadunvarmistus on silloin hankkeen kannalta onnistunut, jos rakennus täyttää sille asetetut vaatimukset. Jotta laatua voidaan tuottaa, tulee suunnitelmien olla yhteensovitettu ja toimitettu oikea-aikaisesti työmaalle. Laatuvaatimukset esitetään rakennuslalla usein viittauksina yleisiin asiakirjoihin, kuten esimerkiksi viittauksena RYL-julkaisusarjaan. Käytännössä urakassa usein sovitaan tehtäväksi ja tarkastettavaksi mallityö, johon verrataan tätä seuraavia osakohteita. (Junnonen & Kankainen 2001, 36–37.)

Viranomaisen tulee varmistaa rakennushankkeen osapuolten asiantuntemus ja kyky suoriutua hankkeesta lain ja hyvän rakennustavan mukaisesti. Hyvä rakennustapa määritellään esimerkiksi RYL-julkaisusarjan avulla. Tärkeimpiä viranomaisten edellyttämiä laadunvarmistustoimia ovat aloituskokous, rakennustyön tarkastusasiakirja ja tarvittaessa laadunvarmistus selvitys. Rakennuttajan puolelta laadunvarmistusta suoritetaan pääasiallisesti palkkaamalla työmaavalvoja, jonka tehtävänä on varmistaa urakoitsijan tekemän työn sopimuksen mukaisuus. (Junnonen & Kankainen 2001, 40, 44.)

Urakoitsijan laadunvarmistustoimenpiteet perustuvat yleisiin sopimusehtoihin (YSE), joka edellyttää urakoitsijalta laadunvalvontaa. Laadunvalvontaa ovat erilaiset mittaukset, tarkastukset ja katselmukset. Lisäksi YSE velvoittaa urakoitsijaa tekemään itselleluovutuksen ennen tilaajalle luovutusta, sekä ilmoittamaan havaituista vakavista laatuvirheistä ja niiden korjaustoimenpiteistä tilaajalle. Työmaan laadunvarmistuksesta tehdään suunnitelma osana laatusuunnitelmaa (KUVA 9). Laatusuunnitelmassa käsitellään muuten muun muassa yhteistyökäytäntöjä, suunnitelmakatselmuksia ja aikatauluhallintaa. Suunnitelman pohjaksi voidaan tehdä potentiaalisten ongelmien ana-

lyysi (POA), jossa käydään läpi mahdollisesti tulevia ongelmia ja niiden ehkäisyä, sekä toimenpiteet, joilla riskin juurisyyn todennäköisyyttä tai seurauksien merkitystä voidaan vähentää. (Junnonen & Kankainen 2001, 49–52.)

Omien töiden laadunvarmistussuunnitelma

Tehtävä	Vastuu-henkilö	Työ alkaa	Tehtävä-suunnitelma		Aloituspalaveri työntekijöiden kanssa	Ensimmäisen työkohteen tarkistus	Muut tarkastukset		
			(x)	tehty			osa-kohde 1	osa-kohde 2	osa-kohde 3

KUVA 9. Omien töiden laadunvarmistussuunnitelmasta esimerkki (Junnonen & Kankainen 2001, 48)

Yksittäisestä tehtävästä tulisi tehdä tehtäväsuunnitelma (TeSu), jolla varmistetaan kyseisen tehtävän aloitusedellytykset ja tehtävälle asetetut tavoitteet ja vaatimukset. Suunnitelma tulee tehdä tarpeeksi tarkalla tasolla, jotta nämä voidaan saavuttaa. Suunnitelmassa selvitetään tehtävään kuuluvat laatuvaatimukset ja näiden pohjalta määritetään yksittäisen tehtävän laadunvarmistustoimenpiteet. Tehtävän ensimmäisen asennuksen valmistuttua se tarkastetaan. Ilmenneiden virheiden korjaamisesta sovitaan ja tehdään tarvittavat toimenpiteet, jotta seuraavissa asennuksissa nämä eivät toistu. Jos työvaihe sisältää piiloon jääviä asennuksia, tulee piiloon jäävät osat tarkastaa ennen kuin nämä peitetään. (Junnonen & Kankainen 2001, 53, 57.)

Luovutusvaiheessa suoritetaan urakoitsijan itselleluovutus, toimintakokeet ja säädöt, käytön opastus tulevalle käyttäjälle ja tilaajalle luovutettavan aineiston kokoaminen käyttö- ja huolto-ohjeineen. Viranomaiset suorittavat viranomaistarkastukset ja tilaajan ja urakoitsijan välillä suoritetaan vastaanottotarkastus. Itselleluovutukset tehdään perustuen tilaajan asettamiin vaatimuksiin, mutta yleensä yrityksillä on omia yleisiä tarkastuslistoja tätä varten. Itselleluovutuksessa työkohteet tarkastetaan ja tehdään havaittujen virheiden ja puutteiden korjaukset, jonka jälkeen korjaukset tarkastetaan, kohde loppusiivotaan ja lukitaan, sekä luovutetaan tilaajalle. (Junnonen & Kankainen 2001, 57–58.)

Rakennuksen laatuvirheet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: suunnitteluvirheet, toteutusvirheet ja käyttö- ja huoltovirheet. Toteutusvirheet voidaan lisäksi jakaa kolmeen ryhmään: puutteet, virheet ja vauriot. Suurin osa näistä virheistä ovat kosmeettisia pintavaurioita. Tuotannossa tapahtuvat virheet voidaan lisäksi jaotella aiheuttajien mukaan: materiaalitoimittajista aiheutuvat, työntekijöistä tai aliurakoitsijat johtuvat, työnjohdosta aiheutuneet, koneista ja laitteista aiheutuvat ja muista syistä, kuten säästä tai ilkeistä johtuviin. (Junnonen & Kankainen 2001, 30–32.)

Xiao ja Proverbs vertailivat rakennusliikkeiden laaduntuottoa japanilaisten, yhdysvaltalaisien ja brittien välillä ja totesivat, että japanilaisilla oli kehittyneempi laaduntuotokyky. Esimerkiksi japanilaisilla oli huomattavasti vähemmän puutteita lopputuotteessa, kuin verrokkimailla. Syyksi esitettiin muista poikkeava näkemys laadusta. Japanilaisessa yrityskulttuurissa laatu laitetaan kaiken muun edelle ja Total Quality Management (TQM) -tyylinen johtaminen on iskostunut läpi organisaation. Aliurakoitsijoiden kanssa tehdään pitkään yhteistyötä, eikä kilpailuteta halvinta ja sitten keskitytä osapuolien väliseen syyttelyyn, mikä taas mainittiin tyypilliseksi Yhdysvalloissa ja Isossa-Britanniassa. Japanissa työntekijöitä kannustetaan kehittämään omaa toimintaansa ja loppulaatuun liittyviä asioita. Myös palaverikäytäntö poikkesi verrokkimaista, joissa työmaan suunnitteluun ja valvontaan liittyviä kokouksia pidettiin kerran viikossa tai harvemmin. Japanilaisilla 80 % yrityksistä piti tällaisia palaverieita joka päivä. (Xiao & Proverbs 2002, 679–680.)

Laatutyössä tulisi keskittyä syihin, ei seurauksiin. Työn suorittaja on paras asiantuntija. Ihmiset haluavat tehdä työnsä hyvin ja olla mukana päättämässä, sekä haluavat arvostusta. Yhteistyö tuo yleensä paremman tuloksen kuin yksin tekeminen. Jäsennelty graafinen esitys tai kuva on parempi kuin pitkä sanallinen selostus. Yrityksessä on aina piileviä voimavaroja, jotka odottavat käyttöä. (Haapasalo & Pura-Aho 2015, 41.)

Kouluttaminen on laadun kannalta tärkeää. Rakennusalan työvoima eroaa valmistavasta teollisuudesta olemalla yleensä tilapäistä, mutta Arditi ja Gunaydin argumentoivat kirjoituksessaan, että panostamalla tiettyihin kaikille yrityksille yhteisiin laatuasioihin työturvallisuuskoulutusten kaltaisesti kaikki yritykset hyötyisivät, koska työvoima työmaita ja yrityksiä vaihtaessaankin olisi jo valistuneempi laatuasioissa. (Arditi & Gunaydin 1997, 238.)

Sacks, Korb ja Barak puhuvat kirjassaan lean rakentamisesta ja kertovat israelilaisen rakennusyhdistön Tidharin käytänteistä. Yrityksen lean rakentamisen ajatuksen keskiössä on perinteisen sopimuksiin perustuvan projektiajattelun sijaan keskittyä tuotannon virtaamiseen eli valmistusprosessin

hallintaan. Yritys oli jakanut sisävaiheen kolmeen vaiheeseen, joita he kutsuivat aalloiksi. Aalloilla oli eri työnjohtajat ja aaltojen välillä oli luovutuskäytänteet. Ensimmäisellä kohteella korjaustöiden määrä nousi dramaattisesti, toisin kuin oli toivottu. Syitä tälle oli esimerkiksi se, että seuraava aalto ei välttämättä osannut vaatia tarpeeksi valmista työtä, vaan seuraavalle aallolle puskettiin vähän keskeneräistä, joka lopulta kasaantui suureksi määräksi työtä. Kolmannella kohteella luotiin selkeämmät vastuut ja aaltojen välille luotiin selkeät luovutuskäytänteet ja tarkastuslistat. Korjaustyön määrä väheni kohteiden välillä, mutta kehitettävää jäi yhä. Esimerkiksi ensimmäinen aalto priorisoi uusien asuntojen aloittamisen yhä tärkeämmäksi kuin edellisten valmiiksi saattamisen seuraavalle aallolle. (Sacks, Korb & Barak 2018, 244–251.)

2.6 Jatkuva parantaminen

Toyotan tuotantosysteemin keskiössä on jatkuvan parantamisen filosofia ("kaizen"). Jatkuvaan parantamiseen kuuluu tehokas työskentely pienissä ryhmissä ongelmia ratkoen. Työntekijät tehtaassa ratkovat itse vastaantulevia ongelmia samalla keräten dataa ja dokumentoiden. Toyotan tapaan toimia kuuluu voimaannuttaa ihmisiä olemaan aktiivisia ja tekemään parannusehdotuksia. He ovat niitä, jotka tunnistavat ongelmat, joita tahtituotanto paljastaa. Tahti taas luo kiireellisyys tunteen, joka puskee ihmiset korjaamaan ongelmat välittömästi. (Liker 2004, 24, 36.)

Rakennusalan tuotannosuunnittelussa ei ole perinteisesti pystytty yhdistämään aikaisemmista projekteista saatua tietoa uuteen hankkeeseen. Myöskään hankkeiden data ei ole ollut keskenään vertailukelpoista. Dlouhyn ym. mukaan tuotannosuunnittelun mallin vakiointi voisi mahdollistaa hankkeista kerätyn datan vertailukelpoisuuden projektien välillä ja näin sitä voisi käyttää koko prosessin jatkuvaan kehittämiseen. (Dlouhy ym. 2016, 14, 21.)

Tahtirakentamisessa työtehtävätasoinen suunnittelu ja tämän tason tahtiohjaus luo dataa ja informaatiota yrityksen ylemmille portaille. Tahtiohjauksessa pidetyt lyhyen aikavälin palaverien sisältö tulee tätä varten dokumentoida tahdinjohtotaululle samaan tapaan kuin valmistavassa teollisuudessa. Tahtiohjauksessa juurisyöt voidaan havaita ja reagoida havaittuihin poikkeamiin. (Dlouhy ym. 2018, 1372.)

Käyttämällä datasta tilastollisilla menetelmillä johdettuja laskelmia voidaan toimintaa kehittää paremmin kuin perustuen yksilöiden tai ryhmien mielipiteisiin. Rakennusprojektien ainutlaatuisuuden

vuoksi tutkimuksissa on kuitenkin koettu vaikeaksi kehittää tilastollisia menetelmiä tukemaan toimintaa. Koska ei ole olemassa mekanismeja, jolla palautetta saataisiin kerättyä laadunhallinnasta, laadun arviointi on vaikeaa. Tämän takia virheet toistuvat hankkeesta toiseen. Tähän liittyy myös se, että alalla on lukemattomia standardeja, joiden kehittäminen ja pitäminen merkityksellisinä on vaikeaa. (Arditi & Gunaydin 1997, 238–240.)

Haapasalo ja Pura-Aho kehottavat lähtemään laatu prosessin parantamisessa liikkeelle tarkastustoiminnasta. Tällä tavalla alkaa syntymään tietoa ymmärryksen syventyessä valmistuksesta ja virheistä. Tätä tietoa voidaan käyttää laadun ohjaukseen. Laadunohjauksessa voidaan tällöin käyttää eri tekniikoita, kuten SPC:tä. Lopulta laatu laajennetaan koskemaan kaikkea yrityksessä, mutta tämän laatujohtamisen tulee perustua vain dataan. (Haapasalo & Pura-Aho 2015, 53–54.)

Dataa tarkastuksista kerätessä tulisi muistaa, että tarkastuksiin ei välttämättä aina voi luottaa ja niitä voidaan väärentää esimerkiksi pelosta. Deming kuitenkin siteerasi erästä tuotannon tekijää, joka totesi, että jos tuotteeseen ei ole suunniteltu laatua, voi tarkastaminen olla ainoa vastaus ongelmaan. (Deming 1986, 68, 228.)

Liker huomautti informaatioteknologiasta, että sitä kannattaa käyttää valikoiden uusia työkaluja kehitettäessä, vaikka voisikin ensin tuntua, että automaatio tulisi halvemmaksi. Ihmiset ovat kuitenkin yrityksen joustavin resurssi ja jos prosessia ei saada toimimaan manuaalisesti, ei se tule toimimaan automaatiollakaan. (Liker 2004, 9.)

3 KOHDEYRITYKSEN SISÄVALMISTUSVAIHEEN KEHITTÄMINEN

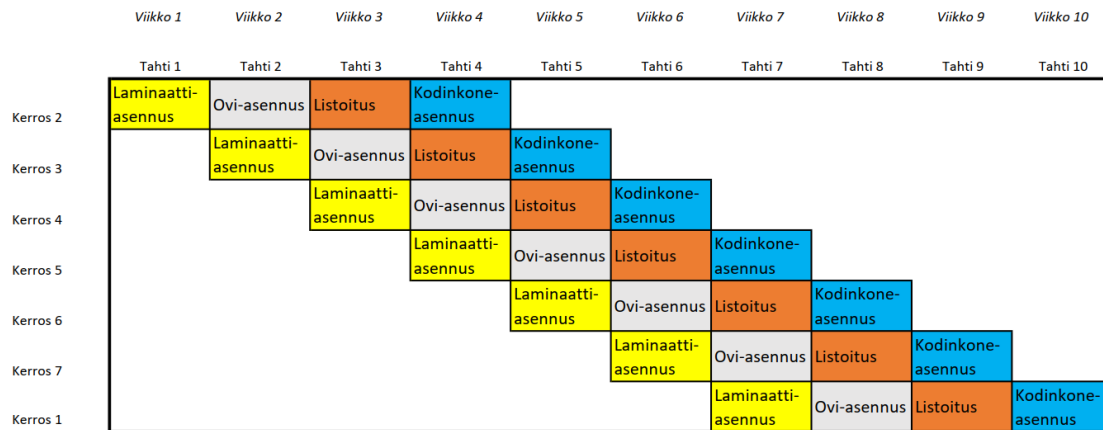
Tutkimukseen kerättiin havaintoja kohdeyrityksen kahdelta työmaalta syksystä 2021 alkaen. Tällä pyrittiin ymmärtämään sisävalmistusvaiheen valmistusprosessia varsinkin laadun näkökulmasta. Tämän aineistonkeruun ensimmäisenä vaiheena päivitettiin yrityksen laatutarkastukset sisävalmistusvaiheen osalta, jonka jälkeen tutkimustyön pääpaino siirtyi kokonaisvaltaisemmin laadunvarmistusmallin kehittämiseen. Laatutarkastusten päivitys ei sisälly tähän tutkimukseen, mutta sitä varten laadittua sisäistä tutkimusraporttia havaintoineen on hyödynnetty myös tähän tutkimukseen.

Ensimmäiseltä työmaalta Espoosta kerättiin havainnot viikon tahdilla tehdyiltä työmaalta ja toiselta kohteelta kerättiin havainnot puolen päivän tahdista. Toisen työmaan havainnoinnin päätteeksi havaintojen pohjalta pidettiin työmaan sisävalmistusvaiheen avainhenkilöille teemahaastattelut, joilla syvennettiin tutkijan ymmärrystä laadun muodostumisesta ja valmistus- sekä laadunvarmistusproesseista. Havaintojen perusteella oli laadittu ensimmäinen toimintatapaehdotus laadunvarmistusmalliksi, johon haastateltavat pääsivät antamaan omat kommenttinsa. Myös ensimmäiseen tutkimukseen sisältyi haastatteluja.

Viikon ja puolen päivän tahdeissa on olennainen ero valmistusprosessin sekä laadunvarmistuksen kannalta. Viikon tahdissa annetaan tahtivaunulle tahtialueeksi viikon tahtiaika, joka asuinkerrosta- lassa tyypillisesti tarkoittaa, että työsaavutuksen tulee olla yksi kerros rapusta viikossa.

Haalausta ei välttämättä ole viikon tahdissa irrotettu vaunun tehtävistä omaksi vaunukseen, vaan esimerkiksi laminaattiasentajan viikon työsaavutukseen voi kuulua myös laminaattien siirto välivastosta asuntoihin tai tahdin aikana erillinen haalaustyöryhmä käy siirtämässä materiaalit kerroksittain edellisen tahdin aikana, mutta tälle haalaukselle ei ole annettu omaa tahtia aikatauluun. Haalaus voi olla myös näiden yhdistelmä.

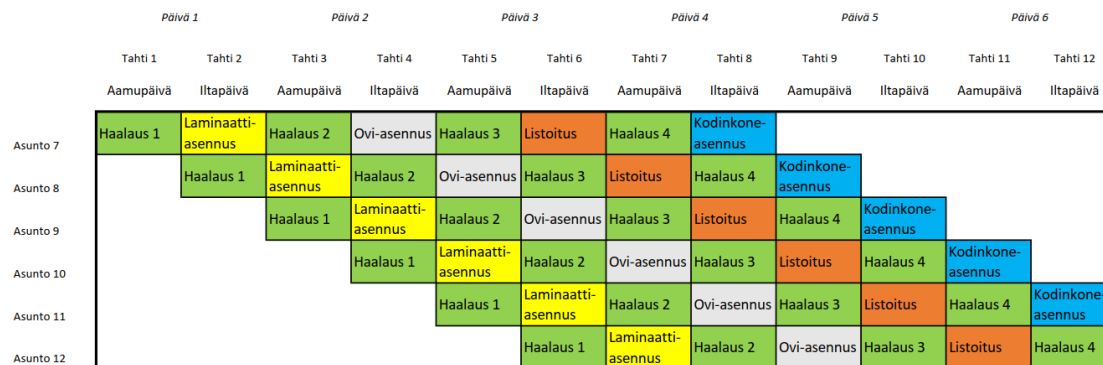
Laadunvarmistuksen mekanismit toimivat viikon tahdissa niin, että viikon välein työnjohtaja tarkistaa laadun. Kun junan viimeinen vaunu on saanut ensimmäisen tahtialueen valmiiksi, ensimmäinen vaunu voi hyvin olla jo hyvin pitkällä urakkaansa menossa tai junan ollessa pitkä, jopa valmistunut (KUVA 10).



KUVA 10. Viikon tahti esitettynä tahtiaikataulussa

Vaunut toimivat eräänlaisina edellisen vaunun tarkastajina, koska seuraavissa vaunuissa yleensä ilmenee virheitä, jos edeltävät työvaiheet ovat väärin tehtyjä tai puutteellisia. Vasteaika tämän vuoksi on viikon tahdissa vähintään viikon. Tässä ajassa ensimmäinen vaunu on tehnyt vähintään kerroksen verran asuntoja varastoon mahdollisesti virheellisinä tai puutteellisinä.

Puolen päivän tahdissa tahtialue on tyypillisesti yksi asunto ja seuraavalta vaunulta tulee palautetta edellisen vaunun töistä kahdesti päivässä. Tämän vuoksi vasteaika on huomattavasti lyhyempi, kuin viikon tahdissa, eikä virheellisiä tuotteita ehdi syntyä varastoon yhtä paljon. Kuvan 11 mukaisella junalla viimeisen vaunun aloittaessa ensimmäinen vaunu ei ole ehtinyt valmistaa kuin reilun kerroksen asuntoja, jos esimerkin kerroksessa olisi kuusi asuntoa.



KUVA 11. Puolen päivän tahdin ensimmäisen kerroksen asunnot esitettynä tahtiaikataulussa

Puolen päivän tahdissa juna on läpäissyt ensimmäisen asunnon kuvien esimerkissä neljässä päivässä, kun viikon tahdilla läpäisy aika on kuukausi. Tämän vuoksi asunnon lopputarkastuksetkin suoritetaan prosessissa aikaisemmin, kuin viikon tahdissa.

Haittapuoleksi on koettu, että kun kerroksen joka asunnossa työskennellään ja neljän tunnin välein tuodaan asennusmateriaalia, lyhyellä tahdilla kohde ruuhkautuu. Tämän vuoksi logistiikan merkitys korostuu, eikä vaunut voi enää huolehtia itse logistiikastaan, vaan valmistusprosessin osaksi tulee, että asennusvaunut vain asentavat, eivätkä poistu tahtialueelta kesken tahdin ja logistiikkavaunut huolehtivat materiaalitoimituksista ja jätteiden pois kuljettamisesta.

3.1 Tuotanto viikon tahdissa

Firan asuntorakentamisessa on käytetty vuodesta 2020 asti viikon tahtia sisätyövaiheen toteutukseen. Käytänteet pilotoitiin ensin yhdellä työmaalla, josta prosessi jalkautettiin muille työmaalle. Tämän tutkimuksen tekijä teki tämän pilotin yhteydessä sisäisen tutkimuksen laadunvarmistuksen nykytilasta ja tätä tutkimusta on hyödynnetty tässä teoksessa kuvaamaan viikon tahtia.

Tutkimuksessa analysoitiin laadunvarmistusprosessia havainnoimalla, suorittamalla tarkastuksia ja haastatteleamalla työmaahenkilöstöä. Tutkimuksen tuloksena laatutarkastukset päivitettiin ja jatkotutkimusehdotuksena ehdotettiin laadunvarmistusmallin kehittämistä, joka perustuisi malliasennusten painottamiseen ja jatkuvaan vikalistaan. Järjestelmää aiottiin pilotoida, mutta pilotti kariutui henkilöstöresurssipulaan.

Viikon tahdista tehtyä tutkimusta käytettiin tässä tutkimuksessa vastaamaan ensimmäiseen pää-tutkimuskysymykseen, eli miten nykyinen viikon tahti toimii laadunvarmistuksen näkökulmasta. Tutkimuksessa haastateltiin laajasti eri työmaiden toimihenkilöitä ja havainnoitiin työmaan tekemistä puolen vuoden ajan osallistuen myös itse tarkastusten tekemiseen.

Espoon työmaan aikaan asuntorakentamisen linja otti käyttöön digitaalisen laadunvarmistuksen kypsyysmallin, jonka painotuksia muokattiin työmaan edetessä. Kypsyysmalli seuraa automaattisesti, tehdääkö prosessin mukaiset laadunvarmistustoimenpiteet oikea-aikaisesti. Kypsyysmalli toimii vertaamalla aikatauluohjelmasta ja laadunhallinnan ohjelmasta tulevaa dataa keskenään. Eri mittareille on annettu painoarvot, joiden pohjalta kypsyysmalli laskee hankkeelle painotetun keskiarvon prosenttilukemana, joka on sidottu toimihenkilöiden tavoitepalkkioihin. Mitattavia kohtia ovat esimerkiksi, ovatko yleisaikataulusta löytyvien työvaiheiden tarkastukset suunniteltu laatumatriisin mukaisesti ja noudatetaanko suunnitelmaa.

Kohdeyrityksen laadunhallintajärjestelmä sisältää laadunhallintasuunnitelman, laatumatriisin ja tarkastusasiakirjan. Nämä niputtavat laadunhallinnan asiakasta, viranomaisia ja sisäistä laadunvarmistusta varten.

Kohdeyrityksen toimintamalliin on kuulunut, että itse rakennustyöt suorittavat aliurakoitsijat ja näin ollen yrityksellä ei ollut varsinaista rakentamisen prosessikuvausta, ainoastaan projektin johtamisen prosessi. Työtä ohjattiin aliurakan johtamisen prosessin kautta, joka oli tuotannon pääprosessi. Tämän prosessin alakohtana on aliurakan ohjaus ja valvonta, joka on käytännössä myös laadunvarmistuksen prosessi. Toisin sanoen prosessit keskittyivät ulkokehään valmistusprosessista katsottuna.

Prosessi sisältää nimetyt vaiheet, sekä nimeää vaiheille vastuuhenkilöt, toteuttavat osapuolet, osallistujat, käytettävät työkalut ja erikseen huomioon otettavat asiat (kts. Liite 1). Laadua varmistetaan työvaihekohtaisesti ja aliurakoitsijoiden oma laadunvarmistus pyritään sisältämään prosessiin.

Laadunvarmistus toimi työvaihekohtaisesti. Tarkastukset olivat määriteltynä tarkastusasiakirjassa, joka muodostui laatumatriisin mukaisista tarkastuksista. Tarkastusten vähimmäistiheys oli määriteltä laadunvarmistuksen kypsyyksimallissa. Laadunvarmistus koski koko hanketta, mutta tässä tutkimuksessa keskityttiin ainoastaan tuotantovaiheeseen.

Laadunhallinnassa pyrittiin käyttämään digitaalisia työkaluja, jotta myös dokumentointi olisi tullut suoritettua. Lisäksi digitaalisilla työkaluilla suoritettua työtä kyetään mittaroimaan erilaisissa kypsyyksimalleissa. Kohdeyritys käytti Congridia laadunhallintaan ja materiaalihyväksynät pyrittiin tekemään RT Urakoitsijan tuotetiedolla.

3.2 Viikon tahti käytännössä

Espooseen valmistunut kohde, josta tehtiin rakennusvaiheessa erillinen tutkimus, rakennettiin vuosina 2020–2022 ja toteutettiin yrityksen vakioituilla ratkaisuilla, joten rakenneratkaisut yms. ovat verrannolliset tapaustutkimuksen kohteeseen, joka toteutettiin Vantaalle. Espoon kohteessa noudatettiin työnjohdollista periaatetta, että työvaiheilla on omat työnjohtajat, ei rapuilla. Kohteessa noudatettiin viikon tahtia ja toteutettiin alihankinnalla teetetynä työnä. Laadunvarmistus toteutettiin

aliurakan johtamisen prosessin ja laadunhallinnan prosessien kautta, kuten aikaisemmin kohdeyrityksen järjestelmää kuvattiin.

Sisäinen raportti laadittiin niin, että raportin laatija havainnoi työmaan tekemistä puolen vuoden ajan talvella 2021–2022 suorittamalla tarkastuksia ja haastattelemalla kohdeyrityksen asuntorakentamisen tuotannon toimihenkilöitä. Havainnot kirjoitettiin raporttiin tarkalla tasolla, mutta haastattelut analysoitiin suoraan yhteenvedoiksi, eikä näistä ole säilynyt litterointia. Haastatteluja tehtiin alustavassa tutkimuksessa 17 kpl. Haastateltavina olivat takuutyöpäällikkö, laatupäällikkö, projektipäällikkö, kehityspäällikkö, 4 vastaavaa mestaria, 1 työmaainsinööri, 6 työnjohtajaa ja 2 asentajaa. Haastattelut olivat teemahaastatteluja tarkastellen laadunhallintaa haastateltavan roolin ja osaamisen näkökulmasta.

3.2.1 Laadunvarmistus viikon tahdissa

Laadunvarmistuksen pohjana toimi silloinen laatumatriisipohja (KUVA 12), jota oli muokattu vastaamaan työmaan erityispiirteitä. Erityispiirteitä olivat esimerkiksi maarakennukseen liittyvät vaiheet, kuten louhinta, joita ei välttämättä suoriteta joka työmaalla tai vesikaton karkea jako tasakattoisiin tai harjakattoisiin kattoihin. Työmaa määritti itse laatumatriisiin tarkastustiheydet. Laatumatriisissa jokaisella tarkastuskohdalla oli alussa numerokoodi, joka oli yhteneväinen aikatauluohjelman käyttämien nimikkeiden kanssa, jolloin tarkastukset saatiin kohdistettua varmasti oikeaan aikataulutehtävään. Lisäksi laatumatriisin tehtävät olivat rakennustöiden etenemisen kannalta suurin piirtein kronologisessa järjestyksessä, jolloin tarkastuksista voidaan päätellä valmiusastettakin. Tässä tehtiin eroa edeltäneeseen laatumatriisiin, joka perustui Talo2000-nimikkeistöön.

07_KU_0000 Kuivat tilat
07_KU_0100 Väliseinien työpuoli
07_KU_0200 TATE Väliseinien ja alakattojen peittoluvat
07_KU_0210 TATE Väliseinien ja alakattojen LV asennukset (peittolupa)
07_KU_0211 TATE Väliseinien ja alakattojen LV painekoe
07_KU_0220 TATE Väliseinien ja alakattojen sähköasennukset (peittolupa)
07_KU_0300 Väliseinien tuplaus ja alakatot
07_KU_0500 Tasoitus
07_KU_0600 Maalaus
07_KU_0700 Kalusteasennus
07_KU_0800 TATE LVIS kalusteet ja päätelaitteet
07_KU_0810 TATE Asuntojen IV-päätelaitteet (itselle luovutus)
07_KU_0820 TATE Asuntojen LV-kalustus (itselle luovutus)
07_KU_0830 TATE Asuntojen sähkökalustus (itselle luovutus)
07_KU_0900 Parketti-/Laminaattiasennus
07_KU_1000 Oviasennus
07_KU_1100 Listoitus
07_KU_1200 Lukitus ja heloitus

KUVA 12. Kuvakaappaus Espoon työmaan laatumatriisista ilman tarkastusmääriä

Malliasennukset

Suoritetuissa tarkastusmäärissä työmaalla korostuivat malliasennuksille laitettava paino. Nämä tarkastukset tehtiin hyvin tarkasti kutsuen tarvittaessa suunnittelijat ja valvoja paikalle. Malliasennuksien korostaminen sopii ajatukseen, jossa aliurakoitsijoiden työntekijöistä pyritään löytämään hyviä tekijöitä ja sitouttamaan heitä pysymään työmaalta toiselle kohdeyrityksen palveluksessa.

Mallityön teettämisessä on se etu, että on mahdollista tarkistaa ajoissa, että syntyy haluttua laatua. Liittyviin rakenteisiin ja käytettäviin menetelmiin otettiin tässä vaiheessa kantaa jopa tilaajan toimesta, jolloin niin tekijällä, pääurakoitsijalla kuin tilaajallakin syntyi yhteinen näkemys siitä, mitä oltiin tekemässä.

Osakohteen tarkastukset

Mallissa sovitun laatutason ylläpitämistä valvottiin tyypillisesti kerroskohtaisilla osakohteen vastaanotoilla, jonka lisäksi osa urakoitsijoista suoritti mestan vastaanottoja edellisen urakoitsijan jäljiltä, jotta heidän laaduntuotolleen oli olemassa edellytykset. Haluttu laatu oli periaatteessa määritelty kohteelle laatutasomatriisissa ja rakennusselostuksessa. Nämä taas oli viety hankinnan toimesta sopimukseen, mutta käytännön tasolla laatu määriteltiin mallikatselmuksissa.

Viikon välitavoiteaika kerroksen suuruiselle työvaiheen valmistumiselle yleensä riittää myös näiden tarkastusten suorittamiseen, mutta alku- ja loppuviikoille tulee tyypillisesti tarkastuksissa ruuhkahuiput. Nämä ruuhkahuiput tunnistettiin kriittisiksi pullonkauloiksi perinteisen mallin laadunvarmistukselle.

Viikon tahdissa työvaiheiden todelliset valmistuspäivät ovat sattumanvaraisia päiviä, jolloin tarkastusten kuormaa on helpompi jakaa eri päiville. Tarkastukset tehdään myös erätuotantona, jolloin kerkeää valmistua vähintään kerroksen verran asuntoja, joissa on voitu toistaa samaa virhettä. Jos ennen tarkastuksia oli havaittu seuraavan aliurakoitsijan toimesta esteeksi muodostuvia virheitä, olivat aliurakoitsijat voineet keskustella esteiden korjaamisesta ottamatta pääurakoitsijaa olenkaan mukaan, jolloin pääurakoitsijalle ei tullut tietoa koko virheen olemassaolosta.

Osakohteiden vastaanottotarkastukset olivat laadunhallintajärjestelmässä ajateltu tehtäväksi joka työvaiheesta kerroksittain tai rapuittain. Varsinkin digitaalisen kypsyysmallin käyttöönoton jälkeen näitä tarkastuksia tehtiin Congridiin paremmalla aktiivisuudella kuin aikaisemmin.

Laadunvarmistuksen työkalut

Kun työvaiheita alkoi olemaan paljon yhdellä työnjohtajalla kerralla käynnissä useassa kerroksessa ja jopa rapussa, osakohteiden vastaanotoissa joustettiin, eikä tarkastuksia enää lopussa välttämättä dokumentoitu sovitulla taajuudella. Työnjohtajien haastatteluissa korostui väite, että he kyllä tarkastivat jokaisen asunnon vähintään laatumatriisissa sovitulla tarkastustiheydellä, mutta kiireen vuoksi tarkastukset eivät välttämättä päättyneet laadunvarmistuksessa käytettyyn dokumentointityökaluun Congridiin.

Työkalun ei koettu antavan apua korjauskehotusten välittämiseen aliurakoitsijan asentajalle töiden ollessa käynnissä. Sen sijaan WhatsApp-puhelinsovellusta käytettiin enimmäkseen tähän tarkoitukseen. Nämä virheet koettiin tulevan yleensä korjatuksi, eikä näiden myöhemmin Congridiin raportoisella nähty lisäarvoa työnjohtajalle. WhatsApp-havainnot jäivät työnjohdon ja tekijän väliseksi, eikä näistä laadittu minkäänlaista dokumenttia jälkikäteen eli yritys menetti tämän tiedon. Päivittäisillä työmaakerroksilla voitiin puuttua myös suullisesti virheisiin, ennen kuin virheet kerkesivät monistumaan useampaan asuntoon, mutta tällaisista virheistä ei myöskään jäänyt yritykselle dokumentoitua tietoa.

Congridin valokuvausominaisuudesta ei pidetty, koska kuvien tarkkuus oli huono jälkepäin tarkastellessa. Ominaisuus, jolla kuvaan voitiin piirtää esim. ympyrä korostamaan virheen sijaintia, vaikka sitä ei varsinaisesti kuvasta erottaisikaan, oli vähän käytetty hitautensa vuoksi.

Congridin käyttäminen koettiin mielekkääksi vasta luovutusvaiheessa, jolloin ohjelmalla oli helppoa luoda urakoitsijakohtaiset korjauslistaukset ja tarvittaessa esimerkiksi tulostaa asentajalle mukaan. Havainnoista asentajalle kävi ilmi virhe ja sen sijainti. Muita ohjelman ominaisuuksia, kuten korjaustavan havainnolle määrittämistä työnjohtajat eivät yleensä käyttäneet.

Urakoitsijan laaduntuotto

Viikon tahdissa lopulliseen laatuun vaikutti suuresti, millainen asentaja työmaalle oli valikoitunut. Kun työtä katsottiin vain tietyn työurakan tai hankintapaketin kautta, hyväksi asentajaksi miellettiin sellainen henkilö, joka teki haluttua laatua nopeasti. Urakkapalkkauksen vuoksi urakoitsijoiden työntekijät olivat yleensä nopeita, mutta eivät välttämättä laadukkaita. Jos työmaalla oli havaittu, että esimerkiksi tietty kipsilevyasentaja teki hyvää laatua nopeasti, tämä henkilö monesti yritettiin saada tekemään kohteen kaikki kerrokset ja mielellään otettiin asentajaksi seuraaville työmaillekin.

Kipsilevyasennusta ei tyypillisesti kohdeyrityksen kohteissa riittänyt viikon ajaksi asennettavaksi, jolloin työmaat saattoivat kierrättää samaa asentajaa työmaiden välillä, jotta asentaja ei karannut toisen pääurakoitsijan palvelukseen. Jos tässä ei onnistuttu, hyväksi havaittu asentaja vaihtoi toisen pääurakoitsijan työmaalle, eikä välttämättä tullut takaisin, kun kohdeyrityksen työmaa häntä jälleen tarvitsi seuraavan kerran. Tätä voitiin myös taklata siten, että kyseiselle työvaiheelle annettiin useampi kerros mestaa, eikä viikon tahti tosiasiallisesti toteutunut.

Riippuvuus laaduntuottamisessa hyvästä asentajasta eroaa teollisuudesta, jossa laatu perustuu hyvään valmistusprosessiin. Rakennusalalla nopea asentaja käytännössä ratkoo ongelmia itsenäisesti ja optimoiden omaa suoritustaan, eikä välttämättä pysähdy miettimään ratkaisusta seuraavia ongelmia seuraaville työvaiheille. Näiden seuraamusten arvioiminen pitäisi olla pääurakoitsijan työnjohdon tehtävä, mutta yleensä näistä tehdyistä ratkaisuista ei tullut minkäänlaista tietoa heille.

Jos asentajaa ei saatu takaisin, aliurakoitsija lähetti toisen asentajan työmaalle pysyäkseen aliurakoitsijalle asetetussa viikko per kerros -välitavoitteessa. Myös sairastumiset ja tapaturmat saattoivat vaikuttaa asentajan vaihtumiseen. Etukäteen ei tiedetty, millaista laatua kyseinen asentaja kykeni tuottamaan, taikka mikä hänen työsaavutuksensa oli.

Tässä vaiheessa järjestelmä meni ikään kuin rikki, koska uudelle asentajalle harvoin pidettiin uutta malliasennustarkastusta. Vaihdoksesta eteenpäin laatu saattoi muuttua suurestikin. Työnjohtaja tarkisti kuitenkin työt kerroksittain ainakin dokumentoimatta ja tällä pyrittiin löytämään olennaiset virheet.

Urakoitsijoiden välinen luovutusmenettely

Hyvä virheiden löytäjä on yleensä seuraavaksi työsijainnille tuleva urakoitsija, koska pääurakoitsijan työnjohtaja ei tiedä tarpeeksi tarkalla tasolla, mitä edelliseltä vaiheelta olisi pitänyt vaatia. Jos seuraavan vaiheen urakoitsijan työnjohtaja teki mestan vastaanoton huolella, edeltävien työvaiheiden pääurakoitsijan työnjohtajalta läpi päässeet seuraavan työvaiheen asennukseen vaikuttavat virheet löytyivät. Läpi pääsivät kuitenkin virheet, jotka eivät vaikuta seuraavan aliurakoitsijan asennuksiin ja nämä virheet saattoivat olla vaikeita korjattavia useamman työvaiheen ohitettua työsijainnin.

Hyvänä esimerkkinä läpi pääsevästä virheistä oli pistorasian väärä sijainti kevyessä väliseinässä. Kipsilevyasentaja saattoi olla asentanut merkkauksesta huolimatta rasian väärälle puolelle väliseinää ja tätä virhettä ei välttämättä seuraava työvaihe, eli tasoite ja maalaus huomannut, koska se ei vaikuttanut heidän työhönsä. Pahimmillaan virhe havaittiin, kun sähkömies tuli asentamaan sähkökalusteita ja asunnossa saattoi olla jo valmiit pinnat.

Tarkastus- ja havaintolistat

Tarkastuslistojen sisältö käytiin läpi Espoon kohteen havaintoja ja haastatteluja toteutettaessa ja niitä päivitettiin siellä tulleiden kommenttien mukaan. Varsinkin tarkastuskohdat, jotka viittasivat vain laatuoppaaseen tai standardiin, muokattiin niin, että niissä luki suoraan toleranssit ilman tarvetta käydä katsomassa ulkopuolisessa sijainnissa.

Tarkastuslistoista toivottiin paremmin työtä ohjaavia. Ideaalitulanteeksi koettiin, että tarkastuslistat olisivat samalla työlistoja, joista asentajat näkisivät itse tehtävät työt ja niiden laadulliset kriteerit, joita arvioidaan. Tämä sopii hyvin tahtituotannon ajatukseen, jolloin tarkastuslistat voisivat olla vau-
nukohtaiset ja arviointialueena tahtialue. Kun pääurakoitsijalla ja asentajalla ovat samat listat käytössään, tulee laadunvarmistuksen prosessiin myös läpinäkyvyyttä.

Osakohteiden vastaanottoja varten oli tehty valmiit tarkastuspohjat. Tarkastustoiminnon ongelmaksi kuitenkin koettiin, että harvoin toteutui nollavirhetarkastus, jolloin tarkastuksiin jäi avoimia kohtia, joita työnjohtajat eivät olisi halunneet jäävän. Jälkitarkastusten tekeminen näille tarkastustyökalulla tehdyille tarkastuksille oli hankalaa, koska niitä ei voitu tehdä mobiiliversiolla, vaan ne täytyi merkata pöytäkoneversiolla hyväksytyiksi.

Varsinkin kokeneemmilta työnjohtajilta tuli sellaista mielipidettä, että työvaiheiden tarkastuslistat olivat turhia ja haluttiin ennemminkin tyhjä lista, mihin työnjohtaja voi oman kokemuksensa perusteella merkitä ylös havaittuja virheitä ja puutteita. Tätä perusteltiin sillä, että usein ei ole yksiselitteistä, mihin tarkastuslistan kohtaan jokin havainto parhaiten sopi ja tähän päähkäilyyn kului voimavaroja.

Nämä työnjohtajat usein käyttivät mieluummin Congridin havaintolista -ominaisuutta, johon tekivät vapaasti otsikoidun listan ja merkitsivät havainnot siihen ylös. Yleisten tilojen kohdalla tarkastuslistapohjia ei ollut olemassakaan, joten nämä tilat tarkastettiin joka tapauksessa havaintolistana. Tarkastusasiakirjan kannalta havaintolistat ovat kuitenkin hieman hankalia, koska ne eivät tulleet näkymään suoraan tarkastusasiakirjaan. Toisaalta ongelmaksi koettiin tarkastusasiakirjaan liittyen myös, että viranomaisista ei aina tiedetä, mitä he laadulta odottavat.

Luovutusvaiheen tarkastuspohjia pidettiin huonoina ja varsinkin näistä tarkastuksista kokeneemmat työnjohtajat olivat sitä mieltä, että tulisi mennä vain havaintolistoilla. Asunnoista löytyi niin paljon erilaisia virheitä, että kaiken kattavaa tarkastuspohjaa oli vaikea tehdä, mihin kaikki toistuvat virheet saisi menemään. Lisäksi oltiin sitä mieltä, että jos luovutusvaiheen tarkastuksen tekijä ei kyennyt tarkastamaan asuntoa ilman tarkastuspohjaa, ei hänellä ollut tarpeeksi kokemusta koko tarkastuksen tekemiseen alun perinkään. Yleisille tiloille ei tarkastuspohjia luovutusvaiheelle ollutkaan.

Vaihtoehtoisesti ehdotettiin täysin tyhjää tarkastuspohjaa, jotta tarkastus menisi kuitenkin suoraan tarkastusasiakirjaan. Kokemattomille työnjohtajille ehdotettiin tehtäväksi PDF-muotoinen tietopaketti tyhjän tarkastuslistan yhteyteen, josta he voivat tarvittaessa luntata, mitä tulisi tarkastella. Kokeneemmatkin kaipasivat luovutusvaiheeseen kuitenkin listaa asioista, joita tulisi säätää viimeistelykierroksella, kuten esim. ovet.

Urakoitsijoiden itselleluovutukset

Urakoitsijoiden itselleluovutukset koettiin järjestelmässä todella heikoksi lenkiksi. Itselleluovutukset suorittavilla urakoitsijoilla urakoitsijan työnjohtaja tyypillisesti kiersi tarkastamassa urakan valmistuttua urakoitsijan tekemät työt ja katsoi omien laatulistojensa perusteella heidän mielestään olennaisten asioiden osalta, olivatko ne kunnossa. Jos eivät olleet, joku heidän asentajistaan kiersi virheet läpi ja korjasi. Jotkut harvat urakoitsijat tekivät tämän työn kerroksittain.

Asentajat harvoin tarkistivat oman työnsä laatua. Laminaattiasentajaa haastatellessa kysyttiin, tarkistaako hän asunnon valmistuttua, onko tehty asennus sovitun mukaista ja hän vastasi, että ei tarvitse, hän tekee kerralla oikein. Laminaattitöistä löytyneiden vikojen määrä kertoi kuitenkin, että näin ei asian laita ollut. Työn aikana asentajat yleensä tekivät kuitenkin jonkinlaista laaduntarkkailua, kuten esimerkiksi jättivät vioittuneet laminaatit asentamatta.

Urakoitsijoiden mielipide itselleluovutuksista oli monesti se, että ne ovat turhia, koska tarkistihan pääurakoitsijan työnjohto heidän työnsä kuitenkin ja erillinen itselleluovutuskierron työllistää turhaan. Pääurakoitsijan toive oli monesti saada näissä tapauksissa aliurakoitsijan työnjohto mukaan tarkastuksiin, koska aliurakoitsijat ovat kuitenkin kyseisen työvaiheen erikoisosaaaja. Aikataulujen yhteensovittaminen tarkastuksia varten osoittautui usein hankalaksi, varsinkin tahdilla tehtäessä,

jolloin pääurakoitsija tyypillisesti jäi yksin kiertämään tarkastuksia. Toisaalta, jos urakoitsija teki hyvin itselleluovutukset, pääurakoitsijan työnjohto koki, että osakohteen tarkastuksia ei välttämättä näille urakoitsijoille enää tarvinnut tehdä.

Maksuerätaulukkoissa oli useasti kohta, joka velvoitti aliurakoitsijan suorittamaan itselleluovutuksen viimeistään työn valmistuttua koko kohteessa. Espoon kohteella näitä tarkastuksia ei ollut montaa tehty ja ilmeisesti osakohteen tarkastusten virheitäkään ei ollut korjattu ennen luovutusvaihetta, koska virheitä koettiin jääneen paljon viimeistelymestarille hoidettavaksi.

Toimiviksi koetut käytänteet laadunvarmistuksessa

Poikkeuksen aliurakoitsijoiden tarkastuksissa kohdeyrityksen asuntorakentamisen linjassa tekivät TATE-urakoitsijat, jotka kohdeyrityksen TATE-päälliköiden kanssa yhteistyössä saivat hyvällä prosentilla tarkastukset suoritettua ja vielä niin, että aliurakoitsijat tekivät tarkastukset pääurakoitsijan järjestelmään.

TATE-urakoitsijat tekivät muitakin tarkastuksia kuin itselleluovutuksia. Peittoluvat olivat tässä prosessissa yleensä haastavin osuus, mutta työmaat selvisivät yleensä tyydyttävällä tavalla tästä.

Viikon tahdin tarkastusmallissa runkovaiheen osakohteen tarkastukset koettiin toimivimmaksi osaksi prosessia. Näitä kutsuttiin ”kilikolipullo-kierroksiksi”, koska näille kierroksille osallistui rungon työnjohtajan lisäksi seuraavien työvaiheiden aliurakoitsijoiden työnjohtajia ja runkourakoitsija ja kierroksella merkittiin virheet eri värisillä merkkusmaaleilla, joiden värit indikoivat, kuka tulisi korjaamaan ja minkä yrityksen maksettavaksi virheet menivät, ja merkeistä korjaajat osasivat korjata virheet. Elementtirakentamisen sisätyövaiheesta poikkeavien toleranssien vuoksi ei ollut aina itsestään selvää, kenen maksettavaksi mikäkin virhe meni. Tästä kierroksesta syntyi suullinen pöytäkirja, johon osapuolet olivat yleensä tyytyväisiä.

Tarkastuksen suurin ongelma jatkuvan parantamisen kannalta oli se, että virheistä ei jäänyt datan muodossa mihinkään merkintää ja samat virheet olivat toistuneet työmailta toiselle, koska ei edes ollut tavoitetilaa, että virheitä vältettäisiin jatkossa tai että niihin puututtaisiin kesken kohteen. Koska korjaaminen ei ole ilmaista, toimittajat olivat laskeneet etukäteen kauppahintaan summan perustuen aikaisemmin toteutuneisiin korjauskustannuksiin ja tämä riski oli jäänyt pääurakoitsijan maksettavaksi.

Tämä tarkastuskierros, kuten runkovaiheen tarkastukset yleensäkin, ovat olleet kuitenkin hyvin rutiinituneita ja ovat tulleet senkin vuoksi hyvin ja ajallaan suoritetuiksi. Luovutusvaiheen Congridilla luodut vikalistat ovat olleet sisävaiheesta lähinnä rinnastettavissa runkovaiheen osakohteen tarkastuksiin, sillä erotuksella, että näistä on löytynyt jonkinlainen dokumentointi Congridista.

Olosuhdeseurannan kohdeyrityksessä koettiin olevan lähinnä tiedolla johtamista ja tämä vähensi huomattavasti laatuun liittyvää taakkaa sisätyönjohtajilta. Kohdeyrityksellä oli jokaisessa asunnossa langaton sensori, joka mittasi lämpötilaa ja kosteutta ja muodosti näkymän jokaisesta työmaasta, jota voitiin seurata työmaatoimiston seinillä olevista monitoreista.

Ongelmakohdat laadunvarmistuksessa

Sisävaihetta viikon tahdissa leimasi se, että urakoitsijoita oli huomattavasti enemmän kuin runkovaiheessa ja myöhäisessä vaiheessa kiinnitetty sisätyönjohtaja helposti ajautui asemaan, jossa sisätyövaiheen johtaminen oli enemmän tulipalojen sammuttelua kuin ennakointia. Tarkastuksista ennen luovutusvaihetta usein puuttui rutiini.

Tarkastusten piikkien synnyttämä kuormitus korostui, koska rutiinin puuttuessa ei ollut muodostunut samanlaista viikkokelloa, kuin runkotyövaiheessa oli, vaikka viikon tahdin ajateltiin nimenomaan rytmittävän työnjohdon arkea paremmin ja luovan rutiinia. Eräs työpäällikkö totesi viikon tahdistä, että sitä leimasi kova kiireen tuntu.

Yhtenä ratkaisuna ongelmaan toivottiin, että aikataulusohjelma muistuttaisi automaattisesti teemmään tarkastukset tai jopa sisältäisi laadunvarmistuksen työkalun itsessään. Myös ennakoedellytysten varmistaminen ohjelmasta puuttui.

Työnjohtajien vastuut

Espoon kohteen aikana tavoitetila linjassa oli, että yhtenäistetään käytänteet, miten työnjohtajille oli jaettu vastuut. Perinteisesti sisätyönjohtajat ovat olleet rappukohtaisia, jonka hyväksi puoleksi on koettu, että jos heidän laadunvarmistuksensa läpi on päässyt virheitä, he joutuvat itse ne hoitamaan edesspäin ja tällä tavalla työnjohtajalle on syntynyt oppimista, jolloin he välttävät samoja virheitä jatkossa tai ainakin ovat oppineet elämään virheidensä kanssa.

Espoossa kokeiltiin työvaihekohtaisia työnjohtajia, joiden vastuut oli jaettu niin, että ensimmäinen työnjohtaja oli ns. valmisteleva sisätyönjohtaja, toinen työnjohtaja sisätyönjohtaja ja kolmas työnjohtaja viimeistely- ja luovutusvaiheen työnjohtaja. Valmisteleva sisävaihe sisälsi runkovaiheesta väliseinävaiheeseen työt.

Tämä roolitus vaikutti Espoon kohteen laadunvarmistuksen tuloksiin ja työnjohtajien asenteisiin ylipäättänsä heitä haastateltaessa. Työnjohtajat kokivat epämieluisaksi leimautumisen tiettyjen työvaiheiden osajiksi ja pelkäsivät, että työt alkavat käymään tylsiksi. Linjan näkemä hyöty tässä työnjaossa kuitenkin oli, että useita rappuja sisältävällä työmaalla ehtisi oppimaan paremmin johdettavat työvaiheet ja työnjohtajien välille voitaisiin tehdä virallinen luovutusmenettely, jota kutsuttiin kapulanvaihdoksi. Tämä nähtiin potentiaalisina keinona saada taklattia suuria virhemääriä, jotka luovutusvaiheessa esiintyivät.

Kapulanvaihto

Espoossa pilotoitiin kapulanvaihto-prosessia työnjohtajien välillä osana laadunvarmistusta. Tässä oli ideana, että kerran viikossa edellinen työnjohtaja tarkisti vika- ja puutelistan kaltaisesta luovutettavan kerroksen ja seuraavan vaiheen työnjohtaja tarkasti ja otti kerroksen vastaan. Tällöin uskottiin vältettävän työvaihemestari-käytännön suurinta kritiikkiä saanut asia, eli se, että seuraava mestari on joutunut aina korjaamaan edellisen jälkeensä jättämät virheet. Kapulanvaihtoja voi verrata luovutuspöytäkirja-ajatukseen (KUVA 8).

Kapulanvaihtoja oli suunniteltu runkotyönjohtajan ja kolmen seuraavan työnjohtajan välille ja jokaiselle vaiheelle oli tehty tarkastuslista. Kapulanvaihto oli tarkastus, joka oli tehty QR-koodilla luettavaan listaan, joka aukaisi käytännössä taulukkotyökalun, johon oli laitettu ylös havaittuja virheitä tai todennettuja tarkastuskohtia (KUVA 13). Itse virheistä lähetettiin asentajille WhatsAppilla viesti, kuten aikaisemminkin.

Järjestys	Otsikko	Tehtävä
1	Sähköasennus	Kojerasioissa ja jakorasioissa suojat
2	Sähköasennus	Keittiön rasioiden paikat tarkastettu
3	Putkiasennus	Patterit ja lämpörunkojen kannakkeet poistettu (
4	Putkiasennus	Keittiön hanakulmien ja viemäreiden paikat tarkastettu
5	Putkiasennus	Patteriputkien kierrelitokset putsattu, ylimääräinen hamppu poistettu
6	IV-asennus	IV-kanavat leikattu seinän pintaan ja tulpattu
7	IV-asennus	Liesituulettimen kanavan paikka tarkastettu
8	Väliseinätjaalakatot	Luukkujen paikat tarkastettu, eivät saa osua kalusteen rajalle
9	Etuputsi	Ontelosaumojen v-urat korjattu ja puhdistettu (n. 2h/as)
10	Etuputsi	Vesieristeet: Pystysaumat ja ulkoseinien lattian raja

KUVA 13. Kapulanvaihtolistasta ote

Idea kapulanvaihdosta pidettiin työmaalla hyvänä, jos se olisi vähentänyt osakohteen tarkastusten määrää ja vapauttanut resursseja keskittyä enemmän vika- ja puutelistojen koostamiseen, joiden tekemistä työnjohto piti mielekkäämpänä. Kapulanvaihto koettiin kuitenkin vain vanhan mallin päälle rakennettuna yhtenä lisätarkastuskierröksena ja kapulanvaihtorutiini lakkasi heti olemasta, kun projektipäällikkö, joka tätä pilotoi, poistui työmaalta.

Kapulanvaihto oli poiketen aikaisemmista käytänteistä asuntokohtainen ja oli tämän vuoksi nopeammin suoritettavissa, kuin kokonaisen kerroksen kiertäminen. Kerroksittain ajoissa tehtynä nähtiin, että tarkastus voisi parantaa tiedonvaihtoa työnjohtajien välillä ja mahdollistaa jatkuvaa parantamista, koska listan päivittäminen oli helppoa töiden edetessä ja listan pystyi aina kopioimaan seuraavaan asuntoon aikaisempien lisäyksien kera.

QR-koodilla avattavalla kokeellisella laadunvarmistustyökalulla oli uniikki koodi jokaiselle huoneistolle ja koodi oli sijoitettu eteiseen kylpyhuone-elementin oveen. Työkalu palveli kahta tarkoitusta: työnjohtaja pystyi laittamaan vikahavainnot listalle vika- ja puutelistan tavoin ja toisaalta lista toimi tehtävälistanä niin tarkastajalle kuin teoriassa asentajallekin. Yksikään asentaja ei tutkimuksen tekijän tietojen mukaan kuitenkaan tätä kokeillut, mutta se olisi ollut jalostettavissa työlistaksi asentajalle ja koska työnjohtajalla ja asentajalla olisi ollut yhteinen tarkastuslista, tarkastamisesta olisi tullut läpinäkyvämpää.

Heikkoutena oli se, että sinne ei voinut lisätä kuvia, eikä siellä ollut käytettävissä pohjakuvia tai 3D-mallia, toisin kuin laadunvarmistukseen kehitetyissä ohjelmissa voi olla. Järjestelmän ehdottomia etuja olivat keveys ja joustavuus ja sitä kautta syntyvä nopeus sekä se, että se poisti yhden käytettävän sovelluksen työnjohtajalta.

Luovutusvaihe ja rakennusurakoitsijan itselleluovutukset

Luovutusvaiheen keston vaikutti haitallisesti se, että tyypillisesti urakoitsijat eivät suostuneet tulemaan korjaamaan virheitään, ennen kuin kaikki korjattavat virheet olivat tiedossa. Virhelistojen kerääminen vei yhdeltä työnjohtajalta kauan ja urakoitsijan vasteaika korjauksille saattoi olla viikkojaakin. Tämä venytti luovutusvaiheen kestoa tarpeettomasti.

Luovutusvaiheen tarkastuksissa toistuivat usein maalaukseen liittyvät puutteet ja seiniin ja oviin syntyneet kolhut. Jotkut työnjohtajat keräsivät näistä tiedot samalla kierroksella, kun tekivät itselleluovutusta muustakin asunnosta ja toiset työnjohtajat taas kiersivät nämä maalauspuutteet ja kolhut erikseen.

Rakennusurakoitsijan itselleluovutuksen ajankohtakaan ei ollut vakiintunut prosessissa. Toiset työmaat suorittivat tämän ennen ensimmäistä loppusiivouskierrosta ja toiset työmaat tekivät tarkastukset vasta loppusiivouksen jälkeen. Jos tarkastus suoritettiin ennen siivousta, osa arvioitavista pinnoista olivat vielä suojauksien takana, kuten esimerkiksi laminaatti lattiasuojauksen alla. Näiden pintojen arviointi oli vaikeaa, kun suoja jouduttiin poistamaan tai siirtämään tarkastuksen aikana. Maalausvirheiksi laskettiin paljon jälkiä, jotka olisi voinut mahdollisesti saada poistettua siivousaineilla. Etuna kuitenkin oli, että viimeistelykierros voitiin suorittaa ennen loppusiivousta, jolloin voitiin välttää mahdollisesti yksi siivouskierros.

Jos itselleluovutus suoritettiin siivouksen jälkeen, maalauskorjauksia tuli vähemmän. Suojat oli siivouksessa poistettu ja virheiden havaitseminen oli tämän vuoksi kaikin puolin helpompaa. Itselleluovutustarkastuksen jälkeen tehtävä korjauskierros kuitenkin sotki asunnot ja jouduttiin siivoamaan uudestaan.

3.2.2 Työmaalta kerätty data

Viikon tahdissa käytetystä järjestelmästä jäi paljon raakadataa yritykselle, mutta järjestelmässä olutta raakadataa ei kuitenkaan kyetty hyödyntämään mitenkään. Mainituista Congrid-tarkastuksista jäi raakadata kohdeyritykselle. Nämä tarkastukset olivat ennen digitaalista kypsyysmallia hyvin mallipainotteisia sekä TATE-urakoitsijoiden tarkastuksia sisältäviä. Omat tarkastukset jäivät usein

havainnointityökalun taakse, jonka luoman datan jalostaminen oli vielä vaikeampaa, kuin tarkastustyökalun synnyttämän datan. TATE:n luovutusvaiheen tarkastusten raakadata oli ehkä pisimmälle vakioitua toimintakoepöytäkirjoineen ja loi parhaat edellytykset systeemin kehittämislle kohteelta toiselle.

Laatumatriisista puuttui merkittäviä työvaiheita toiminnan kehittämisen kannalta, koska kyseisiä valmistusprosessin vaiheita ei kunnolla tunnettu eikä todellisuudessa edes kunnolla tiedetty, mitä työtä urakoitsijoilta oli näihin ostettu. Näistä tyypillinen esimerkki oli betonipintojen jälkityöt eli etuputsi. Kyseinen työvaihe oli kuitenkin laadun kannalta olennainen, koska siinä korjattiin toleranssierot runkotöiden ja sisävaiheen väliltä. Käytännössä ainoa data, mitä näistä töistä jäi, olivat talousjärjestelmissä olevat kuitatut tuntilistat ja niihin merkityt tehdyt työtunnit.

Vakiintuneista työvaiheista, kuten raudoitustarkastuksista, saatiin yhtenä harvoista työvaiheista työmaiden välillä periaatteessa vertailukelpoista dataa. Ei-vakiintuneissa työvaiheissa saman työnjohtajankin tekemien tarkastusten sisältö saattoi poiketa niin paljon toisistaan, että ulkopuolinen ei kyennyt vertailemaan dataa keskenään. Koska virheistä ei ollut pyritty tunnistamaan tyyppejä, urakoitsijoiden työn arviointi jäi käytännössä anekdooteiksi.

Kankean laadunhallintatyökalun vuoksi käytännöksi oli vakiintunut, että tarkastusasiakirjaan tehtävät tarkastukset tehtiin vasta, kun oli suullisesti, sähköpostitse tai WhatsAppilla saatu urakoitsijat korjaamaan suurin osa virheistä. Tästä ns. ensimmäisestä tarkastuskierroksesta ei jäänyt mitään dataa. Työnjohtajat pyrkivät siihen, että Congridilla tehtävällä tarkastuskierroksella tarvitsi tehdä mahdollisimman vähän enää havaintoja.

Koska pääurakoitsijan työnjohtajat eivät olleet todellisuudessa eri työvaiheiden erityisasiantuntijoita, tarkastuksia pyrittiin suorittamaan niin, että mahdollisesti urakoitsijan itsensä suorittama tarkastus korvasi pääurakoitsijan tarkastukset. Nämä tarkastukset olivat TATE:a lukuun ottamatta yleensä PDF-muodossa, eivätkä näin ollen synnyttäneet käyttökelpoista dataa.

Käytettäessä kausisopimuskumppaneita heräsi kysymys, voitaisiinko heidän laadunvarmistusjärjestelmänsä yhdistää jotenkin pääurakoitsijan järjestelmiin. Urakoissa käytettiin usein kumppaneiksi muodostuneita urakoitsijoita, jolloin heidät olisi voinut saada sitoutettua käyttämään kohdeyrityksen järjestelmiä, jolloin data olisi jäänyt suoraan meidän käytettäväksemme. Vähintään olisi voitu pyrkiä luomaan tiedolla johtamisen mahdollisuudet niin, että aliurakoitsijoiden järjestelmät olisi

saatu näyttämään jonkinlaista toteumaa tarkastuksista, kuten kylpyhuone-elementtien toimittajan kanssa toteutui.

Ennen digitaalisen kypsyysmallin käyttöönottoa eräs haastateltava totesi, että jos kolmasosaan suunnitelluista tarkastuksista oli toteutunut, työmaa oli hyvällä mallilla. Digitaalisen kypsyysmallin prosenttinäkymän perusteella tämä oli parantunut huomattavasti näistä lukemista. Heinäkuussa 2023 suunnitelluista tarkastuksista kaikilla asuntorakentamisen työmailla oli tehty 80 prosenttia. Yksi 100 prosentin saavuttamista hankaloittava tekijä saattoi olla havaintolistojen käyttäminen, joita ei laskettu kypsyysmallissa tarkastuksiksi.

Piiloon jäävät rakenteet kuvattiin aina ja näiden kuvat olivat parhaiten käyttökelpoisia kuvia, mitä laadunvarmistustyökalulla otettiin, koska näitä kuvia voitiin hyödyntää myöhemmin samalla työmaalla töiden edetessä. Esimerkkinä juuri ennen kylpyhuoneen lattiavalua otetuista kuvista voitiin tarkistaa, missä kohtaa lämmityskaapelit sijaitsivat ja kosteusmittausporauksia tehdessä voitiin porata kohtaan, missä ei ollut kaapelia.

Toinen aina laadunvarmistettava asia oli vedeneristyksen koekappaleet. Nämä olivat fyysisiä kappaleita, jotka oli irrotettu valmiista rakenteesta ja jotka mitattiin tarkasti, jotta todettiin, että vesieristyspaksaus oli riittävä. Näiden mittausten tulokset liitettiin PDF-tiedostona tarkastusasiakirjaan. Osakohteen tarkastukseen kuitattiin mittaus tehdyksi ja laitettiin sijaintikuvat, mutta ei mittaustuloksia.

Vedeneristyspalat olivat hyvä esimerkki siitä, miten tarkastukset toteutettiin. Tarkastukset olivat käytännössä kyllä/ei-kohtia ja vaikka näissä tehtiin mittauksia, mittaustuloksia ei syötetty tarkastuksiin. Jatkuvan parantamisen kannalta olisi olennaisempaa, että tarkastusten tuottama data olisi nimenomaan mittaustuloksia, jolloin voitaisiin laskea tehdasteollisuudelle tyypillisiä tunnuslukuja, kuten keskihajontaa jne. Koska käytännössä virheitä ei dokumentoitu edes kyllä/ei-tasolla, vaan pyrittiin korjaamaan työmaalla havaitut virheet ennen tarkastusta, tarkastuksilla ei kyetty arvioimaan valmistusprosessia.

Rakennusalan laatustandardeista useampi haastateltava totesi, että ne eivät palvele asiakasta, vaan ovat teollisuuden itsensä itselleen luomia standardeja. Laatutoleranssi ja miten sitä mitataan eivät vastaa asiakkaan odottamaa lopputulosta.

Tästä on hyvä esimerkki maalaustöiden laatuopas MaalausRYL, johon hankinnan sopimukset yleensä viittasivat, kun määriteltiin alaurakoitsijalta ostettavaa laatua. Oppaan mukaan valmista maalipintaa pitäisi arvioida 2 metrin päästä 90 asteen kulmasta niin, että valo tulee arvioijan takaa. Tällä järjestelyllä yleensä huonokin maalipinta näyttää paremmalta, kuin onkaan. Asiakas ei kuitenkaan lopputuotetta katsoessaan arvioi pintaa näillä kriteereillä, jolloin huolimatta kaupallisista dokumenteista he voivat olla tyytymättömiä lopputuotteen laatuun.

Moni haastateltava kaipasi dataa jatkuvan parantamisen lisäksi myös päivittäiseen johtamiseen kohti aidompaa tiedolla johtamista. Päivittäisjohtamista varten työmailla oli käytössä lukematon määrä erilaisia sovelluksia, joista suurin osa ei keskustellut keskenään tai vaativat väliin kolmannen osapuolen sovelluksen.

Sovelluksissa ei myöskään hyödynnetty tekoälyn tarjoamia mahdollisuuksia, jolloin esimerkiksi kootuista olosuhdetiedoista olisi voitu arvioida, milloin betoni on saavuttanut pinnoitusvalmiuden, taikka ei rekisteröinyt dataa sillä tasolla, että kertoisi, että nyt on ollut olosuhteet asunnossa vaaditut kaksi viikkoa sillä tasolla, että maalaustyöt voidaan aloittaa. Aloitusedellytykset vaikuttavat kuitenkin olennaisesti laatuun.

3.2.3 Viikon tahdin ongelmia

Viikon tahtiin liittyi myös havaintojen ja haastattelujen perusteella ongelmia, jotka ei välttämättä suoraan mielletty laadunvarmistuksen alle, mutta jotka vaikuttivat laatuun. Haastateltavien kommenteissa nousi esiin väite, että viikon tahti ei ole varsinaisesti aitoa tahtituotantoa, vaan siinä on annettu viikolle tehtäväksi normaalista poikkeava pienempi erä. Joka tapauksessa viikon tahti ei ole yksiosaista virtausta.

Viikon tahdissa alaurakoitsijat pyrkivät perinteiseen tapaan resurssioptimointiin virtausoptimoinnin sijaan. Täyttöaste, eli tahtiajan aikana suoritettujen työn kesto suhteessa tahdin keston, vaunulla saattoi olla todella pieni, mutta urakoitsijan asentaja ei ollut koko tahdin keston aikaa työmaalla. Viikon aikana havaituille virheille ei näin ollen välttämättä ollut työmaalla paikalla ketään, joka korjaisi virheet.

Takaisinvirtausta, joka ei ollut korjauksista johtuvaa, tapahtui paljon eli tahtialueelle oman tahtiajan ulkopuolella palaamista. Takaisinvirtaus tyypillisesti häiritsi seuraavaa vaunua tai tapahtui kokonnan mentyä tahtialueen läpi viimeistelyvaiheessa.

Yhdeksi ratkaisuksi ehdotettiin asentajien itsensä suorittama kevyt tarkastus, jossa toivottavasti havaittaisiin pahimmat puutteet ja tehtäisiin tahtiajan puitteissa korjauksetkin. Täyttöaste olisi mahdollistanut tämän. Tämän ratkaisun ongelmaksi koettiin (yksikköhinta)urakalla tehtävä työ. Asentajan tuntiansio pienenee, jos hän tarkastaa ja korjaa oman työnsä.

Tästä syystä urakalla tehtävän työn nähtiin sopivan huonosti tahtituotantoon ja toivottiin, että tutkitaan resurssin ostamista tahdille, ei yksikkösuoritteita. Tällöin uskottiin, että pääurakoitsijan työnohjauiskykykin olisi parantunut nykyisestä, jolloin esimerkiksi toistuvista asennusvirheistä olisi voitu päästä helpommin eroon, kuin perinteisellä aliurakan ohjausmallilla. Riskeinä nähtiin, että voi olla vaikeaa löytää tekijöitä ja toisekseen, että aluksi malli olisi liian kallis.

Hankinnoissa koettiin myös, että tulisi keskittyä kehittämään kumppanuuksia aliurakoitsijoiden kanssa, jolloin toiminta voisi hioutua ja löydettäisiin tuotantotapaan sopivat asentajat. Tutulta alurakoitsijalta samansisältöisten urakoiden ostaminen keventää myös työnjohdon taakkaa, koska aloituspalavereissa jne. ei tarvitse aina käydä samoja asioita läpi.

Laatuun olennaisesti liittyvä aloituspalaveri koettiin muutenkin liian raskaaksi nyky muodossaan, koska usein palaverissa jouduttiin sopimaan asioista, jotka olivat urakkaneuvotteluvaiheessa jääneet auki ja jos niillä oli rahallinen merkitys, niitä ei välttämättä saatu neuvoteltua urakkaan kuuluviksi ja urakkarajojen väliin jäi lisää hankalia ei kenellekään kuuluneita töitä. Näihin töihin työnjohdolla meni paljon resursseja ja nämä hankaloittivat muutenkin etukäteissuunnittelua, kuten tehtäväsuunnitelmien tekemistä, kun ikinä ei oltu täysin varmoja, mitä oli ostettu.

Logistiikan merkityksen koettiin nousevan tahtituotannossa. Aikaisemmin alurakat ovat sisältäneet monesti materiaalit haalauksineen, jolloin materiaalivirta työmaalle ei ollut kenenkään koordinoimaa. Tämä sekoitti työskentelyä työmaalla ja aiheutti ylimääräistä kuormaa työnjohtajien arkeen, joka aika oli taas pois muusta työstä. Väärään aikaan toimitettu materiaali oli myös altis vaurioitumaan työmaaolosuhteissa. Lisäksi arveltiin, että työntekijöiden päivästä meni paljon aikaa etsiessä materiaaleja työmaalta.

Viikon tahdin yleisilmeen koettiin olevan kiireinen ja jopa kaoottinen. Työnjohdon aika meni reagointiin ja tarkastusten tekemiseen ja näiden synnyttämän kiireen vuoksi työnjohto koki, että ei ollut tarpeeksi aikaa suunnitella töitä etukäteen ja johtaminen meni enemmän kokemukseen luottaen. Aliurakoitsijoiden työntekijöitä ei myöskään perehdytetty työhön vaan ainoastaan suoritettiin pakollinen työturvallisuuteen liittyvä perehdytys työmaalle ja näytettiin kohde, mihin piti mennä töihin.

3.3 Teollinen laadunvarmistus

Sisäistä raporttia laadittaessa haastateltiin kolmea avainhenkilöä kohdeyrityksen silloisista tytäryhtiöistä, nykyisistä yhteistyökumppaneista. Näillä henkilöillä oli laajempaa kokemusta tehdasteollisuuden laadunvarmistuksesta ja heitä haastateltiin, jotta saatiin erilaista näkemystä laadunvarmistuksesta, kuin mitä rakennusalan vakiintunut käytäntö oli.

Tärkeimmäksi eroksi rakentamiseen verrattuna mainittiin, että teollisessa valmistuksessa kaikki osat ovat suunniteltuja. Puhutaan ”konepajatasoisista” kuvista. Valmistaminen perustuu valmistusprosessiin ja laadunvarmistus on sensoripohjaista eli antaa mittoja. Havaittujen virheiden korjauksessa pyritään priorisoimaan niin, että virheet korjataan tärkeysjärjestyksessä. Nämä korjaukset myös aikataulutetaan.

Tarkastukset olivat huomattavasti tarkempia kuin rakentamisessa, jossa tarkastuskohdat olivat ta-soa ”ovatko kalusteet suunnitelmien mukaisia”. Teollisuudessa pitää tietää tarkasti, mikä poikkeama on tapahtunut ja ne dokumentoidaan. Tätä varten erilaiset esiintyvät virheet on tyypitetty ja poikkeamaa ilmoitettaessa valitaan virhetyyppi näistä, toisin kuin rakentamisessa, jossa tyypillisesti käytettiin vapaasana-kenttää virheen syöttämiseksi. Tyypivirheillä saadaan vertailukelpoista dataa poikkeamista. Toistuviin virheisiin reagoidaan parantamalla ohjeistusta tai muuttamalla prosessia niin, että virhe ei voi enää syntyä. Yksi haastateltavista totesi, että emme voi parantaa muuta kuin sellaista, jota olemme mitanneet.

Laatuun vaikutetaan vakioinnilla ja muodostamalla valmistusprosessi niin, että tuote pakotetaan tekemään oikein eli esimerkiksi käyttämällä erilaisia vakiomuotteja, jigejä tai sapluunoita, jolloin laatu on rakennettu sisään. Työnjohto panostaa ennakkointiin ja tehdasoloissa on säännölliset rutiinoituneet kierrokset, kuten 5S-kierrokset ja vuorokierrokset. Tärkeää on myös vaiheiden välinen kommunikaatio, jolloin myöhemmin tuotantoprosessissa havaitut virheet tulevat tiedoksi vaiheessa,

jossa virheet ovat syntyneet tai niihin olisi voitu vaikuttaa. Myös ammattiyhteisö mainittiin tärkeäksi tekijäksi laatuolosuhteissa ja siihen liittyvä ajatus, että laatuvirheitä ei hyväksytä, vaan pyritään nollaan virheeseen.

Haastateltavan mukaan kylpyhuone-elementtitehtaalla asentaja suorittaa aina lyhyen aloitustarkastukset, jossa todetaan aloitusedellytykset. Asentaja myös tarkistaa edellisen vaiheen työn siltaosin, että oma asennus voi tapahtua. Jos näin ei ole laita, asentaja tekee laatuviikkeitä ilmoituksen. Virhenimikkeistö on vakioitu ja tuote on jaettu rakennusosiin, joihin virhe osoitetaan. Lisäksi tuotteesta on tehty tarkka materiaaliluettelo eli Manufacturing Bill of Materials (M-BoM). Asentaja pysyy työpisteellä ja erilliset logistiikkahenkilöt toimittavat materiaalit ja kiinnikkeet työpisteelle materiaaliluettelon mukaisesti. Edeltävän ja seuraavan työvaiheen tekijät ovat keskenään sen verran tuttuja, että kommunikaatiota tapahtuu myös asentajien välillä, ei vain työnjohtajan välityksellä.

3.4 Puolen päivän tahti

3.4.1 Vantaan kohteen esittely

Tapaustutkimus suoritettiin Vantaalle rakennettavassa kohdeyrityksen asuntorakentamisen kohteella. Kohde oli kolmerappuinen seitsemän kerroksinen kellariton betonielementtirakenteinen asuinkerrostalo ontelolaattavälipohjilla. Kohteen kylpyhuoneet olivat toteutettu kylpyhuone-elementeillä. Rakennuksen pohja oli L-kirjaimen muotoinen niin, että alaosan muodosti C-rappu, pysytöksen alaosan B-rappu ja yläosan muodosti A-rappu.

Peruskerroksessa oli vajaa 1400 neliötä. Peruskerroksessa oli C-rapussa kahdeksan asuntoa, B-rapussa yksitoista ja A-rapussa seitsemän. Osa asunnoista olivat sivuasunnollisia niin, että yhteensä kohteella oli 136 asuntoa, joista 33 sivuasunnollisia. Rakennusjärjestys oli C-rapusta B-rappuun ja viimeisenä A-rappu.

Kohteella pilotoitiin yhteistyökumppanin monitoimityöryhmän suorittamana sisävaihteen tahtituumintaa, johon sisältyi kaikki rakennustekniset asuntojen työt laminaattipohjista viimeistelyyn. Tätä kutsutaan työssä nimellä ”sisätehdas”.

Ideana oli, että työt olivat jaettuna vaunuihin, jotka olivat sisällöltään suhteellisen perinteisiä, mutta näihin oli voitu yhdistää sisälle töitä, joita tyypillisesti urakoitsija olisi tullut myöhemmin asentamaan. Näille vaunuille oli laskettu teoreettiset täyttöasteet perustuen RATU-menekkeihin tai kokemuspäiseen arvioon. C-rapussa täyttöaste oli pyritty pitämään alle 50 %:n ja B-rapussa tahtia koitettiin kiihdyttää vastaamaan kovempaa täyttöastetta. Täyttöaste oli määritelty jakamalla suunniteltu työn kesto suunnitellulla tahtiajalla.

Tahtialueina toimivat asunnot. Asuntojen koot vaihtelivat 29 neliön yksiöistä 91 neliön neliöihin. Täyttöaste oli laskettu pääsääntöisesti isoimman asunnon mukaan, jolloin pienemmillä asunnoilla täyttöaste saattoi olla huomattavastikin pienempi. Asentajien kuormitusta oli tasapainotettu suunnitteleamalla tahdin kierto niin, että asentajalle tuli ison asunnon jälkeen aina pieni asunto. Tällä voitiin vähän myös tasata täyttöasteita, kun tahtien kestoista ei pidetty minuutilleen kiinni, vaan asentajat siirtyivät sujuvasti asunnosta seuraavaan.

Sisätehtaan asentajat olivat tuntitöissä alihankintana. Alurakoitsijat vaihtuivat työmaahan aikana, kun etsittiin konseptiin parhaiten sopivia tekijöitä. Sisätehtaalla oli töitä ohjaamassa oma nokkamies, jonka tehtäviin kuului työmaan päivittäinen seuraaminen ja tarkastuksien tekeminen. Tämän lisäksi yhteistyökumppanilta oli kaksi työnjohtajaa ja pääurakoitsijan puolelta töitä valvoi yksi henkilö, joka toimi pääurakoitsijan työnjohtajana. Töiden edettyä kohdeyritykseltä oli myös työnjohtoresursseja alistettuna yhteistyökumppanille auttamaan tarkastuksissa. Nämä lisäresurssit hankaloittivat työnjohtajan kuormittavuuden arvioimista. Tutkimuksen tekijä ei osallistunut päivittäisjohtamiseen, eikä tarkastusten tekemiseen.

3.4.2 Havainnot

Havainnointia tehtiin työmaalla ensimmäisten asennusten eli harjoitusasennusten alkamisesta ensimmäisen rapun valmistumiseen asti. Ajallisesti tämä oli joulukuun 2022 puolesta välistä maaliskuuhun 2023. Havainnointia tehtiin kulkemalla työmaalla muistilehtiä kädessä pääsääntöisesti tekemiseen puuttumatta, niin sanottuna hiljaisena havainnoitsijana. Kuitenkin jos jokin havainto jäi askarruttamaan, siitä voitiin kysyä tarkentavia kysymyksiä asentajalta tai työnjohtajalta. Havaintoja tehtiin tunnin kahden erissä muutaman kerran viikossa.

Asennukset

Ensimmäinen havainto sisätehtaasta oli, että malliasennuksissa oli paljon ongelmia. Aikataulullisesti työmaa oli ajatellut, että ensimmäinen kerros toimii harjoittelukerroksena, josta tarkastetaan myös malliasennus. Harjoittelua työ vaatikin, nimittäin ensimmäisissä asennuksissa tuli paljon virheitä ja malliasennuksia jouduttiin uusimaan. Asentajien kyvyt eivät olleet etukäteen tiedossa, vaan heitä testattiin ja koulutettiin harjoitteluvaiheen aikana.

Oppimista tapahtui myös sisätehtaan työnjohdolle, joka ei ennen töiden aloitusta tuntenut työvaiheita tarpeeksi tarkasti. Lopulta harjoittelukerrokselle annettu aika ei riittänyt asennuksille, jolloin ensimmäinen kerros jäi kesken, tahdin ohella myöhemmin viimeisteltäväksi kerrokseksi. Kerroksessa harjoiteltiin niin työmenetelmiä kuin löytämään sopivat työkalut ja tekijät. Työmaan aikataulu olisi mahdollistanut pidemmänkin ajan harjoittelulle, jos työt olisi aloitettu aikaisemmin.

Poiketen perinteisestä alaurakoitsijalla teetettävästä työstä, sisätehtaan työntekijöillä ei ollut työmaalle saapuessaan mukanaan työvaiheessa tarvittavia työkaluja. Laminaattimies joutui aluksi leikkaamaan laminaatit sirkkelillä, kun laminaattileikkuria ei ollut. Listamiehille oli tarpeelliset työkalut olemassa, mutta työkaluista ei ollut muodostettu samankaltaista mobiilia työpistettä, kuin listoitusrakoitsijoilla yleensä on. Työpisteet olivat lisäksi todella epäsiistejä ja asunnoissa sahattaessa kohdepoisto oli puutteellinen.

Sisätehdas oli luonut työohjeet työvaiheista, jollaisia ei yleensä ole tehty, kun alaurakoitsijat ovat suorittaneet työtä. Nämä ohjeet päivittyivät sitä mukaa, kun havaittiin päivitystarpeita työmaalla. Ohjeet olivat paperinen nivaska, jotka sijaittivat työkohteella. Tämän lisäksi käytävällä oli A4-kokoinen tiivistelmä jokaisesta työvaiheesta nähtävillä ”tahdinjohtokeskuksella”.

Ohjeista puuttuivat alkuun valmistajien erityisohjeet, kuten parvekeovivalmistajan asennusohjeet, ja ne olivat geneerisellä tasolla. Varsinkin kodinkoneiden asennukseen asentajat kaipasivat parempia ohjeita. Se, kuinka paljon asentajat lopulta turvautuivat ohjeisiin, vaihteli paljon. Jotkut asentajat eivät välttämättä ohjeita vilkaisseetkaan. Tällöin oli riski, että asennettiin väärin, eikä työtä voinut sanoa vakioiduksi, koska jokainen asentaja asensi omalla tavallaan.

Tehdasmaisempaa työskentelyä haettaessa itse asennustavat ja välineet muotoutuivat lopulta vastaamaan perinteisiä kaavoja. Työmaalla ei esimerkiksi otettu käyttöön sapluunoita tai vastaavia

mittatilauksena tehtyjä välineitä, joilla työtä olisi ohjattu tekemään oikein. Esimerkiksi laminaattia asennettaessa liikuntasaumasta pidettiin huolta käyttämällä laminaatin jämpäloja seinän ja laminaatin välissä.

Karmit asennettiin lopullisen ovilehden kanssa. Työvaiheena ovi-asennukset vaikuttivat tuottavan eniten ongelmia asentajille, koska käytävän ovet olivat tuplakarmeilla, eivätkä karmiruuviin reiät asettuneet elementeissä olleisiin puisiin kiinnityspisteisiin. Tästä seurasi, että ovien korkojen ja syvyysuunnan sijainnin kanssa oli jonkin verran vaihtelua. Edeltävänä työvaiheena ollut laminaatin asennus saattanut jäädä tästä syystä oven kohdalta vajaaksi.

Korkomaailmassa oli asuntojen välillä vaihtelua plaanoituksen osalta, joka teki jokaisen asunnon korkomaailmasta uniikin. Syitä tälle olivat ilmeisesti epätasaisuudet kylpyhuone-elementin pohjalaatan ja onteloiden välillä, jolloin kylpyhuone-elementtiä saatettiin joutua nostamaan. Toisaalta työmaa halusi säästää plaanoituskustannuksissa siellä, missä se oli mahdollista, vähentämällä plaanon paksuutta.

Sisätehdas toi näkyväksi paljon yhteensovituksessa olevia ongelmia eri työvaiheiden välillä. Sisätehtaan sisällä toimintaan kyettiin puuttumaan asunnoittainkin, mutta sisätehdasta edeltäviin työvaiheisiin ei käytännössä kyetty vaikuttamaan. Edeltävästä työvaiheesta syntynyt ongelma oli esimerkiksi se, että tasoitetta ei ollut viety tarpeeksi lähelle plaanon pintaa, jolloin laminaatin elämisvara seinään päin oli vaikea mitata saatikka estää elämisvaraa määrittämään laitettua laminaatin palasta liukumasta seinärungon ja tasoitteen väliin.

Sisätehtaan sisällä olleita yhteensovittamiskohtia olivat esimerkiksi laminaattien vaihdelleet elämisvarat, jolloin listoituksen oli välillä vaikea peittää rakoa, ja väliovien karmien syvyysuunnan määrittäminen niin, että lista-asentajan ei tarvitse höylätä listoja molemmin puolin väliseinää.

Alussa sisätehtaan materiaalihukka oli kova johtuen osittain puutteellisista asennusmenetelmistä, varastoinnista ja huonolaatuisesta materiaalista. Laminaatille esimerkiksi raportoitiin alussa 40 % hukkaa. Tämä parani tavanomaiseksi sisätehtaan töiden edettyä.

Logistiikka

Työmaalla pilotoitiin myös monenlaisia haalustapoja, kuitenkin niin, että haalaukset olivat pääura-koitsijan vastuulla ja itse työn suoritti haalausurakoitsija. Kokeiltuja tapoja ei tässä työssä sen tarkemmin esitellä, mainitaan vaan yleiset laatuun liittyvät havainnot.

Alussa työmaalla haalauksessa oli haasteita ja materiaaleissa oli paljon kolhuja. Oma haasteensa oli käytävien ahtaudessa, kun käytäville oli sijoitettu jätehuoltopisteet. Näiden vuoksi vapaa kulkuväylä oli noin 80 senttimetriä leveä paikoin. Siinä kerroksessa, missä työt olivat enimmäkseen käynnissä tuotantojunalla, oli lisäksi myös paljon tavaraa varastoituna käytävälle, mikä hankaloitti myös kulkua.

Joitakin materiaaleja kokeiltiin välivarastoida työmaalle sen sijaan, että olisivat tulleet JIT-tyylisesti terminaalista. Osa kokeiluista onnistui, mutta listojen säilytys ensimmäisessä kerroksessa aiheutti sen, että listat olivat päässeet kastumaan työmaaolosuhteissa ja asentamisen jälkeen paikalleen kuivuttuaan vääntyivät. Nämä listat jouduttiin uusimaan.

Hetkittäin, tuotantojunan ollessa voimakkaasti yhdessä kerroksessa, syntyi vaikutelma, että työntekijöitä on pienessä tilassa liikaa. Parhaimmillaan havaittiin yhdessä kerroksessa olevan 10 henkilöä töissä ja sahaustyöpisteenä käytettävässä asunnossa varsinkin oli ruuhkaa. Työturvallisuusriskin lisäksi tässä oli riski materiaalin vaurioitumiselle.

Työn johtaminen ja laatutarkastukset

Sisätehtaan työnjohto muistutti enemmän omilla miehillä teetettyä työurakkaa, kuin kohdeyrityksen alaurakan johtamismallia. Samaa alaurakan johtamismallin kanssa oli se, että sisätehdas teki työkohteen vastaanotot ja itselleluovutukset, jonka lisäksi pääurakoitsijan työnjohto otti osakohteen vielä vastaan. Eroavaisuutta oli siinä, että pääurakoitsijan työnjohto pystyi helpommin puuttumaan sisätehtaan töihin. Tämän lisäksi sisätehtaan työnjohto oli jatkuvasti paikalla työmaalla. He olivat jopa tuoneet työmaalle pöydän ja tuolit, jotka toimivat työmaatoimistona (KUVA 14).



KUVA 14. Sisätehtaan työmaatoimisto, joka vaihtoi paikkaa asennusten edetessä

Sisätehtaalla oli käytössä jatkuvan parantamisen malli, jota johdettiin näkyvimmin päivittäispalaverissa. Tämän mallin avulla toiminta parani töiden edetessä, millaista parannusta harvoin näkee perinteisellä alaurakoinnilla tapahtuvalla työmaalla. Asenneilmapiirikin oli tämän takia erilainen, kuin perinteisellä työmaalla.

Sisätehtaan omia laatutoimia olivat yhteistyökumppanin omaan laadunvarmistusjärjestelmäänsä tekemät tarkastukset, joita olivat esimerkiksi työkohteen vastaanotto ja itselleluovutus työvaiheittain. Pääsääntöisesti tarkastukset poikkesivat kohdeyrityksen tarkastuspohjista sisältäen enemmän tarkastuskohtia ja olemalla huomattavasti tarkemmin kuvailtuja.

Tarkastuksia suorittivat sisätehtaan nokkamies tai työnjohto ja myöhemmässä vaiheessa niitä suoritti myös pääurakoitsijalta lainatut työnjohtoresurssit. Asentajat eivät tehneet omista töistään tarkastuksia. Tarkastuskierroksella virheitä saatettiin korostaa käyttämällä sinistä teippiä, jolloin asentajan oli helpompi löytää virhe työkohteelta ja tarkastuspöytäkirjaan voitiin laittaa vain yleismaininta viasta.

Tarkastuksista havaintoina oli, että sisätehdas teki asuntoon yhden työkohteen vastaanoton, itselleluovutukset työvaiheittain, mutta ei kapulanvaihtoja (vrt. KUVA 8 ja 13). Sisätehdas ei tehnyt myöskään erillistä koko urakkaa koskenutta itselleluovutusta. Tarkastuksia oli määrällisesti paljon, koska ne tehtiin asunnoittain ja perinteisesti tarkastukset tehdään kerroksittain.

Havaintoja oli syntynyt 291 kappaletta 26.5.2023 mennessä, joista 84 % oli kuitattu korjatuiksi. Koko kohteella oli 2402 havaintoa, joiden kuittausprosentti oli 81 %. Tarkastusaktiivisuudesta on vaikea sanoa mitään muuta, koska työnjohtoresurssit muuttuivat läpi tutkimuksen.

Pääurakoitsijalta oli eri työnjohtaja valvomassa sisätehdasta edeltäviä työvaiheita ja varsinaista kapulanvaihtoa tämän ja sisätehtaan töistä vastanneen työnjohtajan kanssa ei ollut. Tiedossa olleet puutteet ja kehitysehdotukset eivät siirtyneet kitkattomasti. Esimerkiksi edeltäviin työvaiheisiin kuuluneeseen kalusteasennukseen liittyi paljon jälkitoimituksia ja näiden toimitusten haalaukset saattoivat ilmestyä sisätehtaan tietämättä työkohteelle häiritsemään tahdin töitä.

Sisätehtaan tahtituotantoa johdettiin käytävälle muodostuneesta tahdinjohtokeskuksesta. Tilannetietoisuutta pidettiin yllä seinälle kiinnitetyllä tahtiaikataululla, joka käytiin läpi päivittäisessä tahtipalaverissa. Seinällä oli muitakin lappuja, kuten jatkuvaan parantamiseen liittynyt kehitysehdotuslappu, työohjeiden tiivistelmät, yhteystietoja, työturvallisuushavaintolappu jne. Asuntojen ovien vieressä olivat materiaaliluettelot ja paperinen virhe- ja puutelista, sekä asunnon pohjakuva, johon oli merkattu laminaatin asennussuunta. Käytännössä työmaan visuaalinen johtaminen tapahtui siis paperisesti (KUVA 15).



KUVA 15. Tahdinjohtokeskus sijaitsi käytävällä, jolla suurin osa vaunuista työskenteli kyseisenä hetkenä

Työturvallisuudessa havaittiin poikkeamia, mutta ei varsinaisesti enempää kuin normaalistikaan. Aikaisemmin mainitun työtilan ruuhkaisuuden lisäksi työturvallisuuteen ei tullut muita havaintoja.

Pääurakoitsija tarkasti asunnot viimeistelyvaunun mentyä. Tarkastuksia varten oli tarkoitus pyrkiä käyttämään vakioituja virhetyyppejä, mutta tämä käytäntö ei jäänyt elämään. Pääurakoitsijan tarkastuksen jälkeen tuli vielä loppusiivous ja maalauskorjaukset. Tässä oli pieni työvirhe, koska loppusiivouksen yhteydessä poistettiin lattiasuojat, joita olisi tarvittu vielä maalaukselle. Asia korjattiin myöhemmin.

3.4.3 Haastattelut

Tekijä haastatteli laatupäällikköä ja sisätehtaan avainhenkilöitä havainnoinnin jälkeen. Pienet tarkentavat kysymykset ja keskustelut tekijöiden kanssa havainnoinnin yhteydessä on laskettu kuuluvaksi havainnot-osioon. Haastatteluja pidettiin 5 kappaletta ja haastattelut olivat yksilöhaastatteluja.

Kaikissa haastatteluissa oli sama kysymysranka, paitsi ensimmäisessä, jossa keskusteltiin vapaammin tahtituotannon asettamista vaatimuksista laadunvarmistukselle. Haastattelu toimi pohjana ehdotettavan mallin muodostamiselle ja teemoitteluna toimi nykyinen laadunvarmistuksen malli. Muut haastattelut oli jaettu kahteen osioon, jossa toisessa osiossa käytiin läpi alustavana tuloksena syntyneitä laadunvarmistusjärjestelmää. Haastattelun aihe ja ajankohta oli saatettu haastateltaville etukäteen tiedoksi.

Haastatteluissa 2–5 haastattelurunkona eli teemoina oli:

- Havaintoja kohteesta laadun näkökulmasta
 - Mikä kohteella toimi laatuun liittyen?
 - Mikä kohteella ei toiminut laatuun liittyen?
 - Tarvitseeko tuotannonsuunnittelussa ottaa jotakin huomioon vrt. ”perinteinen” tekeminen?
 - Virheiden määrät
 - Miten seuraavalle kohteelle edetään?
- Kaavio nykyjärjestelmästä ja ehdotetusta
 - Nykymallista tarkemmin

- Aloituspalaveri
- Mestan vastaanotto
- Mallikatselmus
- AU itselleluovutus
- Osakohteen tarkastus
- RU itselleluovutus
- Ehdotetusta mallista tarkemmin
 - Aloituspalaveri 1 & 2
 - Mittaustarkastus
 - Kapulanvaihto KPI
 - Malliasennus (asentajakohtainen)
 - Asennustarkastus
 - Kapulanvaihto (sisäinen)
 - Osakohteen vastaanotto
 - RU itselleluovutus

TAULUKKO 2. Haastateltavat ja aikataulu

Osallistujat	Yritys	Toimenkuva	Ajankohta	Kesto
H1	Kohdeyritys	Laatupäällikkö	17.3.2023	1 h 20 min
H2	Kohdeyritys	Työmaainsinööri	8.6.2023	50 min
H3	Yhteistyökumppani	Projektijohtaja	8.6.2023	1h 40 min
H4	Kohdeyritys	Työpäällikkö	13.6.2023	1 h 15 min
H5	Kohdeyritys	Työnjohtaja	19.6.2023	50 min

Osa haastatteluista suoritettiin etänä ja osa kasvotusten. Kaikki haastattelut nauhoitettiin käyttäen Teams-ohjelmaa. Tiivistetty litterointi haastatteluista 2–5 tehtiin haastattelun aikana niin, että haastateltavat saivat tarkastaa litteroinnin. Tiivistelmistä tehtiin yhteenveto kysymyksittäin. Ensimmäisestä haastattelusta ei tehty litterointia haastattelun aikana.

Mikä kohteella toimi?

Kysyttäessä haastatettavilta, että mikä heidän mielestään tapaustutkimuksen kohteessa toimi, työpäällikkö kehui tahtituotantoa, että sivusta katsottuna se on vaikuttanut helpolta ja vaivattomalta,

ja työmaa on pysynyt suunnitellussa tahdissa. Projektijohtaja kehui osapuolten välistä yhteistyötä. Pääurakoitsijan työnjohtaja on avustanut alusta alkaen ja projektijohtaja piti tärkeänä, että osapuolet ovat mukana koko hankkeen ajan ja tavoite on kaikille selvä. (H3, H4.)

Työnjohtaja kehui nykyisen asennusporukan olevan osaava ja että heidän kanssaan on mahdollista kehittää toimintaa. Asennusporukka on kyennyt nollavirheluovutuksiinkin. Työnjohtajien suorittamat tarkastukset eivät ole olleet enää niin raskaita, kun ollut osaavampia asentajia. Työmaainsinööri sanoi, että laadunjohtaminen on parantunut asentajien kanssa töiden edetessä. Projektijohtaja yhtyi näkemykseen, että tekeminen ja laadun taso on parantunut töiden edetessä ja työpäällikkö kuvaili, että työnjohto on enemmän läsnä tekemisessä ja virheisiin kyetään puuttumaan ajoissa. Virheet eivät ole enää aiheuttaneet suuria korjaustöitä, mutta takaisinvirtausta ei ole kuitenkaan kyetty vielä kokonaan välttämään. Työpäällikkö uskoo, että aliurakoinnin ongelmista on päästy eroon, kun enää ei pelätä tuntitöitä. Asentajat pysyvät työkohteella, eikä enää tarvitse lähettää jatkuvasti reklamaatioita. Asunnot ovat valmiimpia ensimmäisen asennuskierroksen jälkeen kuin ennen ja asunnot on saatu aikaisemmassa vaiheessa myös valmiiksi asti. Sisätehtaan ottaessa haltuunsa enemmän edeltäviä työvaiheita seuraavilla kohteilla työpäällikkö uskoi, että asunnot saadaan valmiiksi vielä nopeammin. (H2, H3, H4, H5.)

Työmaainsinööri totesi, että tarkastustiheys on ollut niin suuri, että loppuvaiheeseen ei ole enää jäänyt kuuluisaa ”loppusotaa” asuntojen osalta. Työpäällikkö oli samaa mieltä, että pitkiä vikalistoja ei ole enää syntynyt. Työmaainsinööri totesi kuitenkin, että B-rapussa tekemisessä tapahtui pieni notkahdus, mutta A-rapussa tekeminen on taas parantunut ja pääurakoitsijan itselleluovutuksia asunnoista on syntynyt päivittäin. Viimeisimmässä tarkastetussa kerroksessa oli yksi nollavirheluovutus ja 24 havaintoa koko kerroksessa yhteensä, joista kymmenen ei ollut sisätehtaan korjattavissa olevia havaintoja. Työmaainsinööri kaipasi itselleluovutuksille tahtiaikatauluun omaa vauhuaan. (H2, H4.)

Projektijohtaja mainitsi malliasunnon hyvänä käytänteenä, missä pääurakoitsija, aliurakoitsija ja valvoja ovat kaikki yhdessä katsoneet halutun laatutason lävitse ja luoneet yhteisen näkemyksen siitä. Malliasunnossa tehdyissä mallitarkastuksissa on lisäksi tullut hyviä huomioita loppulaadusta. (H3.)

Projektijohtaja kiitteli kohdetta myös olosuhdehallinnan osalta ja varsinkin kuivumisasiat olivat hyvällä mallilla. Etukäteen tehdyssä riskianalyyysissä kuivumisajat olivat nousseet uhkana esiin. (H3.)

Työmaainsinööri kertoi, että töiden edetessä perehdytykseen kiinnitettiin enemmän huomiota ja perinteisen perehdytyksen lisäksi asentajille alettiin pitämään työtehtäväkohtaisia perehdytyksiä, joka edesauttoi tekemisen parantamista. Työpäällikkö kiitteli sisätehtaan kehityshenkeä ja rohkeaa asioiden kokeilua ja ennen kaikkea sitä, että vaikka toimiva malli on löytynyt, uskallusta on löytynyt vielä kokeilla erilaista tapaa, jolloin on voitu tehdä vertailua mallien välillä. Lisäksi hän piti hyvänä asiana, että sisätehtaasta löytyy yhä potentiaalia parantaa. (H2, H4.)

”Hyvä, että on rohkeasti testailtu erilaisia juttuja — Helposti perinteisesti, kun saatu jokin juttu toimimaan, niin mennään vaan sillä (H4).”

Mikä kohteella ei toiminut?

Toisena asiana haastateltavilta kysyttiin, mikä heidän mielestään tapaustutkimuksen kohteessa ei toiminut. Työnjohtaja toi esille, että suoritettavat tarkastukset olivat työnjohdolle rankkoja silloin, kun asentajat eivät olleet osaavimmasta päästä. Työmaainsinööri mainitsi, että välillä olleissa tahdeissa oltiin hieman liian löysiä, kun luotettiin asentajiin liikaa. Hän jatkoi lisäksi, että asentajat eivät ole tehneet itselleluovutuksia omasta työstään, mutta tarkoitus olisi vielä viimeisessä rapussa tätä kokeilla. (H2, H5.)

Työmaainsinöörillä oli huoli siitä, miten alkupäässä eli laminaatissa tapahtuneet asennusvirheet saadaan pois. Jatkossa, kun työjono kasvaa, virheet tulevat vielä moninkertaistumaan. Myös havaittujen virheiden jälkeensä korjaamisten vastuuttaminen tuotti ongelmia, koska työpäivän aikana kaikki ovat aina tekemässä toisella tahtialueella jo, eikä haluttaisi hyppyyttää asentajia. Se, miten asentajat saataisiin irrotettua korjaamaan omat virheensä, askarrutti. (H2, H5.)

Työpäällikkö toi esille, että niin sanotut urakkarajat pääurakoitsijan työnjohtovastuun ja aliurakoitsijan välillä olivat epäselviä. Pääurakoitsijan työnjohtajan roolista tuli enemmän valvojan rooli, eikä hänellä välttämättä ollut kunnolla tekemistä. Pääurakoitsijan lainaama työnjohtaja taas oli jäänyt hieman molempien osapuolien välimaastoon roolissaan. Työpäällikön mielestä tulisi tehdä vastuunjakotaulukko, jossa henkilöt mainitaan nimeltä, ei yrityksen nimellä tai titteleillä. Työnjohtaja oli samaa mieltä, että roolit ja yritysten vastuut olivat epäselviä. Muutkin haastateltavat yhtyivät näkemykseen puhuttaessa tulevasta. (H4, H5.)

Työmaainsinööri mainitsi, että laadunvarmistuksen kolmas osapuoli eli tilaajan valvojan kanssa tarkastukset eivät toimineet. Valvoja oli onnistuttu joihinkin mallikatselmuksiin saamaan paikalle ja kuittaamaan katselemukset. Kun kaikkia malleja ei ollut saatu kuitattua, eikä valvoja ollut kiertänyt töiden aikana aktiivisesti, heräsi pelko, että valvojan tarkastuskierroksella havaitaan vielä virheitä, jotka ovat siinä vaiheessa vaikeita ja kalliita korjattavia. Työmaainsinööri kaipasi valvojaltakin jonkinlaista osavastaanoton kaltaista menettelyä tahtikohteessa, jossa asuntoja valmistuu tasaisesti tarkastettavaksi, eikä isoa erää kerralla, kuten normaalisti. (H2.)

Projektijohtaja nosti esiin, että tahdin ulkopuolisten töiden yhteensovittaminen tahtitöiden kanssa ei ole onnistunut. Työnjohtaja mainitsi, että loppusiivouksenkin jälkeen muuten valmiissa asunnoissa on kuljettu vielä parvekkeille tekemään töitä ja asuntoihin tekemään talotekniikan asennuksia. Projektijohtaja mainitsi, että tahdin ulkopuoliset työt ovat aiheuttaneet valmiissa pinnoissa kolhuja. Työmaainsinööri oli myös harmissaan syntyneistä kolhuista ja totesi, että kolhukorjaukset työllistävät lisää sisätehdasta ja maksavat rahaa. (H2, H3, H5.)

Esiin tulleista ongelmista työpäällikkö mainitsi, että logistiikan kanssa oli alussa ongelmia, koska logistiikkaa ei ollut selvästi vastuutettu kenellekään. Sisätehtaan edetessä logistiikkamiesten tahdin aikaisten töiden täyttöastetta oli nostettu. (H4.)

Projektijohtaja oli harmissaan siitä, että rakentamisessa vaihtelevat toleranssit eivät palvele sisätehtaan kaltaista toimijaa. Muissa työvaiheissa oli lisäksi toivomisen varaa laadunvarmistuksen osalta ja esimerkiksi runkovaiheesta ja tasoitetöistä jää jäljelle aaltoilevat seinät, jotka häiritsevät sisätehtaan töitä, kuten listoitusta. (H3.)

Käytetyn laadunvarmistustyökalun kanssa oli myös ongelmia, kuten työmaainsinööri mainitsi ja työkalusta vikalistojen tulostaminen ei jostain syystä toiminut. Myös tarkastuspohjat saivat kritiikkiä. (H2.)

Hankkeen ajankohtaan liittyen työnjohtaja nosti esiin yhden loppulaatuun vaikuttavan seikan, eli sen, että asunnoissa ei ole sisäpuolisten töiden valmistuttua vielä koneellinen ilmanvaihto päällä ja olosuhteet asunnoissa käyvät todella kuumiksi kesäaikaan. (H5.)

Tarvitseeko tuotannosuunnittelussa ottaa jotakin huomioon vrt. ”perinteinen” tekeminen?

Tämä kysymys herätti ehkä vähiten ajatuksia ja keskustelua haastatteluissa, mutta varsinkin työnjohdon määrä ja vastuut projektien sisällä ja toisaalta sisätehtaassa projektien yli puhutti. Nämä nostivat työmaainsinööri, työpäällikkö ja projektijohtaja kaikki esiin tässä vaiheessa. Työmaainsinööri toivoi, että työnjohtajien määrä rajoitetaan kahteen, jolloin vastuut pysyisivät myös asentajille hahmotettavissa. Projektijohtaja korosti sitä, että vastuiden tulee olla selviä jo kohteen alkaessa ja mietti projektien välillä vastuita, että miten sisätehdas parhaiten siirtyy työmaalta seuraavalle niin, että edellinen ja tuleva työmaa eivät kumpikaan kärsisi. (H2, H3, H4.)

Työpäällikkö totesi, että tuotannosuunnittelua varten varsinaisessa suunnitteluvaiheessa tulee ottaa paremmin huomioon tahtituotannon vaatimukset tuotannosuunnittelun tarkkuustason noustessa. Projektijohtaja otti esille läpivirtauksen edistämisen ja esivalmisteiden lisäämisen tuotantoprosessiin. Tuotannosuunnittelussa tulisi projektijohtajan mukaan ottaa myös huomioon logistiikan kasvanut merkitys. (H3, H4.)

Virheiden määrä

Haastattelurungon kohtaa ”virheiden määrä” avattiin haastattelussa haastatettaville kysymällä, onko heidän mielestään viimeistelyvaiheessa ollut eroa virheiden määrässä ja toisaalta virheiden laadussa verrattuna normaaliin tekemiseen. Työmaainsinööri summasi hyvin kaikkien haastateltavien näkemyksen, että virheiden määrät ovat laskeneet merkittävästi ja myöskään havaitut virheet eivät ole korjauskustannuksiltaan yhtä kalliita ja vievät vähemmän aikaa kuin perinteisessä urakamuodossa. Työpäällikkö ja työnjohtaja mainitsivat seikan, että loppua kohden on kyetty nollavirheluovutuksiinkin. (H2, H4, H5.)

Työnjohtaja toi esiin, että materiaalihukka oli alussa suurta ja projektijohtaja kommentoi samaa asiaa mainitsemalla, että alussa asennusmateriaalien taso oli heikkoa. Työnjohtaja ja työpäällikkö puhuivat molemmat myös siitä, että alussa asentamisen laatukin oli heikkoa, mutta parani merkittävästi. Työnjohtaja kommentoi, että loppuvaiheessa tutkimusta lähinnä listoittajalla oli jäänyt virheitä asuntoihin. (H4, H5.)

Miten edetään seuraavalle kohteelle?

Kysymykseen, miten jatketaan seuraavalle kohteelle, herätti varsinkin projektijohtajalla paljon ajatuksia. Projektijohtaja halusi, että pidetään ennen töiden alkamista palaveri, missä mietitään, miten kohteella työhön eniten vaikuttaneet esteet ja ongelmat saataisiin taklattua seuraavalla kohteella ja tästä tehtäisiin riskianalyysi. (H3.)

”Pidä mielessäsi mitä ja miksi, se miten tulee kyllä itsestään (H1).”

Työmaainsinööri halusi, että tulevalla kohteella pidetään yllä hyvä perehdytyskulttuuri ja asentajien kanssa käydään perehdytys tarkkaan läpi keskittyen myös laatuasioihin. Asentajille tulisi myös vastuuttaa omaan työhönsä liittyviä tarkastuksia, joissa tarkastettaisiin aikaisemmin todetut kriittisimmät ongelmat. Työpäällikkö oli samaa mieltä, että asentaja tulisi saada itse jo tarkastamaan, onko syntynyt asennuksen aikaisia virheitä. Työpäällikkö uskoi, että pilotoidulla tuotantotavalla voidaan ehkäistä urakalla teetettyjen töiden perusongelmat, joihin liittyy se, että urakkapalkalla työtä tekevän keskituntiansiosta on pois, jos hän käyttää aikaa oman työnsä tarkastamiseen ja korjaamiseen. Aikaisemmilla kohteilla työpäällikön kokemuksen mukaan urakoitsijat ovat saattaneet tehdä heikkoa laatua tarkoituksellakin, jotta he löytävät sen laatutason, joka menee vielä pääurakoitsijalle ja tilaajalle läpi. Puolen päivän tahtiin voidaan pyrkiä rakentamaan laatu sisään asentajille ja kontrolli asennustyöhön pysyy pääurakoitsijan työnjohdolla. Tärkeänä työpäällikkö piti myös, että kiireen tunne pitää pystyä pitämään poissa myös tulevalla kohteella tahtituotannossa. (H2, H4.)

Työnjohtaja otti vielä esiin selkeämmän roolijaon sisätehtaassa ja toisaalta seurannan roolijaolle. Hän myös pohti, tarvitseeko tuntimiesten laskutuksen tapahtua alurakoitsijan kautta. Vaunujen sisältöä ja vaunujen täyttöastetta hän halusi myös vielä tarkastella ennen seuraavaa kohdetta. Työpäällikkö oli sitä mieltä, että tulevalla kohteella tulisi olla vain kaksi ihmistä pyörittämässä tuotantojunaa. Työnjohtaja mainitsi, että jos kuitenkin mennään samalla kokoonpanolla kuin Vantaan kohteella, tulisi alurakoitsijan itselleluovutukset tulla yhteistyökumppanin työnjohdolta, eikä kohdeyrityksen lainaamalla työnjohtajalta. (H4, H5.)

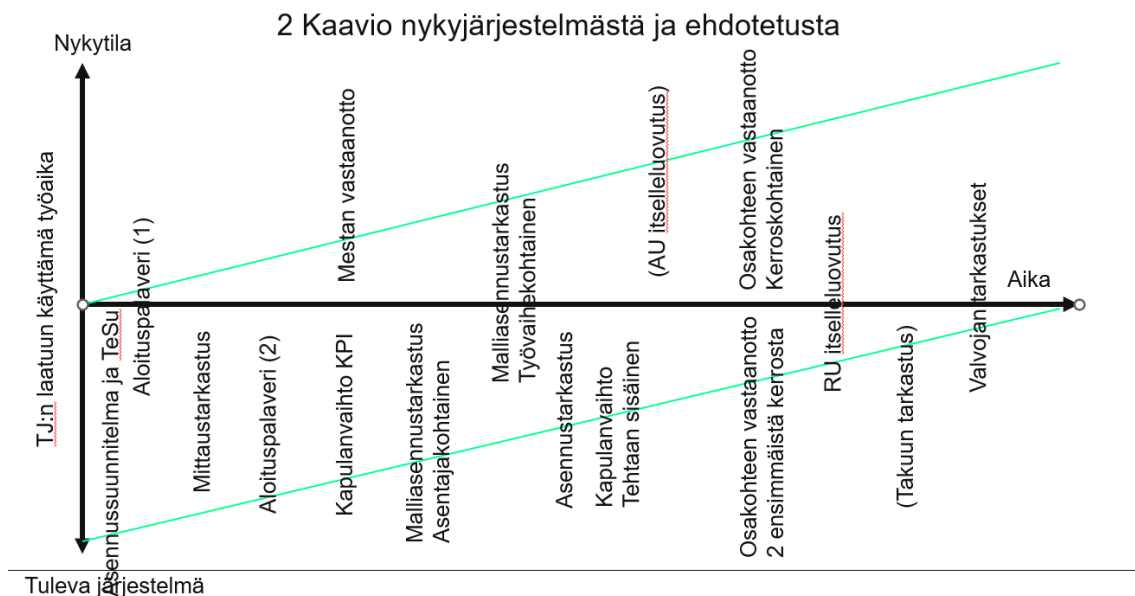
Projektijohtaja puhui paljon edeltävien työvaiheiden laadunvarmistuksesta. Toistuvia ongelmia aiheuttaneita kohtia olivat kynnykskorot, jotka vaihtelivat asunnoittain, kalusteiden ennakkomittauksen puutteellisuus, kipsilevyväliseinien alaosien huono laatu sekä talotekniikkaa varten tehtävien alakattojen huoltoluukkujen satunnaiset sijainnit, joita kukaan ei tuntunut valvovan. Lisäksi dokumen-

tointikäytänteet hän haluaisi käydä läpi sisätehtaan ja työmaan välillä ja myös asennettavien materiaalien laadun vastuu tulisi käydä etukäteen läpi työmaan kanssa, kun enää ei ole ostettu alaura-koitsijalta urakkaa materiaaleineen. Materiaaleihin liittyy myös, että logistiikan koordinaattorin vastuu kasvaa ja se tulisi käydä etukäteen läpi. (H3.)

Haastattelujen toinen vaihe

Vantaan kohteelta nousseiden haastateltavien havaintojen jälkeen haastatteluissa esitettiin haastateltaville kuva 16, josta käytiin ensin kertauksen vuoksi vaaka-akselin yläpuoli läpi, jossa oli esitelty nykyinen laadunvarmistusprosessi. Tämän jälkeen haastattelija esitteli tutkimuksen alustavana tuloksena syntyneen ehdotettavan mallin, joka perustui aikaisempaan sisäiseen raporttiin, Vantaan kohteesta tehtyihin havaintoihin ja tutkimuksen ohjaajan sekä laatupäällikön kanssa käytyihin keskusteluihin ja haastatteluihin, sekä lukemattomiin dokumentoimattomiin keskusteluihin eri henkilöiden kanssa tahtituotantoon ja laadunvarmistukseen sekä päivittäisjohtamiseen liittyen.

Haastatteluissa tämän jälkeen pyydettiin vielä kommentteja nykyisestä prosessista, jos kaavio oli vielä herättänyt ajatuksia. Lopuksi haastattelussa pyydettiin kommentoimaan esitettyä mallia.



KUVA 16. Haastateltaville esitetty kaavio nykyjärjestelmästä ja ehdotetusta mallista

Työpäällikkö kokeneimpana kommentoi eniten nykyistä prosessia ja nosti esiin tapoja, miten nykyinen prosessi on toiminut. Laatupäällikön haastattelu keskittyi myös tähän.

Aloituspalaverista työpäällikkö näki, että toimii parhaiten, kun työmaalla ovat pääurakoitsijan vastaava työnjohtaja ja työvaiheen työnjohtaja keskustelleet keskenään asian ensin läpi. Laatupäällikön mukaan aloituspalaveri tulisi jakaa kahtia, jolloin pidettäisiin nykymuotoinen enemmän sopimusasioihin keskittyvä palaveri alaurakoitsijan työnjohdon kanssa, ja toinen palaveri, jossa käytäisiin asentajan kanssa asiat läpi, kuten aikoinaan oli tapana. (H1, H4.)

Mestan (työkohteen) vastaanotosta työpäällikkö mainitsi, että joillakin urakoitsijoilla se toimii hyvin tai tulee tehtyä edes jollakin tasolla, mutta muutaman urakoitsijan lisäksi mestan vastaanottoja ei järjestelmällisesti pidetä. Laatupäällikkö uskoi, että tahtituotannossa mestan vastaanotto ei ole yhtä tärkeää, vaan edellisen työvaiheen itselleluovutuksen rooli korostuu. Alussa tuotantoa käynnistetäessä työkohteen vastaanotolla voi olla merkitystä. (H1, H4.)

Mallikatselmuksen dokumentointi nousi työpäällikön puheenvuorossa esiin tärkeänä, koska se vaikuttaa monesti takuutöihin, miten hyvin mallikatselmus on pidetty ja dokumentoitu. Esimerkkinä hän kertoi tapauksen, missä valvoja oli puuttunut kynnyksiin myöhemmin, mutta mallikatselmuksen pöytäkirjan avulla pääurakoitsija sai todistettua, että laatu oli valvojan aikaisemmin hyväksymää. Projektijohtaja ajatteli mallikatselmuksesta, että nykyisellään alaurakoitsija ei tiedä tarpeeksi selvästi, mitä asioita heidän tulisi laadullisesti malliasennuksessa ottaa huomioon ja toivoi näistä asioista esimerkiksi kymmenen tärkeimmän kohdan listan työvaiheittain. Osittain hänen mukaansa liittyy hankintavaiheeseenkin, mutta tarvittaessa tulisi jo sopimusvaiheessa nostaa esille, jos halutaan parempaa laatua, kuin normaalisti saadaan. Laatupäällikkö suositteli tekemään mallikatselmuksen joka asentajan kanssa. (H1, H3, H4.)

Alaurakoitsijan itselleluovutuskohtaan oli useimmalla jotain sanottavaa. Työmaainsinööri toivoi, että nykyisessäkin prosessissa asentajat tekisivät itse jonkinlaisen tarkastuksen, jolloin he voisivat kehittää myös omaa ammattitaitoaan. Projektijohtaja totesi itselleluovutuksista, että nykyisten sopimusten alaurakoitsijoille asettama työnjohtovelvoite ei nykyisellään täyty. Työpäällikkö mainitsi, että vaikka itselleluovutuksia on pyritty sitomaan sopimusten maksueriin, ei prosessi ole tuottanut toivottua tulosta, vaan itselleluovutusdokumentit voivat olla mitä sattuu. Laatupäällikkö kiinnitti huomiota myös maksueriin sitomiseen ja totesi, että iso muutos, joka tulisi saada aikaiseksi on, että urakoitsijat aidosti tekisivät tarkastuksensa ja pääurakoitsijan työnjohto voisi keskittyä tarkastamaan piiloon jääviä rakenteita ja pistoluontoisesti urakoitsijan jälkeä. (H1, H2, H3, H4.)

Osakohteiden tarkastuksista työpäällikkö totesi, että osa työvaiheista tarkastetaan nykyiselläänkin hyvin, mutta prosessin osa aiheuttaa työnjohdolle paljon kuormaa. Koska tarkastettavat alueet ovat nykyisessä järjestelmässä suuria, tarkastusten aikaan on ehditty jo asentamaan suuria määriä, jolloin virheitä on ehditty monistamaan jo isot määrät. Projektijohtaja ehdotti nykyiseen malliin, että osakohteen tarkastuksiinkin pitäisi saada asentajia silloin tällöin mukaan seuraamaan. Laaturapäälikkö huomautti, että nykyään on ongelma, että tarkastukset jäävät kesken, koska kaikki kohdat eivät ole olleet tarkastettavissa. Tarkastuksiin pitäisi tämän vuoksi saada pienempiä kokonaisuuksia ja tarkastusten pitäisi olla joustavampia. (H1, H3, H4.)

”Otettaisiin ne tekijät siihen mukaan ainakin johonkin noihin katselmuksiin, että se ei olisi vain, että laitetaan tekijä pois tontilta ja sitten valkokypäräiset paikan päälle (H5).”

Rakennusurakoitsijan itselleluovutuksista työpäällikkö totesi, että tarkastustapa on nykyisellään hyvin yrityksessä vakiintunut. Tyypillistä tarkastuksille on, että havaintoja tulee paljon ja asennustöistä jääneiden ”häntien” kanssa on ongelmia. Aliurakoitsijat tyypillisesti haluaisivat tulla kerralla korjaamaan kohteen kaikki heidän työstään havaitut virheet ja ”hännistä” jää jälkeensä vielä lisää ”häntiä”. Tämä prosessin vaihe vaatii todella paljon työtä pääurakoitsijan työnjohtajalta. Laaturapäälikkö korosti, että lopputarkastuksen tekeminen on tärkeintä, koska lopullinen jälki on se, mikä tulevaa asukasta eniten kiinnostaa rakenteellisten asioiden lisäksi. (H1, H4.)

Ehdotetun mallin saamat kommentit

Haastattelun loppuun kysyttiin kommentit ehdotetusta mallista. Työmaainsinööri ja työpäällikkö mainitsivat esitetystä aloituspalaverikäytännestä, että toiselle aloituspalaverille ei välttämättä ole tarvetta sisätehtaassa, vaan sen sijaan voisi kiinnittää enemmän huomiota henkilökohtaisiin perehdytyksiin. Työpäällikkö piti hyvänä, että alkuvaiheessa laitetaan jo paljon ajatusta työhön. Hän ei kyseenalaistanut koko palaveria alkuvaiheessa, mutta epäili sen muodostuvan turhaksi, kun toimintamalli kehittyy. (H2, H4.)

Mittaustarkastusta työpäällikkö sanoi hyväksi, jos tarkastusta suorittamaan saadaan jo mittamies. Tällöin tulisi ajoissa esiin, jos elementtiasennuksen jäljiltä esiintyy esimerkiksi liikaa seinien voutta. Työmaainsinööri halusi, että mitaustarkastuksessa tarkastettaisiin myös aukot. (H2, H4.)

Kapulanvaihto KPI:lla viitataan siihen, että edeltävien työvaiheiden työnjohtajien pitäisi tarkastaa oma työnsä ja kuitata havaitut puutteet korjatuiksi, ennen kuin seuraava työnjohtaja ottaa työkohteen vastaan. Tätä varten kehitettäisiin mittari, joka kertoo suoraan, onko havainnot kuitattu. Työmaainsinööri arveli, että tällä ei kokonaan kuitenkaan voida korvata mestan vastaanottoja, ja prosessiin pitäisi jotenkin saada kytkettyä jälkeensä havaituista virheistä tieto aikaisemmalle työvaiheelle. (H2.)

Esitetyssä mallissa malliasennus pysyi edelleen olemassa olevana tarkastuksena, mutta sen lisäksi pidettäisiin tarvittaessa asentajakohtaiset malliasennukset tilanteissa, joissa alkuperäisen mallityön suorittaja on syystä tai toisesta vaihtunut toiseen asentajaan. Työpäällikkö kommentoi esitystä toteamalla, että tähän on kyllä nykyisessäkin prosessissa pyritty. Projektijohtaja toi esiin, että ennen malliasennuksessa asentaja on ollut ammattitaitoinen henkilö, joka on varmistanut osaamisellaan laadun. Sisätehtaan mallissa tähän ei voida enää sokeasti luottaa, vaan työnjohdon on johdettava asentajaa laadukkaaseen lopputulokseen. Projektijohtaja halusi tarkastuksiin sisällytettäväksi myös nykyistä enemmän käytettävät työkalut ja työturvallisuusasiat. (H3, H4.)

Asennustarkastuksesta lähinnä nyökyteltiin haastateltavien toimesta, että tällaista on ajateltukin ja työpäällikkö täydensi, että tämä olisi juuri laadun sisällönerkentamista. Laatupäällikön kanssa ai-
hetta käytiin myös läpi ja hänen mielestään asennustarkastus on parempi nimi asentajan itselle-
luovutukselle. Laatupäällikkö korosti, että tekijä on paras laadun varmistaja ja jos tekijä tietää, mitä häneltä odotetaan, voidaan luottaa, että hän tuottaa haluttua laatua. (H1, H4.)

Sisäistä kapulanvaihtoa ei ole ehdotettavassa mallissa ajateltu varsinaisesti tarkastuskohdaksi, vaan sillä viitataan siihen, että päivittäispalaverissa pyrittäisiin käymään läpi vaunujen välillä esiin nousseet ongelmakohdat tai kehitysehdotukset ja dokumentoitaisiin järjestelmään. Projektijohtaja, joka Kivistössä on vastannut päivittäispalaverien vetämisestä, kommentoi, että nämä voidaan kirjoittaa kehityslistaan, joka tahdinjohtokeskuksessa on jo seinällä ja tietyn määrittelyajan jälkeen pyöräyttää digitaalisiksi ja sisällyttää prosessiin ja työohjeisiin sekä tarkastuspohjiin. Tämä työ tulisi kuitenkin vastuuttaa. Työpäällikkö kehui ajatusta sisäisestä kapulanvaihdosta jatkuvan parantamisen kannalta hyvänä ja kertoi, että nykyisessä järjestelmässä vastaavat työnjohtajat ja työnjohtajat ovat voineet kerätä omia henkilökohtaisia listoja, jotta kohteelta toiselle siirryttäessä vältettäisiin samat vanhat ongelmat. (H3, H4.)

Rakennusurakoitsijan itselleluovutukseen oli ainoastaan työpäälliköllä kommentoitavaa ja hän kertoi, että yksi hänen alaisistaan on kehittänyt omille työmailleen ”asunnon toimintakokeen” nimellä kulkevan tarkastuksen, jossa asuntoja on tarkastettu ikään kuin niissä asuttaisiin. Tällä tarkastuksella on onnistuttu vielä itselleluovutusvaiheessakin löytämään vikoja, kuten tukkeutunut pesukoneen poistoviemäri, joka olisi muuten todennäköisesti tullut vasta takuutiimille tiedoksi asukkaalta. (H4.)

Laatupäällikkö huomautti, että oli kokeiltava järjestelmä mikä hyvänsä, se olisi hyvä testata ensin paperilla. Hänen mukaansa rakennusala liian herkästi keskittyy muokkaamaan toimintatavat vastaamaan käytettävissä olevia työkaluja, eikä toisinpäin. Hän suositteli aluksi tekemään ihan vain Word-pohjaisia tarkastuksia, joita on helppo pilotoidessa muuttaa ja vasta myöhemmin luoda työkalut vastaamaan valittua mallia. (H1.)

Haastattelujen yhteenveto

Yhteenvetona haastatteluista todettakoon, että sisätehdas -kokeilua pidettiin onnistuneena tahtituotannon kokeiluna, jolla nähtiin olevan paljon potentiaalia, kun sitä laajennetaan käsittämään lisää työvaiheita. Ongelmakohdat liittyivät sisätehtaan sisäisiin rooleihin ja toisaalta asentajien vastuuttamiseen tekemään omasta työstään tarkastuksia. Muuten sisätehtaan sisäiset ongelmat uskottiin ratkaistun jo tutkimuksen aikana.

”Meidän pitäisi ottaa vastuu toimintaprosessista, että ihan oikeasti tiedetään, mitä tehdään (H1).”

Jatkossa sisätehtaan haluttiin tiivistävän kokoonpanoa työnjohdon osalta ja laajentavan käsittämään lisää sisätyövaiheita, sekä pyrkivän aktiivisemmin puuttumaan sisätehdasta edeltävien työvaiheiden tekemiin virheisiin.

Nykyistä laadunvarmistusprosessia ei oikein kukaan haastateltavista innostunut puolustamaan, vaan kipukohdat tunnuttiin tietävän kaikkien toimesta. Lähinnä malliasennukset olivat kaikkien mielestä hyvä prosessin osa, jota ei kannata poistaa prosessista. Ehdotettu laadunvarmistusmalli sai varovaisen positiivisen vastaanoton, eikä sitä kukaan tyrmännyt.

3.5 RU Itselleluovutusten havaintojen vertailu

Jotta voitiin arvioida, onko lyhyemmällä tahdilla vaikutusta laatuun, tehtiin vertailua Espooseen viikko per kerros -tahdilla tehdyn ja Vantaalle valmistuneen kohteiden rakennusurakoitsijan itselleluovutus -listojen välillä. Nämä ovat niin sanottuja ”vipu-listoja” (vika ja puute), jotka tehdään asunnoista, jotka arvioidaan urakkasuoritusten osalta valmiiksi. Hypoteesina toimi, että lyhyempi tahti itsessään jo vähentää virheiden määrää. Myös erillisen haalausurakoitsijan käyttämisen arvioitiin vähentävän kolhukorjauksien tarvetta. Kolhujen epäiltiin usein syntyneen myös siksi, että urakkapalkalla työskennelleitä alaurakoitsijoiden asentajia ei kiinnostanut varoa toisten työn jälkeä.

Kohteiden ollessa eri kokoiset, valittiin Espoon kohteesta tarkasteltaviksi ensimmäisinä valmistuneet A- ja B-raput. Vantaan kohteesta valittiin ensimmäisenä valmistunut C-rappu kokonaisuudessaan ja osa B-rapusta.

Data ei ollut vakioitua, joka aiheutti oman haasteensa suoraan vertailuun. Molemmissa kohteissa oli käytetty ”vipu-listojen” tekemiseen Congridin havainnointilista-ominaisuutta valmiin tarkastuspohjan sijaan. Listat tulostettiin Congridin toiminnolla Excel-taulukoiksi ja urakoitsijoiden perusteella arvioitiin vertailuun vain sellaiset virheet, jotka olisivat kuuluneet sisätehtaan tehtäviin Espoosakin, jos käytössä olisi ollut sama malli. Tämä poisti vertailusta esimerkiksi maalauskorjaukset, joita loppuvaiheessa oli suhteellisen paljon, sekä talotekniikkaurakoihin liittyneet puutteet. Kolhuiksi merkityjä virheitä tarkasteltiin omana ryhmänään.

Työjuna oli Vantaan kohteella luotu niin, että talotekniset työt aikataulutettiin junan ulkopuolelle, koska kyseisiä urakoitsijoita ei ollut hankittu tekemään tahtituotantoa kohteelle, vaan he tekivät perinteisellä mallilla. Tästä järjestelystä mahdollisesti syntyneitä laatuvirheinä ei pyritty erottelmaan ja tarkastelemaan tässä tutkimuksessa. Myös siivous- ja raivausvirheiksi laskettavat kohdat jätettiin tarkastelun ulkopuolelle, koska näistä ei käynyt kunnolla ilmi, kenen laiminlyönti oli ollut kyseessä, eivätkä ne yleensä aiheuttaneet merkittäviä lisäkorjauskustannuksia.

Näitä havaintoja analysoimalla pyrittiin päättämään, olivatko tapaustutkimuksen laadunvarmistustoimenpiteet vähentäneet lopputarkastukseen asti päässeiden virheiden määrää. Eli toimiko laadunvarmistus paremmin, kuin se oli viikon tahdilla valmistetussa kohteessa toiminut.

Huomioitavaa on, että nämä havainnot eivät tarkoita, että asukkaalle asti olisi mennyt näin monta virhettä, vaan nämä virheet korjattiin ennen luovutusta tilaajalle. Kohdeyrityksen asuntorakentamisen asuntokohtainen virhemäärä luovutettaessa oli vuonna 2022 0,25 virhettä (Sisäinen intra).

Tämä vertailu on suuntaa antava, koska vasta datan vakioinnin jälkeen kyetään tekemään todellista vertailua. Vikoja ja puutteita läpikäydessä on jouduttu tekemään paljon tulkintaa perustuen tutkijan henkilökohtaisiin tulkintoihin (KUVA 17). Virheiden nimikkeistä ei välttämättä käynyt täysin ilmi, kenen vastuulla ne olivat, mistä ne olivat aiheutuneet, tai missä vaiheessa ne olisi tullut huomata. Virheitä oli voitu jopa yhdistellä samalla havainnolle, mikä vääristi määriä. Esimerkiksi ryhmäkeskusten puuttuvat kannet oli laitettu vain yleismainintana rappukohtaisesti, mistä ei suoraan päässyt absoluuttiseen määrään kiinni.

Työnjohta 2023-03-3	Ikkunan liimapurskeet
Työnjohta 2023-03-3	Random naru sälekaihtimissa

KUVA 17. Esimerkki tulkintaa vaatineista vikakohdista. Ylempi tulkittu kuuluvan viimeistelytyöhön, alemman loppusiivoukseen

Kohteiden työjono eli työjärjestys ei ollut täysin verrannollinen loppuvaiheen osalta, koska tahtityöjonoon viimeistely kuului omana vaununaan ja perinteisemmässä tekemisessä RU itselleluovutukset ovat olleet limittäin viimeistelyn kanssa. Espoossa listoissa saattoi olla myös parvekkeilta havaintoja sekä maalauskorjauskierrosta varten havaintoja. Vantaalla maalauskorjauskierroksen ja parvekkeiden vikalistat olivat tehtynä eri listoille. Vertailukelpoisiksi tehdyissä listoissa pyrittiin ottamaan nämä erot huomioon.

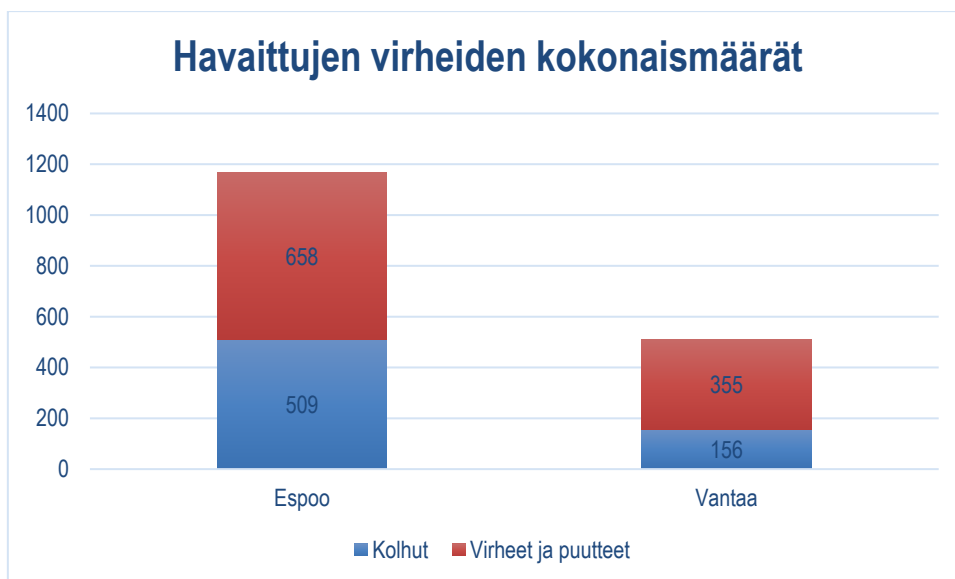
Vertailua varten havainnot luokiteltiin kolmen sijaan vain kahteen ryhmään, eli puutteet ja rakennusvirheet niputettiin samaan kategoriaan, josta käytetään nimeä virheet ja ainoastaan vaurioita tarkasteltiin erikseen. Vaurioista käytetään myös nimitystä kolhu.

Kolhuiksi katsottiin virheet, joissa luki kolhu tai rikki tai myöhempi työvaihe oli jollain tapaa rikkonut tai irrotanut aikaisemman työvaiheen valmiin työn. Listoituksessa rikkinäinen lista taas ei vaikuttanut kuuluvan näihin vaan oli asennusvirhe, joten sitä ei ole sisällytetty kolhuihin.

Espoossa esimerkiksi oven kolhusta saattoi lukea saman työnjohtajan tekemissä tarkastuksissa: ”Ovessa naarmu”, ”oven ulkopinnassa naarmuja”, ”ovessa vekki”, ”ovesta lohjennut pala”, ”ovi kolhittu”, ”ovi naarmuilla”, ”ovi ottanut osumaa”, ”ovi vaihtoon” ja ”ovilevy rikki”. Kaikissa ovi oli vaurioitunut ja jouduttiin korjaamaan tai vaihtamaan. Virhetyyppi ei myöskään eritellyt, mikä ovi oli kyseessä. Vastuu-urakoitsijasta saattoi yrittää päätellä, oliko se kalusteovi, parvekeovi vai jokin muu ovi, mutta plaaniovia, kuivan tilan väliovia ja kylpyhuoneen ovia ei voinut erotella toisistaan urakoitsijan perusteella. Selaimella Congridista olisi voinut käydä havainnon tunnuksella katsomassa karttapohjasta tai kuvasta, mistä ovesta oli kyse, mutta Excel-tulosteesta tämä ei selvinnyt. Vantaalla havaintojen sanallinen kuvaus oli tarkemmalla tasolla.

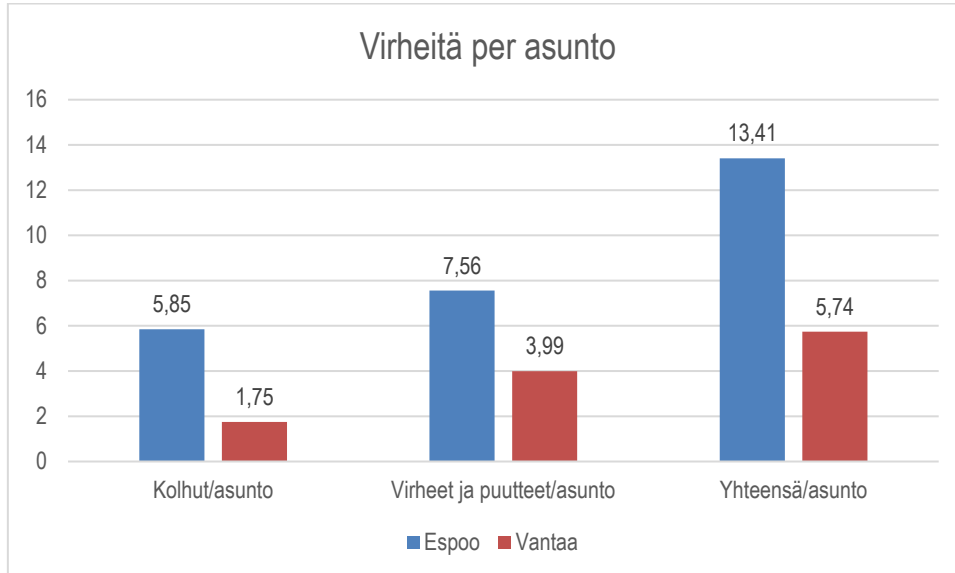
Vantaalla C-rappu sisälsi 56 asuntoa ja B-rapun kerrokset kolme, neljä ja viisi yhteensä 33 asuntoa eli yhteensä tarkasteltavia asuntoja oli 89 asuntoa. Espoossa asuntoja A- ja B-rapuissa oli yhteensä 87.

Espoon kohteella vertailukelpoisia virheitä eli rakennusvirheitä ja puutteita oli 658 kappaletta. Vantaan kohteella vertailuun sisällytettäviä virheitä oli yhteensä 355 kappaletta. Virheiden kokonaismäärä oli siis 46 % pienempi Vantaan kohteella. Kolhuja Espoossa havaittiin 509 kappaletta ja Vantaalla 156 kappaletta. Vantaalla kolhujen määrä tippui 69 % Espoon verrokistaan. Kokonaisvirhemäärä Espoossa oli 1167 kappaletta ja Vantaalla 511 kappaletta (KUVA 18). Virheiden kokonaismäärä laski 56 %.



KUVA 18. Pinottu pylväsdiagrammi Espoon ja Vantaan kohteiden yhteenlasketuista virhemääristä

Asunnoittain tarkasteltuna Espoossa esiintyi rakennusvirheitä ja puutteita 7,56 kappaletta per asunto ja kolhuja korjattiin 5,85 kappaletta per asunto. Vantaalla vastaavasti virheitä oli 3,99 kappaletta per asunto ja kolhuja 1,75 kappaletta per asunto (KUVA 19). Virheiden kokonaismäärä per asunto tippui 57 %.



KUVA 19. Pylväsdiagrammi asuntojen keskimääräisistä virhemääristä Espoon ja Vantaan kohteilla

4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

4.1 Viikon tahti laadunvarmistuksen näkökulmasta

Viikon tahti ei olennaisesti poikkea perinteisestä alurakoitsijoiden suorittamasta rakentamisesta. Tahtien sisällä oleva täyttöaste on niin matala, että tahtiajan puitteissa kyetään suorittamaan perinteisen laadunvarmistusprosessin mukaiset tarkastukset. Työnjohdon aika menee kuitenkin siihen, että prosessi on niin epästabiili, että laadunhallinta on jatkuvaa tulipalojen sammuttamista.

Jos työnjohtaja ehtii suorittamaan tarkastukset ajallaan, paranemista ei näiden avulla ehdi syntyä kuin kerroksien eli erien mukainen määrä. Käytännössä sopimusmaailmasta tulevat vasteajat virheiden ja puutteiden korjaamiseen ovat niin pitkät, että urakalla suorittava alurakoitsija ei korjaa virheitään ennen seuraavan urakoitsijan saapumista tahtialueelle. Seurauksena on, että loppuvaiheessa virheitä on kasaantunut virheiden päälle ja näiden korjaaminen on kallista ja aikaa vievää. Hyvin hoidetuilla tarkastuksilla lopun ylimääräisiä kuluja voidaan kuitenkin osoittaa alurakoitsijoille, joiden virheistä tai puutteista alkoivat ongelmat.

4.1.1 Nykyisen järjestelmän toimivat käytänteet ja ongelmakohdat

Nykyisen järjestelmän onnistuneimpana kohtana sisävaiheessa pidettiin yleisesti mallitarkastuksia tilaajan edustajan kanssa. Laadunhallinnan kypsyysmallilla asuntorakentamisen linjassa on tarkastusten määrät saatu nousemaan ja juoksevat vika- ja puutelistat WhatsAppissa ja Congridissa toimivat työmaan kannalta tarpeeksi hyvin. Nykyinen laatumatriisi synnyttää tarkastusasiakirjan, jota kelpaa näyttää tilaajalle ja rakennusvalvonnalle.

Ongelmallisinta nykyisessä järjestelmässä on, että läpimenoajan ja toiminnan kehittymisen rajat ovat tulleet vastaan. Tuottavuus ei nouse. Valmistusprosessia ei ymmärretä tarpeeksi hyvin, että sitä saataisiin kehitettyä kohteiden välillä. Järjestelmä on epästabiili ja erityisyyvaihdelu pakottaa työnjohtajat keskittymään ongelmiin reagointiin juurisyyden ratkaisemisen ja ennaltaehkäisevän toiminnan sijaan.

4.1.2 Nykyinen reagointitapa esteisiin ja korjaustavat

Esteiden tullessa ilmi, muiden työvaiheiden etenemistä estävät esteet pyritään poistamaan joko tuntitöillä tai urakoitsijaa reklamoimalla. Toimivimmillaan virheen tehnyt asentaja on vielä työmaalla ja hänelle tehdään korjauskehoitus suullisesti tai viestillä. Esteet tulevat tyypillisesti ilmi asennuksen suoritusajankohdasta useamman viikon päästä, kun toinen työvaihe törmää esteeseen.

Asentajat eivät tyypillisesti ole niin tiheässä vuorovaikutuksessa toistensa kanssa, että ratkaisisivat ongelmat yhdessä, vaan pääurakoitsija on välikätenä. Esteiden dokumentointi ja juurisyysanalyysit jäävät tekemättä, eikä palautetta mene suunnitteluun eikä edeltäville rakennustyövaiheille.

Jos este ei estä kokonaan jatkamasta töitä, tyypillisesti mietitään keinoa, jolla se voidaan kiertää tai asennustapaa, jolla voidaan aikaisemmin syntynyt virhe korjata toisen työvaiheen toimesta. Esimerkiksi voidaan pellittää yli tai rakentaa kotelo. Näistä on seurauksena luovutusvaiheeseen kasaantuva työmäärä, jonka ensisijainen tehtävä on vain paikata aikaisempien vaiheiden lähinnä kosmeettisia virheitä.

4.1.3 Nykyinen työmaalta talteen saatava laatuun liittyvä tieto

Rakennuskohteelta saadaan tällä hetkellä huonosti käyttökelpoista tietoa talteen, joka synnyttäisi yritykselle aineetonta pääomaa. Vika- ja puutelistat sisävaiheen loppupäästä rakennusurakoitsijan itselle luovutuksesta ovat tällä hetkellä laajinta dataa, mitä rakennusprojektilta syntyy. Riippuen työnjohtajasta, tarkastuksiin on voitu käyttää valmiita pohjia tai tyhjää listaa.

Tarkastuksille on tyypillistä, että päivän mukaan tarkastaja ei ole edes itsensä kanssa aina samaa mieltä poikkeamista ja niiden määristä. Virheistä ja puutteista puuttuu vakiointi, joilla niitä saataisiin ryhmiteltyä. Jopa alkeellisin jaottelu vaurioihin/kolhuihin, puutteisiin tai rakennusvirheisiin puuttuu.

Saatu dokumentoitu tieto ei tyypillisesti ehdi auttamaan enää työmaata estämään lisävirheiden syntymistä merkittävässä määrin, vaan listoja käytetään loppukäyttäjälle mahdollisimman laadukkaan lopputuotteen valmistamiseen. Työmaiden ja vaihtuvien alurakoitsijoiden välillä dataa ei kyetä hyödyntämään hankkeesta toiseen. Tieto ei myöskään auta yritystä kehittämään valmistusprosessiaan, eikä konseptirakentaminen parane.

4.2 Laadunvarmistuksen prosessi korkeintaan päivän tahtituotannossa

4.2.1 Puolen päivän tahdin ero viikon tahtiin

Merkittävänä etuna pitempään tahtiin verrattuna, seuraavien tahtien ja itselleluovutustarkastusten löytämät poikkeamat tulevat esiin huomattavasti lyhyemmällä syklillä (vrt. KUVA 12 ja 13). Tämän ansiosta virheellisiä asennuksia ei ole ehtinyt syntyä yhtä paljon kuin viikon tahdissa olisi ehtinyt. Tämä luo edellytykset sille, että valmistuslaadussa voidaan saavuttaa jatkuvaa parantamista jo työmaan sisällä.

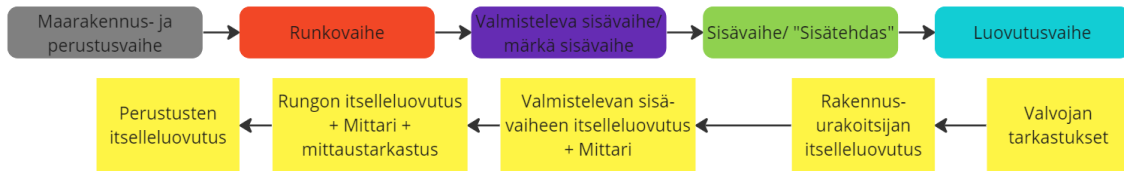
Koske virheiden löytymisen vasteaika on lyhyt, keskikokoisen asuinkerrostalotyömaan aikana on odotettavissa, että saavutetaan nollavirheluovutuksia. Tämän vuoksi jokaisen osakohteen tarkastaminen muodostuu hukkatyöksi, mikä suoritetaan vain järjestelmän vaatimuksesta.

Valmistusprosesseina viikon tahti ja päivän tahti ovat molemmat yhä epästabiileja, joten laadunvarmistuksen tulee keskittyä kirjallisuuslähteiden mukaan erityisyysvaihtelun vähentämiseen. Lyhyessä tahtiajassa pääurakoitsijalle tulee ainutlaatuinen mahdollisuus seurata valmistusta lähempää työnjohtajan avulla, kuin viikon tahdissa ja tämä mahdollistaa sen, että laaduntarkkailusta siirytään voimakkaammin johtamaan laadun muodostumista. Tämän päämääränä tulee olla valmistusprosessin määrittäminen yritykselle, joka mahdollistaa töiden vakioinnin ja sitä kautta jatkuvan parantamisen, jolloin suorituskyky voidaan saada nousemaan.

4.2.2 Työn suorittajan oman työn tarkastaminen ja pääurakoitsijan laatutarkastukset suhteessa aikatauluun

Jotta mahdollistetaan systemaattinen jatkuva parantaminen erityisyysvaihtelua pienentämällä, havaituista virheistä ja puutteista tulisi saada tieto dokumentoitua. Tätä tietoa käytetään työmaan sisällä tarkastuspohjien päivittämiseen, jotta virhe saataisiin kiinni mahdollisimman läheltä syntymähetkeään tai jopa estettyä kokonaan. Tämän vuoksi ei ole erityisen tärkeää tässä kypsyyden vaiheessa, missä muodossa tai minne tieto dokumentoidaan, kunhan se dokumentoidaan. Muistin varassa tehdyillä huomautuksilla voidaan saada hetkellistä valmistuslaadun paranemista, mutta pitkällä aikavälillä valmistusprosessi ei muutu stabiilimmaksi.

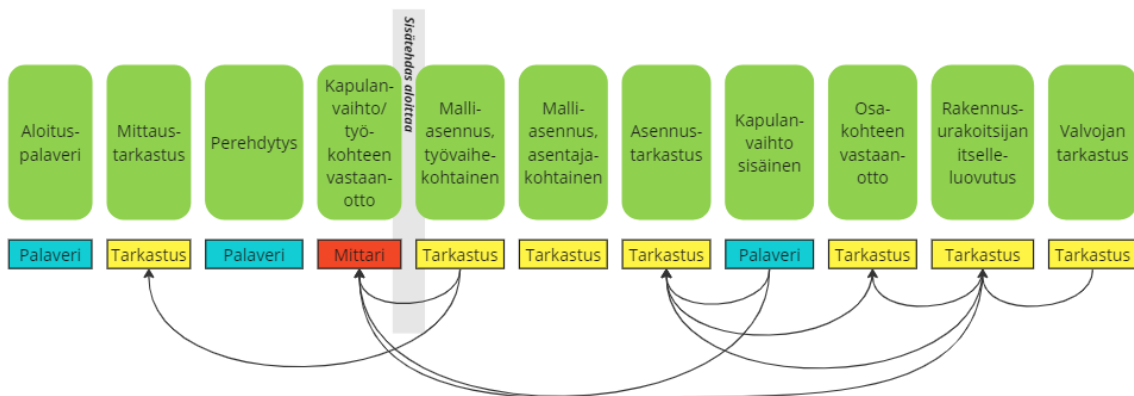
Sisävaiheessa syntyvistä laatuvirheistä osa on seurausta aikaisempien rakennusvaiheiden tekemisestä virheistä tai puutteista. Tämän vuoksi tahtijunaa edeltäville työvaiheille tulee saada myös tieto asioista, joita heidän tulisi parantaa omassa tekemisessään. KUVA 20 kuvaa töiden etenemistä ja miten tarkastuksista löytyneistä puutteista tiedon tulee välittyä edeltävälle työvaiheelle.



KUVA 20. Rakennustyövaiheiden eteneminen ja tarkastuksista syntyneen tiedon takaisinkytkentä

Työn suorittajalle tulee laatia lyhyt tarkastuslista pohjautuen työohjeisiin ja työvaiheesta havaittuihin määrällisesti suurimpiin virheisiin. Tämä rutiinitarkastus on valmistavasta teollisuudesta tuttu. Tarkastus tulee suorittaa tahdin aikana. Mahdollisten korjausten aikataulu tulee sopia työnjohdon kanssa, mutta nämä on korjattava ennen kuin seuraava asennusvaunu aloittaa työnsä tahtialueella.

KUVA 21 sisältää tutkimuksen tuloksena syntyneen toimintatapaehdotuksen kohdeyrityksen laadunvarmistusmalliksi. Toimenpiteet ovat aikajärjestyksessä vasemmalta oikealle ja toimenpiteet on luokiteltu kolmeen kategoriaan, palavereihin, tarkastuksiin ja mittareihin. Asennustöiden todellinen aloitushetki on osoitettu tekstillä "Sisätehdas aloittaa". Tärkeimmät takaisinkytkentäsilmut eli palautesilmukat on merkitty alimmaisiksi nuolilla osoittaen, mikä toimenpide vaikuttaa mihinkin edeltävään toimenpiteeseen.



KUVA 21. Toimintatapaehdotus kaaviona, sekä merkittävimmät takaisinkytkentäsilmut

Toimintatapaehdotus lähtee liikkeelle aloituspalaverista, joka osoittaa hetken, jolloin ennakkosuunnittelu aloitetaan. Toteutusorganisaation mukaan tämä käydään työmaan sisäisesti tai alaurakoitsijan työnjohdon kanssa. Aloituspalaverissa vastuutetaan henkilöt laatimaan tai päivittämään työohjeet, asennuspiirroksat, materiaaliluettelot ja tarkastuspohjat, sekä tahtiakataulu.

Olenaisena asiana muodostetaan näkemys työmaan erityispiirteet huomioon ottaen, mitkä asiat halutaan tarkemmita mittaustarkastuksessa mittamiehen toimesta ja päivitetään mittaustarkastuspohja tätä varten. Tällaisia kohtia voivat olla esimerkiksi betonielementeissä olevat aukot, sähkörsiat ja viemäriputkien sijainnit holvissa. Mittaustarkastus suoritetaan väliseinien paikkojen merkitsemisen yhteydessä ja suunnitelmien valmiusasteen mukaan samalla voidaan merkitä myös esimerkiksi keittiökalusteiden sijainti. Mittaustarkastusten tiheys riippuu edeltävän työvaiheen eräkoosta. Jos betonielementtien tuentakalusto poistetaan kerros kerrallaan, mittaustarkastus voidaan suorittaa myös kerros kerrallaan.

Asentajien aktivoiminen prosessiin alkaa perehdytystilaisuudesta, jossa käydään tavallisten työturvallisuus- ja aluesuunnitelmien lisäksi läpi tahtirakentamiseen liittyvät erityispiirteet ja perehdytetään asentajat jo vaunujensa sisältöön. Tilaisuutta voidaan käyttää myös aivoriihenä ideoimaan esimerkiksi työmenetelmiä tai -välineitä. Perehdytys ei pääty tilaisuuteen, vaan on jatkuvaa läpi työmaan keskittyen malliasennukseen ja sitä seuraaviin osakohteen tarkastuksiin. Pääurakoitsijan tulee asennoitua opettamaan asentajia, kuten Toyotan tiimin vetäjät, eikä pyrkiä vain vaihtamaan työntekijää ongelmien ilmetessä.

Seuraavana kohtana toimintatapaehdotuksessa on kapulanvaihto -nimellä varustettu mittari, jolla kuvataan edellisen työvaiheen suorittamaa itselleluovutusta. Tämä itselleluovutus tulee tehdä edeltävän työvaiheen työnjohdon toimesta digitaaliseen järjestelmään, josta saadaan tieto työmaan sähköiseen infotauluun. Mittari mittaa suhteessa sisätehtaan suunniteltuun aloitushetkeen, onko itselleluovutustarkastus suoritettu ja onko kaikki avoimet kohdat eli virheet korjattu. Mittari on yksinkertainen kyllä/ei -mittari. Tästä tulee tieto sisätehtaalte, että aloitusedellytykset ovat edeltävän työvaiheen osalta saavutettu.

Edeltävän työvaiheen itsensä tärkeäksi kokemien tarkastuskohtien lisäksi tarkastuspohjaan tulee sisätehtaan juurisyyanalyysillä tähän työvaiheeseen kohdistuvienn asioiden tarkastaminen. Tarkastuspohja on täten dynaaminen ja sen tulisi elää vähintään niin kauan, kuin edeltävä työvaihe asentaa työmaalla.

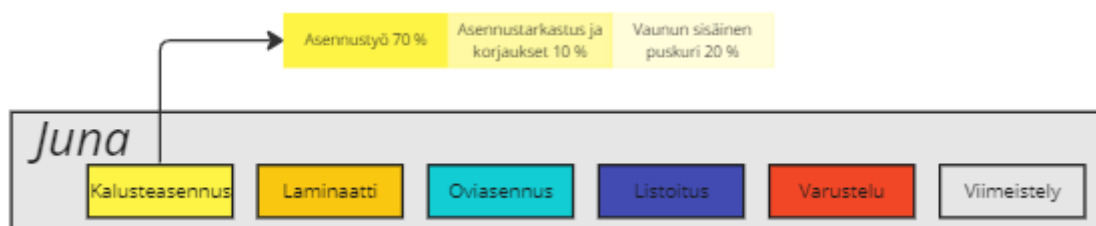
Ensimmäisen luovutettavan kerroksen osalta on syytä käydä edeltävän työvaiheen ja sisätehtaan työnjohdon välillä perinteisempi työkohteen vastaanotto -tarkastus, mitä käytäntöä voidaan jatkaa niin kauan, kunnes saavutetaan luotto siihen, että edeltävän työvaiheen laaduntuottokyky on olemassa ilman erillistä vastaanottotarkastusta. Tarkastus suoritetaan kuitenkin itselleluovutus pohjaan, jolloin mittari kykenee lukemaan, onko korjaukset tehty ennen sisätehtaan aloitusta.

Sisätehdas alkaa malliasennuksilla. Asennukset tulee suorittaa aina asentajakohtaisesti, jolloin malliasennus on osa perehdytystä. Jos työmaan aikana asentaja vaihtuu syystä tai toisesta, tulee uuden asentajan kanssa suorittaa aina malliasennus. Vaunun ensimmäisestä asennuksesta tehdään dokumentoitu tarkastus yhdessä tilaajan valvojan kanssa ja mahdollisesti suunnittelijoiden kanssa.

Ensimmäisille asennuksille tulee varata pitempi aika kuin tuleva tahti aika tulee olemaan. Tällöin on aikaa harjoitella ja käydä asentajan kanssa yksityiskohtia läpi. Myös mahdollisista materiaaleista johtuviin ongelmiin on helpompi reagoida.

Jos malliasennuksessa huomataan aikaisemmista työvaiheista aiheutuvia ongelmia, näistä viedään tietoa vähintään edellisen vaiheen tarkastuspohjaan. Sisätehtaan sisäisesti suoritetuissa aikaisemmista työvaiheista johtuvat esteet viedään tiedoksi asentajalle ja päivitetään asennustarkastus ja osakohteen vastaanotto -pohjat sellaisiksi, että esteestä päästään seuraavissa asennuksissa eroon.

Vaunussa tulee varata aikaa, jotta asentaja ehtii tahdin puitteissa tarkastamaan oman työnsä asennustarkastuspohjan mukaisesti ja tekemään korjaukset, ennen kuin tahti vaihtuu (KUVA 22). Asennustarkastus lienee radikaalein esitetty muutos perinteiseen laadunvarmistusmenetelmään verrattuna ja jalkauttaminen vaatii kulttuurimuutoksen.



KUVA 22. Esimerkinomainen vaunutus tulevan kohteen sisätehtaalle, josta käy ilmi, mistä vaunun täyttöasteen tulisi koostua

Asennustarkastus tulisi pitää suppeana, joka keskittyy vain muutamaan valmistuslaadun kannalta kriittiseen kohtaan. Ensimmäiset tarkastuspohjat voidaan tehdä edellisten kohteiden rakennusurakoitsijan itselleluovutustarkastusten havaintojen perusteella ja päivittää pohjia dynaamisesti työmaan edetessä vastaamaan prosessissa myöhemmin suoritettavissa tarkastuksissa havaittuja virheitä ja puutteita.

Asennustarkastusten yhteyteen tulisi suunnitella tarkemmat toteutussuunnitelmat, kuin mitä nykyiset työmaiden työpiirustukset ovat. Näissä tulisi käydä ilmi toteutusyksityiskohdat, jolloin asentajan ei tarvitse käyttää kohtuuttomasti aikaa tahdista työn toteutussuunnitteluun. Asennuspiirrokset tulee sijoittaa työkohteelle niin, että työnjohtaja voi käyttää piirrosta apunaan määrittämään, onko valmistusprosessi tapahtunut suunnitelmien mukaisesti. Jos poikkeama havaitaan, tulee tämä käydä läpi asentajan kanssa ja keskustella, onko kyseessä erehdys tai virhe, vai onko asentaja kehittänyt valmistusprosessia parempaan suuntaan, jolloin asennuspiirrokset tulee päivittää.

Sisäinen kapulanvaihto palaverissa viittaa sisätehtaassa pidettäviin tahtipalavereihin, joissa tulee käydä läpi työtä häirinneet ongelmat ja vaunujen kesken kehittää parempia toimintatapoja. Tahtipalaverin yhteydessä tulisi dokumentoida esiin tulleet ongelmakohdat ainakin havaitun ongelman tasolla, jotta palaverin jälkeen voidaan tehdä juurisyyanalyysi ja tehdä valmistusprosessiin tarvittavat muutokset. Sisätehtaan sisäisten urakkarajojen ollessa jatkuvasti muokattavissa, byrokraattista kapulanvaihto-prosessia ei tarvita, vaan toimenpidekohta toimii vain johdattelevana kysymyksenä tahtipalaverissa asentajille.

Osakohteen tarkastusta tulee pitää perehdytyksen viimeisenä systemaattisena kohtana. Malliasennusta seuraava osakohteen tarkastus tehdään jokaisen tahdin jälkeen, kunnes asentaja on sisäistänyt vaadittavan valmistuslaadun ja kykenee omatoimisesti tarkistamaan työnsä niin, että se vastaa malliasennuksessa sovittua tasoa. Osakohteen tarkastus suoritetaan, kunnes tarkastuksessa ei enää havaita virheitä tai puutteita.

Osakohteen tarkastus täydentää myös malliasennusta siltä osin, että jos ja kun kohteen asunnot poikkeavat toisistaan, voi eteen tulla asennukseen liittyviä ongelmia, joita ei malliasennus -asunnossa esiintynyt. Osakohteen tarkastukset tapahtuvat tarpeeksi välittömästi, jolloin tieto saadaan aikaisemmin edeltävälle rakennustyövaiheelle tiedoksi.

Viikon tahdissa ensimmäinen asunto valmistuu kuukausia aloittamisen jälkeen ja rakennusurakoitsijan itselleluovutukset alkavat näin ollen niin myöhään, että ensimmäiset sisävaiheen työt ovat voineet jo valmistua. Tämän vuoksi rakennusurakoitsijan itselleluovutukset ovat aikaisemmin toimineet vain loppulaadun takeena.

Lyhyemmässä tahdissa rakennusurakoitsijan itselleluovutukset pääsevät alkamaan jopa alle kaksi viikkoa töiden alkamisesta, jolloin asennukset ovat vielä ensimmäisenkin vaunun osalta kohteella kesken, jos kyseessä ei ole aivan pieni muutaman kymmenen asunnon kohde. Näin ollen rakennusurakoitsijan itselleluovutus tehtynä samassa tahdissa töiden kanssa toimii perälautana valmistusprosessille ja tarkastuksessa havaitut virheet ehtivät tulemaan asentajille tiedoksi ennen kuin kaikki asennukset ovat valmiit.

Jos asennustarkastuksista ja osakohteen tarkastuksista on päässyt virheitä läpi, nämä löydetään itselleluovutuksessa. Jos asentajan on todettu kykenevän haluttuun laatuun ja osakohteen tarkastukset on lopetettu kyseisen asentajan kohdalta, mutta itselleluovutuksessa alkaa taas löytymään virheitä, tämä toimii käynnistimenä sille, että asennustarkastuspohjaa tarvittaessa täydennetään ja osakohteen tarkastukset otetaan jälleen käyttöön, kunnes virheestä päästään jälleen eroon.

Valmistusprosessin viimeisenä vaiheena on tilaajan valvojan suorittamat tarkastukset, jotka lyhyellä tahdilla suoritettussa kohteessa tulisi pyrkiä suorittamaan myös pienissä erissä, jotta läpimenoaika ei tarpeettomasti veny ja valvojan mahdollisesti löytämät virheet ehtivät myös asentajille tiedoksi, ennen kuin asennukset ovat kaikki suoritettu.

4.2.3 Korjaustyön takaisinvirtauksen vähentäminen

Jotta korjaustyötä voitaisiin vähentää työmaan aikana ja projektien välillä, prosessin tulee kehittyä jatkuvasti. Nykyisessä kulttuurissa työmailla vallitsee haluttomuus tehdä dokumentoituja tarkastuksia ja yleisesti käytettäviä digitaalisia työkaluja ei pidetä tarpeeksi helppokäyttöisinä, jotta ne hyödyttäisivät työmaata. Työmaan hektisessä arjessa on helpompi lähettää WhatsAppilla viesti kuin tehdä Congridiin havaintolistalle havainto ja merkitä havainnolle korjaaja. Toisaalta tähän vaikuttaa myös se, että tilaajalle ei haluta esittää tarkastuspöytäkirjoja, joissa käy ilmi, että työmaalla oli virheitä tai puutteita, jotka on kuitenkin korjattu ennen luovutusta.

Tämän vuoksi tähänkin tarvitaan kulttuurimuutosta. Jotta tämä olisi mahdollista, dokumentoinnin kynnyksen tulee olla niin matala, että tätä ei pidetä ylitsepääsemättömänä esteenä laadunvarmistukselle. Tällä hetkellä työnjohtajilta vaaditaan suurien kokonaisuuksien tarkistamista kerralla ja jotta nykymallissa dokumentoidulla datalla tekisi mitään, havainnon teko -hetkellä tulisi kyetä lennosta tekemään poikkeaman luokittelu ja ehkä jopa juurisyyanalyysi. Tämän sijaan dataan pitäisi suhtautua niin, että tietoa aletaan rikastamaan.

Tarkastuksissa havaintoihin tulisi kyetä laittamaan vain sen verran dataa, että juurisyyanalyysi esimerkiksi Toyotan käytännöllisen ongelmanratkaisuprosessin mukaisesti on myöhemmin mahdollista jopa täysin toisen henkilön toimesta, sekä että välitön korjaustoimenpide on mahdollista. Tätä nykyiset työkalut eivät tue, ja yrityksen johdon tulee toimia kulttuurin muuttajana Toyotan ja lean-filosofian mukaisesti. Liite 2 kuvaa, millainen rikastamisprosessi voisi olla.

Jos poikkeama johtuu puutteista tai vaurioista, näitä tulee käsitellä eri tavalla kuin valmistusvirheitä. Puutteissa tulee kehittää toimitusketjua tai hankalien tuotteiden osalta vaihtaa tuotetta tai toimittajaa. Vaurioista tulee pyrkiä selvittämään, missä vaiheessa ne ovat syntyneet ja kehitettävä valmistusprosessia niin, että vaurioita ei enää syntyisi tai niiden määrä vähenee.

Valmistusvirheissä tulee määrittää tietoa rikastettaessa, onko juurisyy suunnittelussa tai materiaallivalinnoissa vai puhtaasti valmistusprosessissa. Jos syy on suunnittelussa tai suunnittelulla voidaan siihen vaikuttaa, tulee tieto välittää suunnittelun ohjaukseen. Jos kyseessä on materiaalien ominaisuuksiin liittyvä virhe, tulee arvioida käytettävää materiaalia ja päivittää ostonimikkeillä tehty osaluettelo (M-BoM). Puhtaasti valmistusprosessiin liittyvissä virheissä on parannettava valmistusprosessia miettimällä, miten virhe voitaisiin estää etukäteen tai kouluttamalla asentajia.

Korjaustyön takaisinvirtaus tarkoittaa läpimenoajan pitenemistä, minkä kautta laadunvarmistus kytkeytyy vaihtelun lakeihin. Stabiloimalla valmistusprosessia erityisyyt poistamalla luodaan edellytykset seuraavassa vaiheessa tilastollisten prosessinohjauksen työkalujen käyttöönottoon, jolloin laadunvarmistuksessa päästään vaihtelun hallintaan ja läpimenoajan todellinen lyhentäminen ja valmistusprosessin jatkuva parantaminen tulevat toden teolla mahdollisiksi.

4.3 Johtopäätökset

Ensimmäiseen pääkysymykseen saatujen tulosten perusteella viikon tahti ei poikkea niin olennaisesti perinteisestä rakentamisesta, että sitä voisi kutsua hyvällä omallatunnolla tahtituotannoksi, kuten valmistava teollisuus tahtituotannon näkee. Puolen päivän tahti lähestyy jo valmistavan teollisuuden näkemystä tahtituotannosta ja tämän vuoksi luo edellytyksiä omaksua valmistavan teollisuuden kulttuuria ja käytänteitä.

Kirjallisuuden määritelmien mukaan rakennusteollisuuden valmistusprosessi on epästabiili, eikä pääurakoitsija todellisuudessa ymmärrä valmistusprosessia. Järjestelmän kehittäminen on ulkoistettu alaurakoitsijoille, jotka ovat keskittyneet osaoptimoimaan omaa osaprosessiaan valmistusprosessista. Tämän vuoksi viikon tahti ei kykene luomaan edellytyksiä tuottavuuden paranemiselle.

Viikon tahdissa esteet ja ongelmakohdat tulevat pitkällä vasteajalla pääurakoitsijan tietoon, eikä niitä useimmiten dokumentoida. Esteiden juurisyistä ei mene tietoa tahoille, jotka tiedolla jotakin tekisivät, kuten suunnitteluun. Seuraava työvaihe pyrkii elämään syntyneiden häiriöiden ja esteiden kanssa, mistä syystä loppuvaiheeseen kasaantuu töiden suma.

Puolen päivän tahdissa ongelmien havaitsemisen vasteaika on huomattavasti lyhyempi, mikä luo edellytykset järjestelmän jatkuvalla parantamiselle lyhyellä syklillä. Kun tämä mahdollisuus yhdistetään siihen, että havaintojen ja tarkemmalla tasolla suunniteltujen töiden avulla vakioidaan valmistusprosessi, syntyy tilanne, jossa pääurakoitsija aidosti vastaa valmistusprosessista ja kykenee kehittämään sitä.

Jotta palautteenkeruun sykli ei kärsi, tulee käytettävien menetelmien olla niin kevyitä, että niitä käytetään matalalla kynnyksellä. Menetelmiin tulee myös suhtautua niin, että ne ovat dynaamisia ja muokattavissa heti, kun tarve tälle tunnistetaan. Jatkuvan parantamisen tulee olla prosessi- ja projekti- ja perustua projekteihin, jollainen tämäkin tutkimus on.

Valmistusprosessin haltuunottoa tulee käyttää osaoptimoinnin purkamiseen ja luoda järjestelmä, jossa valmistusprosessissa myöhemmin ilmaantuneet häiriöt juurisyineen kytketään tiedonsiirron avulla tiedoksi edeltäneille työvaiheille, jotta koko valmistusprosessia voidaan kehittää. Nimenomaan prosessin jatkuvan kehittämisen jalkauttamiseen koko hankkeen mitassa tulee nyt keskittyä, jotta ei erehdytä vain osaoptimoimaan sisävalmistusvaihetta.

Lyhyen tahdin vuoksi ennakkosuunnittelun merkitys korostuu. Tämä on aloitettava mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja otettava tekijät mukaan prosessiin. Tekijöihin tulee suhtautua yhteistyökumppaneina ja työnjohdon tulee muuttua laaduntarkkailusta laadunjohtamiseen ja tekijöiden opettamiseen.

Visuaaliset toteutussuunnitelmat tulisi laatia joka työvaiheesta avustamaan asentajia, jotta heidän ei tarvitse tahdin aikana käyttää aikaa suunnitteluun, sekä auttamaan työnjohtajia havaitsemaan poikkeamia valmistusprosessiin. Toteutussuunnittelun helpottamiseksi jo suunnitteluvaiheessa tulisi pyrkiä suunnittelemaan piirustukset toteutuskelpoisiksi sellaisenaan.

Poikkeamien havaitsemisen yhteydessä tulisi käydä asentajien kanssa läpi, onko kyseessä virhe vai olivatko suunnitelmat huonot ja valmistusprosessia tosiasiallisesti kehitettiin. Virheiden syntyamisen ehkäisemiseksi asentajille on koulutettava haluttava laatutaso pitkällä aikatasolla ja annettava muistilistaksi rutiinitarkastus suoritettavaksi.

Puolen päivän kypsyystasolla tulisi järjestelmää pyrkiä stabiloimaan tunnistamalla poikkeamat ja tekemällä niille korjaavia toimenpiteitä. Seuraavana vaiheena tulisi pyrkiä vaihtelunhallintaan eli ottamaan käyttöön tilastolliset prosessinohjausmenetelmät. Korjaavien toimenpiteiden tulee kuitenkin jo nyt perustua dokumentoituun dataan.

Kaikkiin poikkeamiin ei tule suhtautua samalla tavalla, vaan poikkeamat tulee jakaa kolmeen luokkaan, joista seuraa eri reagointiketju poikkeamille, sekä kytkeä ostonimikkeillä tehtyyn tuoteosaluetteloon ja työvaiheisiin. Uudessa mallissa laadunvarmistukselle ei ole tärkeää löytää maksajaa tai edes korjaajaa, vaan tärkeintä on kehittää keinot, jolla poikkeama ei enää toistu. Malliin tulee suhtautua fundamentalistisena ajattelun muutoksena, jossa pyritään ehkäisemään virheitä jatkuvalla parantamisella ja luomaan kulttuuria, jossa kaikki portaat pyrkivät nollavirhetasoon.

5 POHDINTA

Tutkimuksen matka on ollut pitkä. Työ aloitettiin jo ennen kuin tämän tutkimuksen tekijä hyväksyttiin opiskelemaan ylempää ammattikoulututkintoa. Työ lähti liikkeelle linjajohdon annettua tehtäväksi käydä olemassa olevat tarkastuspohjat läpi. Pian työmaalla pohjia arvioidessa tuli selväksi, että kukaan organisaatiossa ei ollut tyytyväinen nykyiseen laadunhallinnan malliin. Toisaalta työmaa koki sen liian raskaaksi ja toisaalta sillä ei saatu vikoja kiinni ajoissa työmaaelämää riivaavan jatkuvan kiireen vuoksi.

Tästä syntyi tarve tutkimukselle, johon kerättiin kattavasti pitkältä ajalta havaintoja ja haastatteluja eri tuotannon osapuolilta. Tämä aineisto oli kooltaan mittava ja toi hyvin ilmi viikon tahdin logiikan ja siinä esiintyvät ongelmat. Tästä tutkimuksesta piti tulla myös ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon lopputyö. Erinäisten henkilövaihdosten vuoksi työstä ei muodostunut lopputyötä, vaan jäi ainoastaan yrityksen sisäiseen käyttöön.

Sisäistä tutkimusta tehtäessä oli samaan aikaan käynnissä EU-projekti, jossa pyrittiin muodostamaan rakentamisesta digitaalinen kaksonen. Mallinnusta varten projektille pyydettiin tämän tutkimuksen tekijän ja toisen kohdeyrityksen työnjohdossa toimineen henkilön mielipiteitä, miten hyvin mallinnus vastaa todellisuutta. Tuotantonopeuksia, työryhmän kokoja, reagointia materiaalin loppumiseen jne. oli helppo mallintaa yksinkertaisella käytöspuulla, mutta sen kuvaileminen EU:n tutkijoille, miten rakentaminen on myös kaikkea muuta kuin näitä numeroita, tuotti haasteita. Yksinkertaistaen 70 neliötä asennettua laminaattia ei välttämättä tarkoita, että asennettiin 70 neliötä oikein.

Tämän jälkeen asuntorakentamisen linjan laatupäällikön toimeksiannosta muotoutui uusi tutkimussuunnitelma, josta tämä tutkimus syntyi. Tavoitteena oli muodostaa virtausyhteensopiva laadunvarmistus -toimintatapa asuntorakentamisen linjaan palvelemaan käyttöön otettua puolen päivän tahtia. Tarkoitus oli, että laadunvarmistusmenetelmä ei saisi muodostua esteeksi tahdin siitäkin vielä lyhentämiselle.

Tutkimusta rajattiin tutkimuskysymyksillä, mutta rajaus jätettiin tapaustutkimukselle sopivalla tavalla sen verran auki, että tutkimuksella oli mahdollista hakea muotoaan uusien tutkimustulosten ilmettyä. Seurauksena tästä toki oli, että tutkimus on laaja.

Kehittämistyössä tutustuttiin laajasti tietoperustassa tahtituotantoon rakennusalalla ja valmistavan teollisuuden virtausyhteensopivaan filosofiaan ja taustalla vaikuttaviin käsityksiin valmistusprosessin laadunhallinnasta. Tässä yhteydessä opittiin, että vaihtelu liittyi olennaisesti laadunhallintaan, sekä valmistusprosessin stabiiliuteen. Tämän vuoksi tietoperustaa laajennettiin vaihtelunhallintaan ja taustalla vaikuttaviin ajatuksiin ja ajattelijoihin. Deming on ollut tietoperustan tärkein yksittäinen henkilö. Tietoperustassa käytiin läpi myös rakennusalan käytössä olevat laadunvarmistuskäytännöt.

Aineistonkeruumenetelminä käytettiin havainnointia ja teemahaastatteluja. Havainnointi oli pitkään rakennusalalla olleelle luonnollinen tapa kerätä tietoa monipuolisesti siitä, mitä työmaalla oikeasti tapahtuu. Havainnointiaineistosta tulikin runsas. Tässä raportoinnissa lähdettiin siitä ajatuksesta liikkeelle, että havaintoja haluttiin käydä mahdollisimman avoimesti läpi, jotta työmaalähteinen lukija voi itse validoida, vastaavatko havainnot hänen itsensä tyyppisiltä työmailta havaitsemiaan asioita.

Havaintoja ja tietoperustan laajentamista tehtiin osittain samaan aikaan ja samalla kehitettiin teemahaastattelua varten kysymysrunkoa. Koska työmaahenkilöstön kanssa käydyn keskustelun perusteella uskottiin, että tutkijan havainnot olivat linjassa haastateltavien oletettujen mielipiteiden kanssa, päätettiin haastattelua varten jo tehdä alustava ehdotus laadunvarmistusmalliksi. Tämän avulla osalliset pääsivät kommentoimaan ja vaikuttamaan paremmin tämän tutkimuksen lopputuloksiin. Tämä myös lisäsi tulosten validiteettia. Haastateltaviin lukeutui kaikki sisätehtaan avainhahmot, mutta työntekijöiden vaihtuvuus oli tässä vaiheessa niin suurta, että työntekijöistä ei tunnistettu haastatteluun sopivia henkilöitä.

Haastattelujen jälkeen oli aika kirjoittaa raportti loppuun. Aineiston perusteella alustavaan laadunvarmistusmalliin pääpiirteittäin ei tullut suuria muutoksia, mutta sisältö tarkentui paljonkin. Raporttia tehdessä tuli vielä paljon oivalluksia, joiden ansiosta tutkija uskoo, että tutkimukselle asetettu tavoite täyttyi kiitettävällä tavalla.

Tutkimuseettisistä syistä haastateltavia, yhteistyökumppania ja työmaita on pyritty käsittelemään niin, että heitä tai niitä ei voida helposti tunnistaa. Tutkimusraportti tuloksineen annettiin ennen julkaisua työn ohjaajalle ja asuntorakentamisen linjajohdolle luettavaksi, jotta he pystyivät ottamaan kantaa yrityssalaisuuden piiriin kuuluviin asioihin. Raporttiin tehtiin pyydetyt muutokset.

Tuloksien suurimpia oivalluksia oli, että ehdotettavan mallin tulee toimia vain pohjana, josta laadunvarmistusprosessia voidaan lähteä tehokkaasti kehittämään. Prosessi ei saa perustua enää projektiluontoisiin päivityksiin, vaan se tulee jalkauttaa osalliseksi jokapäiväistä työskentelyä hankkeen jokaisella tasolla.

Tämän vuoksi esitettyä mallia ei pidä pitää välttämättä mallina, jolla toimitaan, kun on saavutettu teollisen rakentamisen taso tahtituotannossa, vaan malli pyrkii toimimaan välietappina, jolla muutetaan organisaation kulttuuria ottamaan jatkuva parantaminen omakseen ja joka palvelee varsinkin valmistusprosessin ymmärryksen syventäjänä.

Tutkija uskoo, että tämän tutkimuksen tietoperusta, analysoitu aineisto ja tulokset palvelivat kehitystyötä kiitettävällä tavalla. Prosessi oli pitkä, mutta tämän ansiosta tutkimuksella oli tarpeeksi aikaa kypsyä. Tutkijan ammattitaito käsiteltävän asian tiimoilta on kasvanut eksponentiaalisesti ja tämän myötä vastuut kohdeyrityksessäkin ovat kasvaneet.

Antti Piirainen siteerasi W. E. Demingiä vieraillessaan työmaalla, että ensin pitää tehdä fundamentaalinen muutos ajatteluun, sitten systeemiin ja vasta sitten työkaluihin. Tämä tutkimus pyrkii toimimaan fundamentaalisen muutoksen aloittajana. Jatkotutkimuskohteita ovat näin ollen systeemi ja sen muutos, eli esimerkiksi valmistusprosessin kartoittaminen tai laadunhallinnan laajentaminen vaihtelunhallintaan. Lisäksi fundamentaaliseen muutokseen liittyen kehitystyötä tulee tehdä ehdotetun mallin jalkauttamiseksi ja validoimiseksi. Tähän liittyen toinen luonnollinen kehityskohde on kehittää sisätehtaan päivittäisjohtamisen mallia. Aihepiiri soveltuu esimerkiksi väitöskirjan tekemiseen.

Tutkimus on herättänyt kiinnostusta yrityksen sisällä ja kilpailevissa yrityksissäkin, joten tutkimuksella on aito mahdollisuus vaikuttaa laajasti työelämän asenteisiin. Malli on myös niin yksinkertainen, että se on helposti otettavissa toisissakin yrityksissä käyttöön. Malli ei ole myöskään sidottu hankintalogiikkaan, vaan sitä voidaan soveltaa alihankittuun urakkatyöhön yhtä lailla kuin tuntipohjaiseen tahtituotantoonkin.

LÄHTEET

Aaltio-Marjosola, Iiris 1999. Case-tutkimus metodisena lähestymistapana. Haettu 13.12.2023. <https://metodix.fi/2014/05/19/aaltio-marjosola-casetutkimus/>.

Arditi, David & Gunaydin, Murat 1997. Total quality management in the construction process. *International Journal of Project Management* 15 (4), 235–243. Hakupäivä 15.5.2023. https://www.researchgate.net/publication/222471034_Total_quality_management_in_the_construction_process.

Deming, William 1986. *Out of the crisis*. Uudistettu laitos. Cambridge, MA: The MIT Press.

Dlouhy, Janosch, Binninger, Marco, Oprach, Svenja, & Haghsheno, Shervin 2016. Three-level method of takt planning and takt control – a new approach for designing production system in construction. *Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 13–22. Hakupäivä 9.5.2023. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-4036815b-845d-44e6-81eb-a2fc0bf3d0ca.pdf>.

Dlouhy, Janosch, Binninger, Marco, Oprach, Svenja & Haghsheno, Shervin 2018. Mastering complexity in takt planning and takt control - using the three level model to increase efficiency and performance in construction projects. *Proceedings of the 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, 1365–1374. Hakupäivä 27.3.2023. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-406f6c93-3f67-4799-87dd-9b2540f36f90.pdf>.

Eerola, Kukka 2022. Fira-konserni jakautuu kahdeksi konserniksi. Firan verkkosivut 31.3.2022. Hakupäivä 25.5.2023. <https://fira.fi/uutiset/fira-konserni-jakautuu-kahdeksi-konserniksi/>.

Fira. Ratkaisuja rakentamisen ja asumisen muutokseen. Hakupäivä 25.5.2023. <https://fira.fi/meista/>.

Forssell, Jesse 2021. Tahtituotannon virtauksen mittaus asuntorakentamisen sisävalmistusvaiheessa. Tampereen yliopisto. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Diplomityö. Haettu 20.1.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202105124882>.

Frandsen, Adam, Berghede, Klas & Tommelein, Iris 2013. Takt time planning for construction of exterior cladding. Proceedings of the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 527–536. Hakupäivä 12.5.2023. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-3465d25c-5283-47dd-9d3b-106ed6416d70.pdf>

Frandsen, Adam, Berghede, Klas & Tommelein, Iris 2014. Takt-time planning and the Last Planner. Proceedings of the 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 571–580. Hakupäivä 12.5.2023. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-ca8299d4-9d13-47ba-9e60-b59c247d37e6.pdf>.

Frandsen, Adam & Tommelein, Iris 2016. Takt time planning of interiors on a Pre-Cast hospital project. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 143–152. Hakupäivä 12.5.2023. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-2b78d99a-8778-40f3-b380-7fb8cf653314.pdf>.

Haapasalo, Harri & Puro-Aho, Annika 2015. Laadunvarmistus ja laaduntuottokyvyn kehittäminen projektitoiminnan toimitusketjussa. Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta, tuotantotalous.

Haghsheno, Shervin, Binninger, Marco, Dlouhy, Janosch & Sterlike, Simon 2016. History and theoretical foundations of takt planning and takt control. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 53–62. Hakupäivä 12.5.2023. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-6aa12588-08a1-4f6b-8f82-4f51a463df98.pdf>.

Haugen, Celine, Lædre, Ola, Aslesen, Sigmund 2020. Takt performance indicators. Proceedings of the 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 457–468. Hakupäivä 2.5.2023. <https://doi.org/10.24928/2020/0135>.

Heinonen, Alekski & Seppänen, Olli 2016. Takt time planning in cruise ship cabin refurbishment: Lessons for lean construction. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 23–32. Hakupäivä 13.5.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201610134983>.

Hirsjärvi, Sirkka, Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula 1997. Tutki ja kirjoita. 22. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hokkanen, Simo & Strömberg, Oiva 2006. Laatuun johtaminen. 1. painos. Jyväskylä: Sho Business Development Oy.

Junnonen, Juha-Matti & Kankainen, Jouko 2001. Laatuajattelu ja rakennustyömaan laatutoiminnot. 1. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy.

Junnonen, Juha-Matti 2022. Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta. 2. painos. Rakennustieto Oy.

Kajander, Jami 2021. Prosessien virtauksen mittaaminen tahtituotannossa. Aalto-yliopisto. Building Technology. Diplomityö. Haettu 20.12.2022. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-2021121910953>.

Kauppalehti yritys- ja taloustiedot. Fira Group Oy. Hakupäivä 25.5.2023. <https://www.kauppalehti.fi/yritykset/yritys/fira+group+oy/17734043>.

Liker, Jeffrey 2004. The Toyota Way. 1. painos. Madison, WI: CWL Publishing Enterprises Inc.

Modig, Niklas & Åhlström, Pär 2013. Tätä on lean. 3. painos. Halmstad: Rheologica Publishing.

Mustonen, Iina 2018. Implementation of Lean Construction Tools and Their Contribution to Site Management Process. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. Diplomityö. Haettu 19.12.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:ty-201810242446>.

Mölsä, Seppo 2019. Mistä puhumme, kun puhumme tahtituotannosta? Rakennuslehti 30.12.2019. Hakupäivä 31.3.2023. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/12/mista-puhumme-kun-puhumme-tahti-tuotannosta/>.

Piirainen, Antti 2014. Vaihtelu. 1. painos, Lahti: Quality Knowhow Karjalainen Oy.

Puusa, Anu & Juuti, Pauli 2020. Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. 1. painos. Helsinki: Gaudeamus. Hakupäivä 13.12.2023. Ellibs. Vaatii käyttöoikeuden.

Sacks, Rafael, Korb, Samuel & Barak, Ronen 2018. *Buildin Lean, Building BIM. Improving Construction the Tidhar Way*. 1. painos. Lontoo ja New York: Routledge.

Suutarinen, Lauri 2023. *Rakennusliikkeen organisoitumis- ja johtamismalli tuotannon jatkuvan virtauksen näkökulmasta*. Oulun ammattikorkeakoulu. Lean-johtaminen, YAMK. Opinnäytetyö. Hattu 19.12.2023. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202303163722>.

Xiao, Hong & Proverbs, David 2002. The performance of contractors in Japan, the UK and the USA: An evaluation of construction quality. *International Journal of Quality & Reliability Management* 19 (6), 672–687. Hakupäivä 18.5.2023. <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/0265-671X/vol/19/iss/6>. Vaatii käyttöoikeuden.

Yassine, Tarek, Bacha, Mohammad, Fayek, Farah & Hamzeh, Farook 2014. Implementing takt-time planning in construction to improve work flow. *Proceedings, 22nd annual conference of the International Group for Lean Construction*, 787–798. Hakupäivä 12.5.2023. <https://iglcstorage.blob.core.windows.net/papers/attachment-bb70dc89-0329-4e6c-9ba5-72a1c999d9f2.pdf>

