



Joel Niemelä

# Tahtituotannon laadunvarmistus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

28.4.2024

# Tiivistelmä

Tekijä: Joel Niemelä  
Otsikko: Tahtituotannon laadunvarmistus  
Sivumäärä: 60 sivua + 4 liitettä  
Aika: 28.4.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka  
Ammatillinen pääaine: Rakennesuunnittelu  
Ohjaajat: Lehtori, Kimmo Sani  
Laatuinsinööri, Eero Puustinen

---

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tutkia ja kehittää laadunvarmistusta tahtituotannossa. Työn tavoitteena oli tutkia toimeksiantaja Haahtela-rakennuttaminen Oy:n nykyistä laadunvarmistuksen menetelmää ja kehittää sitä yhteensopivaksi tahtituotantoon, jossa työvaiheiden läpivientiaika on nopeampi. Nopea ja virtaustehokas tuotanto tekee laatutarkastusten välisestä ajasta tiheämpää ja siten laadunvarmistusta tutkittiin lopputuotteen, tuotannon, sopimusten, suunnitelmien ja lain näkökulmasta. Työssä kehitetyllä tahtituotannon laadunvarmistuksenmatriisilla saadaan laatutarkastusten suunnittelusta, toteutuksesta, seurannasta ja dokumentoinnista virtaustehokkaampi prosessi.

Työn tarkoituksena ei ollut kehittää täysin uutta laadunvarmistuksen työkalua. Työssä yhteensovitettiin aikaisempaa laadunvarmistuksen työkalua ja sen ohjelmistopohjaa tahtituotannon tuotantomalliin tahtiaikataulun perusteella. Kehityksessä käytettiin myös haastatteluissa esiin tulleita kehitysehdotuksia.

Insinööriyön tutkimus perustui tahtituotannon ja lean-filosofian periaatteisiin sekä aiheeseen liittyviin urakkasopimuksiin, suunnitelmiin ja lakiin. Kirjallisen tutkimuksen lisäksi työssä haastateltiin toimeksiantajan työntekijöitä, joilla oli kokemusta tahtituotannolla rakentamisesta. Haastateltavina työssä oli valvojia, työmaainsinööri, vastavia työnjohtajia ja työpäälliköitä.

Työn tuloksena kehitettyä tahtituotannon laadunvarmistusmatriisia päästiin koekäyttämään alkavassa sisävaiheen tahtituotannossa. Kyseisellä hankkeella tahtituotannon laadunvarmistusmatriisi otettiin käyttöön koko sisävaiheen tahtituotannon ajaksi. Tarkoitus on jatkuvan parantamisen omaisesti kehittää laadunvarmistuksen työkalua myös tulevilla tahtituotanto hankkeilla saadun palautteen ja koekäytön myötä.

Avainsanat: tahtituotanto, laatu, laadunvarmistus, Lean

---

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

## Abstract

Author: Joel Niemelä  
Title: Quality Assurance of Takt Production  
Number of Pages: 60 pages + 4 appendices  
Date: 28 April 2024

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Professional Major: Structural Engineering  
Supervisors: Senior Lecturer, Kimmo Sani  
Quality Engineer, Eero Puustinen

---

The goal of this engineering thesis was to investigate and develop quality assurance in takt production. The aim of the thesis was to study the current quality assurance method of the company that commissioned the thesis, Haahtela-rakennuttaminen Oy. The purpose was to develop their quality assurance to be compatible with takt production. In takt production the lead time of the work stages is faster. Fast and flow efficient production makes the time between quality inspections more frequent and thus quality assurance was studied from the perspective of the end product, production, contracts, plans and the law. The takt production quality assurance matrix developed in this thesis provides a more flow-efficient process for planning, implementing, monitoring and documenting the quality assurance process.

The aim of the thesis was not to develop a completely new quality assurance tool but to adapt an existing quality assurance tool and its software base to the production model of the production of the takt production on the basis of takt timetable. The development also took into account suggestions for improvement that emerged from the interviews.

The empirical part of the thesis was based on the principles of takt production and lean philosophy, as well as on relevant contracts, construction plans and law. In addition to the literary review, the thesis involved interviews with the employees of the client, having experience of takt production in construction sites. The interviewees included supervisors, site engineer, head foremen and site managers.

The quality assurance matrix developed as a result of this study was tested in an ongoing in-phase takt production construction site. In this particular project, the quality assurance matrix was implemented for the entire duration of the in-phase takt production. The intention is to continue to improve the quality assurance tool in future construction projects that use takt production, based on the feedback and trial use.

Keywords: takt production, quality, quality assurance, Lean

# Sisällysluettelo

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta ja tavoitteet	1
1.2	Työn toimeksiantaja	2
1.3	Tutkimusmenetelmät ja rajaukset	2
2	Tahtituotanto	4
2.1	Tahtituotannon historia	4
2.2	Tahtituotannon kehitys	5
2.3	Rakentamisen tuotannon kehitys	8
2.4	Tahtituotannon muodostavat kokonaisuudet	11
2.5	Tahtiaikataulun vaikutus lopputulokseen	16
3	Tahtituotannon ohjaaminen	18
3.1	Työn ohjaaminen onnistumisen edellytyksenä	18
3.2	Taitorakentaminen onnistumisen edellytyksenä	19
4	Laatu ja laadunvarmistus	22
4.1	Laadun standardit ja sertifikaatit	23
4.2	Tehtäväsuunnittelu ja urakkasopimukset osana laadunvarmistusta	28
4.3	Laatutarkastukset ja laadun valvonta	32
5	Haastattelut ja työmaavierailu	36
5.1	Haastattelut	36
5.2	Työmaavierailu	39
6	Laadunvarmistusmatriisi	41
6.1	Tarkastusten määrittäminen laadunvarmistusmatriisiin	41
6.2	Tahtituotannon laadunvarmistusmatriisi	43
6.2.1	Mestan vastaanottotarkastus	47
6.2.2	Mallityö	48
6.2.3	Osakohteen tarkastus	50
6.2.4	Itselleluovutus tarkastus	51

7	Johtopäätökset	52
8	Yhteenveto	55
	Lähteet	57
	Liitteet	1
	Liitteet 1-4: Sisävaiheen tahtituotannon laadunvarmistusmatriisi	

## Käsitteet

Lean: Filosofian käytännöistä ja periaatteista koostuva ajattelutapa, jolla pyritään parantamaan organisaation tehokkuutta ja työn laatua.

Mesta: Työalue, jolla työtä suoritetaan.

Resurssi: Työsuoritukseen tarvittava panos tai tuotannontekijä. Rakennushankkeen resursseja ovat esimerkiksi työvoima, materiaalit ja kalusto.

Juurianalyysi: Juurianalyysi on prosessi, jonka avulla voidaan kartoittaa syyt, jotka johtivat tai voivat johtaa tiettyyn tapahtumaketjuun. Näin voidaan ennaltaehkäistä epätoivottuja lopputuloksia.

PDCA-kehityssykli: Laadunjärjestelmää ohjaava periaate, joka pohjautuu jatkuvaan parantamiseen (plan - Suunnittele, Do- Toteuta, Check - Arvioi ja Act – kehitä). PDCA-sykli tunnetaan myös nimellä Demingin sykli.

YSE 1998: Rakennusalan yleiset sopimusehdot

MRL: Tietokannan hallintajärjestelmä. Ohjelmisto tiedon tehokkaan hakemisen, säilyttämisen ja päivittämisen toteuttamiseksi.

RYL: Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset

Laadunvarmistusmatriisi: Laadunvarmistuksen ja hallinnan sähköinen työkalu.

# 1 Johdanto

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Tahtituotannossa hankkeen läpimenoaika on tavanomaista nopeampi, jolloin työsuoritusten laadunvarmistus vaatii tehokasta tarkastustoimintaa. Tahtituotannon laadunvarmistuksessa korostuu siten lopullisen laadun tarkastelun lisäksi itse tarkastusprosessin tehokkuus ja tuotannon laadunvarmistus. Virtaustehokkuuden ja tuottavuuden nostaminen tahtituotannossa vaatii siten tehokasta laadunvarmistuksen työkalua. Tällä hetkellä työmailla laadunvarmistus painottuu lopputuotteen eli teknisen ja visuaalisen laadun toteutuksen näkökulmasta. Siten itse tarkastusprosessin ja tuotannon laadun tehokkuuden nostamisessa on parantamisen varaa.

Laadunvalvonnan tarkastusten tekemiseen on käytetty aikaisemmin paperitarkastuksia, mutta nykyisemmin tarkastukset toteutetaan digitaalisilla työkaluilla. Yksi käytetyimmistä digitaalisista laadunvarmistuksen työkaluista on Congrid, joka mahdollistaa laadunvarmistuksen sähköisessä muodossa. Congridissa laadunvarmistamiseen käytetään usein laadunvarmistusmatriisia. Nykyiset laadunvarmistusmatriisit eivät ole kuitenkaan sovitettu intensiiviseen ja virtaustehokkaaseen tahtituotannon tuotantomalliin.

Opinnäytetyössä tutkitaan mitä laatu ja tahtituotanto ovat ja kuinka laadunvarmistus näiden kohdalla tapahtuu. Laatua ja laadunvarmistusta työssä käsitellään lain, suunnitelmien, sopimusten, tuotannon ja lopputuotteen näkökulmasta. Työn tarkoituksena oli tutkia ja kehittää tahtituotantoon soveltuva laadunvarmistusmatriisia.

Tavoitteena ei ollut toteuttaa täysin uutta laadunvarmistuksen työkalua, vaan kehittää olemassa olevaa laadunvarmistuksen työkalua tahtituotantoon soveltuvaaksi. Työn tutkimuksen tuloksena kehitetty tahtituotannon laadunvarmistusmatriisi on työkalu tarkastusten suunnitteluun, tekoon ja seurantaan. Työstä

syntyvän tahtituotannon laadunvarmistuksen työkalu tulee käyttöön uudiskohteen sisävaiheen tahtituotannon työmaavalvojille.

## 1.2 Työn toimeksiantaja

Tämän insinöörityön toimeksiantajana toimi Haahtela-rakennuttaminen Oy. Haahtela-rakennuttaminen Oy on osa Haahtela-yhtiöt Oy:tä, joka koostuu tämän lisäksi konsernin emoyhtiöstä Haahtela Oy:stä ja Haahtela-kehitys Oy:stä. Haahtela-rakennuttaminen Oy on vuonna 1986 perustettu rakennusalan yritys, joka toimii pääsääntöisesti Uudellamaalla. [1.]

Haahtela toteuttaa hankkeita projektinjohtourakka toteutusmuodon mukaisesti Haahtela-mallilla. Haahtela tunnetaan kyvystä hallita aikaa, toimivuutta, laatua ja kustannuksia. Haahtela on johtanut Haahtela-mallilla 25 vuoden aikana yli 200 projektia, joiden yhteisarvo ylittää 4 miljardia euroa. Yhtiön liikevaihto oli 25,0 miljoonaa euroa ja työntekijöiden määrä 170 vuonna 2023. [1.]

## 1.3 Tutkimusmenetelmät ja rajaukset

Opinnäytetyö käsittelee laatua ja sen varmistusta tahtituotannossa projektinjohtourakan toteutusmuodossa. Tutkimusmenetelminä opinnäytetyössä ovat kirjallisuustutkimus, haastattelut, työmaavierailu, Haahtela-rakennuttaminen Oy:n omat ohjeistukset ja materiaalit. Laatua ja sen varmistamista on käsitelty lopputuotteen- ja tuotannon laadun kannalta ja kuinka nämä asiat yhdistyvät lean-filosofiassa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tahtituotannon parissa työskennelleiltä valvojilta, työmaainsinööreiltä, vastaavilta työnjohtajilta ja työpäälliköiltä, kuinka laadunvarmistus nykyisin toimii ja kuinka sitä tulisi kehittää. Laadunvarmistusta työssä tutkittiin haastatteluiden ja sovelluksen käytön välityksellä.

Opinnäytetyö on rajattu koskemaan sisävalmistusvaiheiden tahtituotantoa ja laadunvarmistusta projektinjohtourakan toteutusmuodossa. Opinnäytetyössä ei



käsitellä sisävaiheen kosteudenhallintaan liittyvää laadunvarmistusta, joka toteutetaan eri alustalla. Opinnäytetyössä käsitellään päätoteuttajan työmaatoteutuksessa olevaa laatutarkastusten suunnittelua ja toteuttamista tehokkaammin laadunvarmistus matriisin avulla. Laadunvarmistuksen tarkastuksista muodostuvaa matriisia koekäytetään meneillään olevassa uudishankkeessa Koy Espoon Erican sisävaiheen tahdin laadunvarmistuksessa.

## 2 Tahtituotanto

Tahtituotanto on tuotannonohjauksen menetelmä, jonka keskiössä on tuotannon tehostaminen nopealla läpimenoajalla ja tuottavuudella. Tahtituotannossa minimoidaan hukkaa ja tuottamatonta toimintaa Lean-pohjaisella ajattelumallilla. Töitä tehdään viereisillä tahtialueilla pyrkien minimoimaan tyhjiä ja tuottamattomia tahtialueita. Työt etenevät siis liukuhihnatuotannon tapaisesti luoden hyvän virtauksen ja imun. Näin ollen voidaan saavuttaa korkeampi tuottavuus. [2., 18]

Tuotantomenetelmän keskiössä on eräkoon pienentäminen, tahtiaika, tahtivau-  
nut ja tahtialueet, joilla työtä suoritetaan tahtiajan mukaisesti. Tahtialueet muo-  
dostuvat tiloista tai pilkotuista tiloista ja lohkoista. Tahtialueiden sijainti ja niiden  
seuranta mahdollistaa eri työvaiheiden ennakoitavan, tasaisen ja virtaustehok-  
kaan tuottavuuden. [2., 18]

Tarkasti suunnitellussa tahtituotannossa hankkeen aikataulun ja mahdollisten  
ongelmien ennustettavuus paranee merkittävästi virtaustehokkuuden ansiosta.  
Siten saavutetaan systemaattinen rytmi työhön, jolla on suora vaikutus hank-  
keen laadunvarmistukseen ja kustannuksiin. [2.]

### 2.1 Tahtituotannon historia

Tahtituotannon historia juontaa juurensa liukuhihnatuotantoon, jonka Ford Mo-  
tor Company otti käyttöön heidän autotehtaallansa. Vuonna 1908 Ford tuotti en-  
simmäisen auto mallinsa Model T:n, joka maksoi 850 \$. Autojen suosio ja ky-  
syntä oli heti kovassa kasvussa ja huomattiin, että kysyntä ja tarjonta eivät koh-  
taa sen hetkisillä valmistustavoilla. Tämän seurauksena syntyi liukuhihnatuo-  
tanto, jossa työvaiheet pilkottiin pienempiin osa-alueisiin (kuva 1). Kuvassa

ilmenee tahtituotannon periaate tehdä tahtialueittain ja -vaunuittain työvaiheita. [3., 4.]



Kuva 1. Ford Model T kokoonpano liukuhihnalla Highland Parkin tehdas 1915. [4.]

Tasaisesti ja tehokkaasti kulkeva liukuhihnatuotanto oli tahtituotannon pohjan synty. Sen seurauksena tuotannon kannattavuus kasvoi, kun hukkaa pystyttiin minimoimaan ja materiaalin virtausta puolestaan kasvattamaan. Pian autoja pystyttiin valmistamaan entistä kovemalla tahdilla ja kustannustehokkaammin. Vuonna 1915 Ford Model T maksoi 290 \$. Hinta oli siten 65,9 % edullisempi tehokkaamman liukuhihnatuotannon ansiosta. Inflaatiota ei ole huomioitu vuosien 1908–1915 väliltä, joka on keskiarvolta noin 1,14 %. [3., 5.]

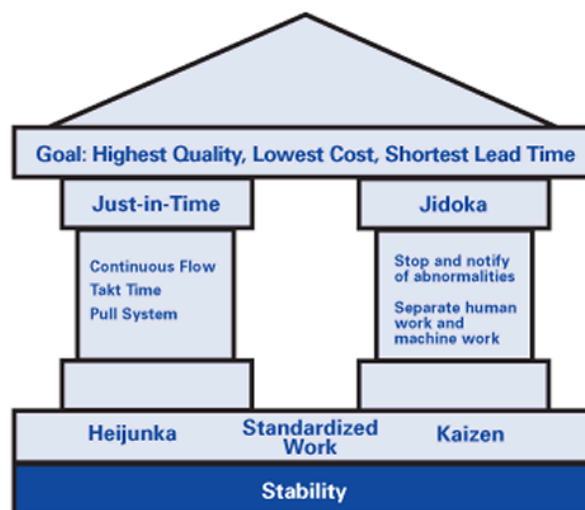
## 2.2 Tahtituotannon kehitys

Toyota on kehittänyt useita erilaisia menetelmiä ja työkaluja tehostaakseen heidän tuotantoansa yrityksen historian aikana. Vaikutteet heidän lean pohjaisesta tuotannonohjauksesta ja strategiasta näkyy nykypäivänä usealla eri tuotannon

sektorilla ja globaalilla tasolla. Tämän vuoksi Toyotaa pidetään merkittävänä pioneerina tuotannonohjauksen ja strategian kehityksessä. [6.]

Toisen maailmasodan jälkeisessä Japanissa Toyota Motors alkoi kehittämään omaa mallia tehostukseen heidän tuotantomalliansa. Vuonna 1948–1975 Eiji Toyoda ja Taiichi Ohno yhdessä Toyotan insinöörien kanssa ottivat vaikutteita Fordin liukuhihnatuotannosta kehittäessään ratkaisuja tuotannon hukan minimoimisessa ja laadun parantamisessa. Lopputuloksena syntyi Toyota Production System (TPS) tuotannonohjausjärjestelmä. [8.]

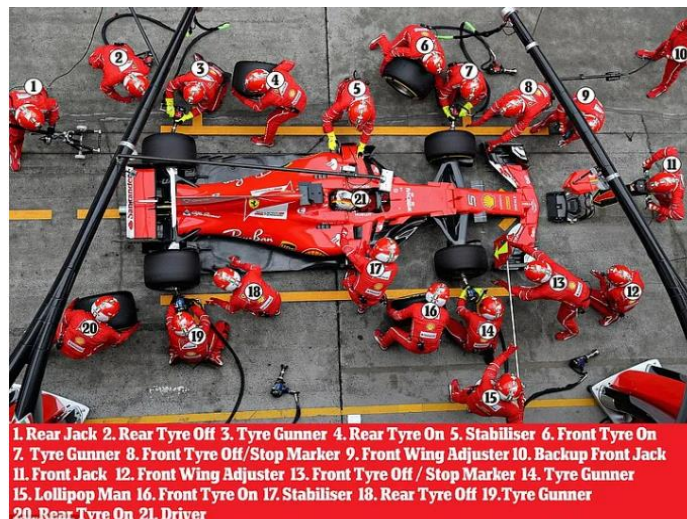
Toyota TPS tunnetaan tehokkuudesta, laadusta, nopeasta läpivientiajasta ja jatkuvasta parantamisesta. TPS tuotantojärjestelmää pidetään yleisesti Lean filosofian pohjana sen tehokkuuden ansiosta. TPS järjestelmän tarkoituksena on saavuttaa tehokkuutta eliminoimalla hukka. Hukan minimointia ja laatua tuotantojärjestelmässä toteutetaan eri käytäntöjen avulla. Käytäntöjä, joilla tuottavuutta saadaan järjestelmässä ovat muun muassa JIT, Jidoka, Kaizen, Heijunka, Poka-Yoke, Andon, Kanban ja Genchi Genbutsu. Käsitteistä ja menetelmistä on tehty taloa muistuttava prosessikaavio, jolla saavutetaan korkein laatu, alin hinta ja nopein läpivientiaika. (Kuva 2). [8.]



Toyota Production System "House."

Kuva 2. Toyotan TPS prosessikaavio. [6.]

Toyotan merkittäviä käytäntöjä TPS-järjestelmässä ovat esimerkiksi just-in-time (JIT) tuotannonohjaus strategia ja Single Minute Exchange of Dies (SMED). JIT-strategian avulla hukkaa pystytään minimoida, kun materiaalia ja valmista tuotetta lähetetään ja valmistetaan vain suoraan tarpeeseen. Täten materiaalien virtaus paranee, eikä ylimääräiseen varastointiin mene resursseja eikä siten synny ylimääräisiä kustannuksia ja tuottamattomuutta. Nämä ja monet muut tuotantojärjestelmän käytännöt Toyotalta ovatkin vakiintuneet Lean filosofiassa ja tahtituotannossa toimintatavoiksi globaalilla tasolla. Toimintatapojen termit ovat myös säilyneet pitkälti japaninkielisinä. Esimerkiksi Suomalainen Lean Thinkin Oy on laatinut Lean sanastosta kirjan, jossa on paljon japaninkielisiä termejä sekä lyhenteitä. [9.]



Kuva 3. Tuotannonohjauksen ja sitä kautta tehostettujen työmenetelmien myötä varikkopysähdys on pystytty parhaimmillaan suorittamaan jopa 1,80 sekuntiin. [10., 11., 12.]

SMED on Shigeo Shingon kehittämä metodi Toyotalta, jossa tuotantolinjojen vaiheikaa pyritään minimoimaan. Menetelmän tarkoituksena on jatkuvan parantamisen mukaan tehostaa tuote erien Vaihtoprosessiin kuluva aika. Kuvassa 3 ilmenee SMED menetelmän, jatkuvan parantamisen ja tahtituotannon piirteitä työryhmien ja alueiden kautta. SMED-, JIT- ja monia muita lean-filosofian menetelmiä hyödynnetään tuotannon lisäksi myös urheilussa, kuten kuvassa 3 tulee

ilmi. Esimerkiksi 1950-luvulla F1 varikkopysähdys kesti noin 67 sekuntia. 1970-luvun alussa varikkopysähdys kesti noin 27 sekuntia ja nykypäivänä varikkopysähdykset kestävät enää noin 2–2,5 sekuntia. Nykyaikaisten varikkopysähdysten aikaa on 1950-luvun varikkopysähdyksistä siis tehostettua ajallisesti noin. 94 %. Tämä huima tehokkuus on osoitus lean-filosofian toimivuudesta. [13.]

### 2.3 Rakentamisen tuotannon kehitys

Tahtituotantoa on hyödynnetty jo 1930-luvulla Empire State Buildingin rakentamisessa. Suomalaisessa rakentamisessa tahtituotanto on kuitenkin verrattain tuore tuotannon ojauksen menetelmä. Rakennuslehden vuonna 2019 julkaisemassa artikkelissa käsitellään tahtituotannon kokemuksia joustavuudesta ja laadun paranemisesta. Artikkelissa haastateltu tahtituotannon konsultti Aleks Heino toteaaakin, että yhdenkään rakennusliikkeen osalta ei voi vielä sanoa, että se käyttäisi tahtituotantoa. Kohteet ovat olleet toistaiseksi vain pilottikohteita, joissa tahtituotantoon on perehtynyt noin. 25 vastaavaa mestaria Heinosen mukaan. Tahtituotannon kokemattomuudesta huolimatta parhaissa kohteissa sisävalmistustöiden läpimenoaikaa on pystytty lyhentämään 30–50 prosenttia. [14., 15.]

Tahtituotantoa onkin haastavaa hyödyntää rakentamisessa, sillä rakennukset ovat harvoin samankaltaisia. Rakennusten pohjapiirroksot, tilat ovatkin usein hyvin erilaisia mitoiltaan ja käyttötarkoitukseltaan. Tämä luo haasteita tilojen tahtialueiden laatimiseen sekä työpakettien rytmittämiseen. Lisäksi kohteet ovat tehdastuotantoon verrattuna lyhyitä ja urakoitsijat sekä työntekijät vaihtuvat useasti. Siten yhteisen rytmin ja tavan toteuttaminen vaatii todella paljon suunnittelua ja opastusta. [2., 14.]

Tahtituotannon toteutuminen vaatiikin siis jatkuvaa parantamista ja toimintatapojen standardoimista toimijoiden välille. Standardoinnilla tässä tapauksessa tarkoitetaan vakiinnuttamista toimintamallissa ohjeiden, työpisteiden suhteen. Näin saadaan aikaiseksi urakoitsijoiden ja heidän työntekijöiden välille harmoniaa. Toteutumisen suhteen voidaankin käyttää 5S menetelmää.

- 5S menetelmän kohdat. [16, s.9.]
- Erottele (Seiri)
- Yksinkertaista (Seiton)
- Puhdista (Seiso)
- Systematisoi (Seiketsu)
- Standardoi (Shitsuke)

Tuotantomuotojen parantamisessa ja kehityksessä hyvänä esimerkkinä toimii elementtirakentaminen, joka on nykyään yleinen tapa toteuttaa kohteissa runko-vaihe. Elementtitekniikalla rakentamista tutkittiin maailmalla jo ennen toista maailmansotaa. Sodasta aiheutuneet suuret menetykset infrastruktuurissa ja rakennuksissa vaativat tehokasta ja taloudellista tapaa rakentaa. Ratkaisuksi näihin haasteisiin löytyi elementtirakentaminen. Elementtirakentamisella läpimeno-aikaa ja virtaustehokkuutta onnistuttiin parantamaan huomattavasti 1970-luvun taitteessa Suomessa. Vuosina 1968–1970 kehitettiin asuinrakentamista varten avoin BES-järjestelmä, joka perustui kantaviin pääty- ja väliseiniin, ei-kantaviin sandwich-, ulkoseiniin ja välipohjana käytettäviin pitkälaattoihin. BES-järjestelmässä standardoitiin betonielementit ja niiden liitosdetaljit siten, että urakoitsijat pystyivät hankkimaan elementtiosia useilta eri elementtitehtailta. [17.]

Standardoitu runkojärjestelmä mahdollisti 1970-luvun ennätysmäisen asuntotuotannon. Järjestelmä antoi myös hyvät mahdollisuudet asuntojen eri pohjaratkaisuille. Tosin aikakauden tiukka kustannusohjaus ja kokemattomuus betonin lämpökäsittelyssä sekä raudoituksen ruostumisessa näkyy edelleen sen aikaisien kohteiden perusparannusten määrässä. [17.]

1970-luvun innovatiivinen malli tehdä elementtiasennusta valmisosista, jotka saapuvat erissä JIT tyylisesti on korvannut paikallavalurakentamista sen hitauden puolesta. Tästä huolimatta vastaavaan kaltaista sisävaiheiden suurta ja valitsevaa tuotantomuodon muutosta ei ole vielä tapahtunut. Sisävaiheen työt

koostuvatkin huomattavasti useammista eri osista ja työryhmistä verrattuna runkorakentamiseen. Sisävaiheen tahtituotanto vaatiikin alalla lisää tietoisuutta, jotta projekteissa ei lähdetä aina kokemuksen kannalta nolasta uusilla työryhmillä. Tietoisuutta tahtituotannosta voidaan parantaa tuottamalla kirjallisuutta yleiseen käyttöön. Esimerkiksi RIL on julkaissut teema oppaan, joka on saatavissa maksuttomasti (Kuva 4). Tavoitteena oppaalla onkin kiteyttää tahtituotanto helposti pureksittavaan muotoon, jossa lukijalle aukeaa ideologia, hyödyt eri osapuolille, toiminta mekanismit sekä käyttöönoton askeleet. [17., 18.]



Kuva 4. RIL:in julkaisema maksuton teema opas tahtituotannosta. [18.]

Jotta aina ei tarvitse lähteä liikkeelle nolasta, tarvitaan toimiva tuotannonohjauksen menetelmä ja standardoitu malli tälle. Tuotantomallin tapa täytyy olla selkeä työnjohdon lisäksi kentällä työskenteleville työntekijöille. Elementtirakentamisen läpilyönti runkorakentamisessa tapahtui standardoidun BES-järjestelmän ja sen seurauksena kehittyneillä toimitus suunnitelmien ja asennusaikataulujen avulla. Vastaavasti tahtituotannon toteuttaminen vaatii ymmärrystä ja yhteisiä toimintamalleja kaikkien osapuolten kesken. [2., 17.]



## 2.4 Tahtituotannon muodostavat kokonaisuudet

Kun hankkeelle on laadittu työaikataulu ja rakennussuunnitelmat, pystytään alueita lähteä jakamaan tahtialueisiin ja tahtivaunuihin. Eri urakat yhteensovitetaan ja siten syntyy virtaustehokas aikataulu. Kaikille urakoitsijoille laaditaan selkeä tehtävänanto mitä, missä ja milloin. Tämä onnistuu selkeiden tahti alueiden ja vaunujen avulla. Tahtiaikataulun suunnittelussa voidaan hyödyntää esimerkiksi Microsoft Excel-ohjelmaa tai TAKT.ing laatimaa tahtiaikataulujen rakentamiseen tarkoitettua sovellusta. [2., 19.]

Tahtituotannon suunnittelussa työvaiheiden kokonaisuudet ositellaan tahtivaunuiksi, jotka muodostavat tahtiajan. Tahtiaika on aika, joka pitäisi kulua vaunun sisällön tuottoon. Tahtiajasta käytetään yleisesti myös nimitystä takt, joka tarkoittaa saksaksi rytmiä tai kierrosta. Tahtiaikaa käytettiinkin tunnetusti ensimmäisen kerran Junkersin tehtaalla 1920-luvun jälkipuoliskolla tasaisen ja nopeamman läpivientiajan saavuttamiseksi. Tahtiaikaan ja työsuorituksiin kuluviin aikoihin päästään rakentamisen tahtituotannossa kiinni Ratu-työmenekkiä ja Ratu-työsaavutusten avulla (Kuva 5). Vaunujen työpakettien sisällössä täytyy kuitenkin ottaa huomioon kohdekohtaiset ja kohteen tilojen eroavaisuudet ja erityispiirteet. [2., 20.]

$$\begin{array}{l}
 \text{Työmenekki} = \frac{\text{Työntekijätuntia}}{\text{Suoritemäärä}} \\
 \text{[tth/yks]}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{Kokonais-} \\
 \text{työmenekki} = \text{Määrä} \times \text{Työmenekki} \\
 \text{[tth]} \quad \text{[yks]} \quad \text{[tth/yks]}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Työryhmän} \\
 \text{työmenekki} = \sum (\text{Työntekijöiden} \\
 \text{[tth/yks]} \quad \text{työmenekki})
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Työsaavutus} = \frac{1}{\text{Työmenekki}} \\
 \text{[yks/h]} \quad \text{[tth/yks]}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{Työn kesto} = \frac{\text{Kokonais-} \\
 \text{[h]} \quad \text{työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä}}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{Työryhmän} \\
 \text{työsaavutus} = \frac{\text{Työryhmä} \times 8 \text{ tth/tv}}{\text{Työmenekki}} \\
 \text{[yks/tv]} \quad \text{[tth/yks]}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{l}
 \text{Työn kesto} = \frac{\text{Kokonais-} \\
 \text{[tv]} \quad \text{työmenekki [tth]}}{\text{Työryhmä} \times 8 \text{ [h/tv]}}
 \end{array}$$

Kuva 5, Työsaavutusten ja -menekkiä lasketa kaavoja. [21, s.9.]

Esimerkiksi väliseinätyössä, jossa on puurunko k600, ensimmäisen puolen kipsilevytys, siivous ja suojaus työsaavutus yhdellä rakennusammattimiehellä on 18 m<sup>2</sup>/tv. Vastaavan kaltaisesti kuvan 5 kaavoja hyödyntämällä päästään käsiksi muidenkin työvaiheiden työsaavutuksiin ja -menekkeihin. Työsuoritusten saavutusten laskenta vaatii paljon tietoa, kokemusta, suunnittelua sekä keskustelua urakoitsijoiden kanssa. Vaikka työvaiheille löytyy laskettuja työsaavutuskaavoja, toimivat ne silti arvioina. Työsaavutus ei siis aina toteudu, sillä kohteissa on usein eriäviä tiloja sekä hankkeet itsessään saattavat olla hyvin erilaisia. Siten työmenekkien kautta laskettujen työmäärien ei kannata ylittää 70–80 % kapasiteettiä aikataulun suunnitteluvaiheessa. [21, s.36.]

Tahtiaikataulussa ennustettavuus sekä läpimenoaika paranee, kun päästään ongelmiin käsiksi mahdollisimman nopeasti. Tämän seuraaminen onnistuu hyvin tuotannon eräkokoja pienentämällä ja määrittämällä selkeät työvaiheiden etenemäsuunnat. Eräkokojen toteutumista ja etenemää tuleekin seurata päivittäisellä tasolla ja se vaatii paljon myös logistista suunnittelua. Eräkoolla tahtituotannon asiayhteydessä tarkoitetaan tehtävien pilkkomista pienempiin tahtivaunukokonaisuuksiin. [2., 18.]

**Esimerkki**

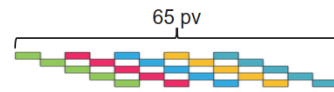
Asuntokohde, jossa 5 kerrosta, 5 asuntoa kerroksessa ja jokaisessa kerroksessa 5 työtehtävää.

$$\text{Läpimenoaika} = (\text{Tahtialueet} + \text{Vaunut} - 1) \times \text{Tahtiaika} + \text{Aikapuskurit}$$

**Perinteinen tuotanto**

- ✓ tahtialue 5 asuntoa
- ✓ tahtivaunussa 1 tehtävä
- ✓ tahtiaika 5 päivää
- ✓ 5 päivän puskuri työtehtävien välillä

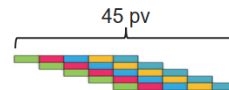
$$\text{Läpimenoaika} = (5 + 5 - 1) \times 5 + 20 = 65 \text{ päivää}$$

**Tahtituotanto suurella eräkoolla**

- ✓ tahtialue 5 asuntoa
- ✓ tahtivaunussa 1 tehtävä
- ✓ tahtiaika 5 päivää
- ✓ ei aikapuskuria tehtävien välillä

$$\text{Läpimenoaika} = (5 + 5 - 1) \times 5 + 0 = 45 \text{ päivää}$$

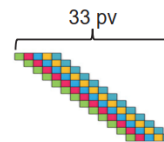
(-31% alkuperäisestä)

**Tahtituotanto keskisuurella eräkoolla**

- ✓ tahtialue 2,5 asuntoa
- ✓ tahtivaunussa 1 tehtävä
- ✓ tahtiaika 2 päivää
- ✓ ei aikapuskuria tehtävien välillä

$$\text{Läpimenoaika} = (12.5 + 5 - 1) \times 2 + 0 = 33 \text{ päivää}$$

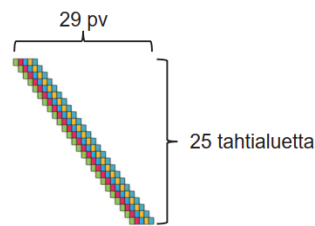
(-49% alkuperäisestä)

**Tahtituotanto pienellä eräkoolla**

- ✓ tahtialue 1 asunto
- ✓ tahtivaunussa 1 tehtävä
- ✓ tahtiaika 1 päivä
- ✓ ei aikapuskuria tehtävien välillä

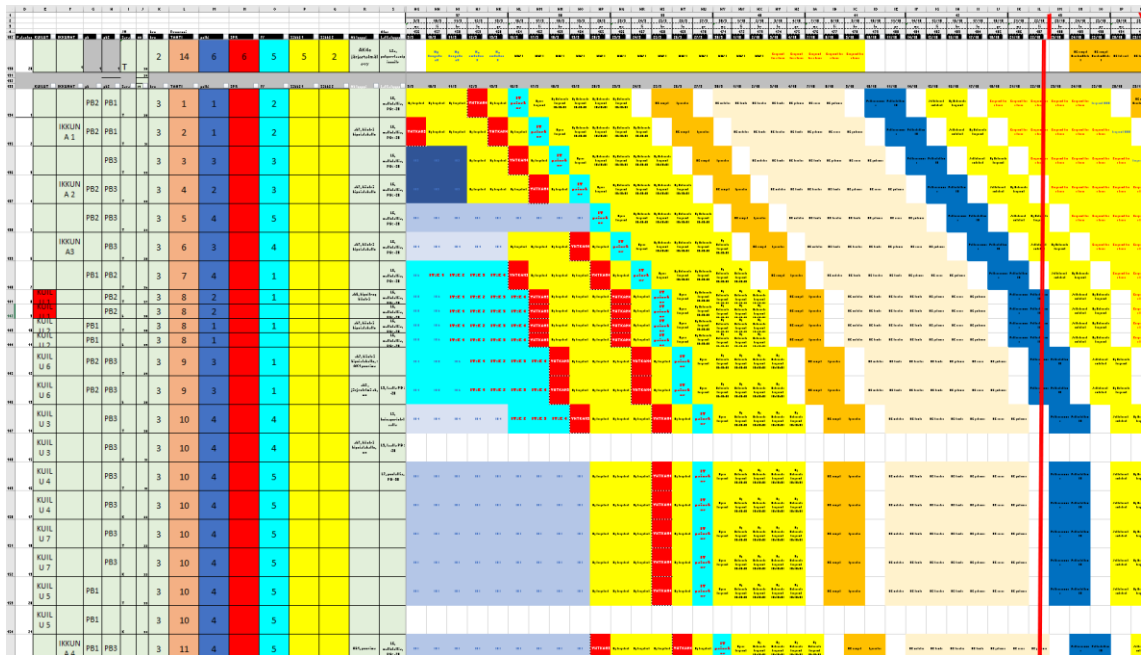
$$\text{Läpimenoaika} = (25 + 5 - 1) \times 1 + 0 = 29 \text{ päivää}$$

(-55% alkuperäisestä)



Kuva 6. Tahtituotannon Läpimenoajan laskentakaava ja esimerkkejä sen toteutumisesta erikokoisilla eräkoilla. [18, s.18.]

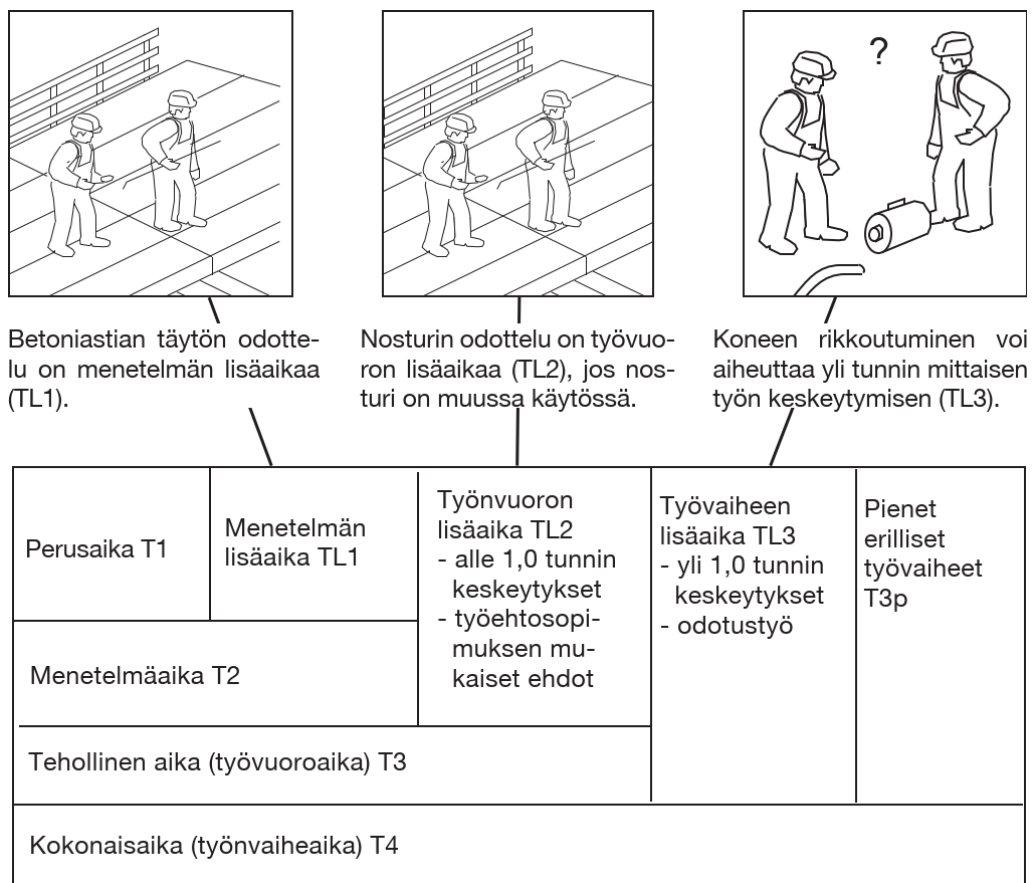
Tahtituotannossa tahtiaikaa voidaan viedä vaikka puolen tunnin tarkkuudelle. Tämän kaltainen tahtiaika voi olla erittäin toimiva tehdastuotannon kaltaisessa ympäristössä. Esimerkiksi töiden etenemäsuunnat ja tilat ovat vaihtelevia rakentamisessa ja siten tahtituotantoa on huomattavasti hankalampaa toteuttaa näin pienellä tahtiajalla muuttuvien olosuhteiden vuoksi. Suurella eräkoolla, kuten viiden päivän tahdilla aikataulun seuranta ja ennustettavuus taas kärsii herkemmin. Päivän tahtiajassa seurattavuus pysyy paremmin, kun voidaan todeta tahtivaunujen etenemää ja esteitä päivätasolla. Tämä kuitenkin vaatii enemmän suunnittelua ja paljon resurssia valvonnan puolelta. [2.]



Kuva 7. Ote Sisävaiheen tahtiaikataulusta. [22.]

Erinomaisesta suunnittelusta huolimatta myös tahtiaikataulu tarvitsee aikataulupuskuria. Mikäli tahtiaikataulussa ei ole suunniteltu häiriövaralle puskuria, voi yksittäinen työryhmä hidastaa useita työryhmiä. Tahdissa aikataulupuskuria luodaan tekemällä tyhjiä vaunuja työryhmien välille, kuten kuvassa 7 tulee ilmi. Tahdituotannossa on olennaista, että kaikki mahdolliset esteet ja niistä koituvat ongelmat havaitaan mahdollisimman ajoissa. Pienistä esteistä kasautuu herkästi poikkeamahavaintoja, joista seuraa kova kiire ja ns. tulipalojen sammuttelu. Tulipalojen sammuttelulla kuvataan tilannetta, jossa useiden vaunujen etenemä estyy tai hidastuu ja siihen haetaan nopeasti ratkaisuja. [2.]

Nopeat ratkaisut, jotka poikkeavat yhdessä laadituista suunnitelmista saattavat toimia ennalta arvaamattomina muuttujina. Tahdituotannon toteutuksessa täytyykin aina huomioida useiden työryhmien etenemää. Tämän vuoksi onkin oleellista kartoittaa mahdollisia haasteita suunnitteluvaiheessa ja keskustella urakoitsijoiden ja valvojen kesken urakoiden sisällön aikataulutuksesta. [2.]



Kuva 8. Työmenekkiä aikataulukäsitteitä. [21, s.8.]

Tahtituotannossa virtausta parantaessa on oleellista minimoida työmenekkitunteja, joiden avulla tuleviin työsuorituksiin kuluva aika voidaan laskea. Kuvassa 8 on esitetty eri työmenekkiin liittyviä aikoja, joita hyödynnetään aikataulusuunnittelussa. Tahtituotannossa tulisi työt pystyä toteuttamaan T2+ -ajalla. T2+ -ajalla tarkoitetaan ammattilaisen työryhmän työhön käyttämää aikaa, kun kaikki aloitus edellytykset ovat kunnossa. Häiriöttä etenevä työ luo työryhmien etenemiselle virtaustehokkuutta ja imua. Siten työstä saadaan mielekästä ja tuottavaa kaikille osapuolille. [21, s.8–10.]

Tahtituotannossa virtausta optimoidaan JIT periaatteella, joka pohjautuu Lean filosofiaan. JIT missä materiaalit saapuvat juuri kun niitä tarvitaan. Tällä metodilla pystytään minimoimaan turhaa tavaroiden siirtämistä ja tavaroista aiheutuvaa tilan puutetta. Materiaalien jatkuva siirtäminen vie paljon työtunteja sekä estää työn tekemistä. Työmaalla yhtä tavaraa siirretään keskimäärin kahdeksan kertaa.

JIT periaatteella saadaankin siis vähennettyä työmenekkitunteja ja saadaan lisättyä työn virtaustehokkuutta. [2., 23., 24]

Logistiikkaa varten täytyy luoda logistiikkasuunnitelma. Logistiikkasuunnitelman avulla materiaalivirtaa pystytään kartoittamaan ja hallinnoimaan tarkemmalla tasolla. Hankeen logistiikasta tulee laatia prosessikaavio, kuinka urakoitsijoiden tulee toimia materiaalien suhteen. Logistiikkasuunnitelma täytyy olla kaikista eri työvaiheista. Logistiikka urakoitsijalla tulee olla tiedossa urakoitsijan materiaalmäärät. Logistiikan prosessikaaviolla saavutetaan selkä ja yhteinen pelisääntö JIT tyyliin materiaalin tilaamiseen parantaen virtaustehokkuutta ja tuottavuutta. [2.]

Sisävaiheen tahtituotannossa usein hyödynnetäänkin välivarastoa. Välivarastolla voidaan taata, että tavarat saapuvat JIT periaatteella. Välivarasto myös mahdollistaa tiedon, mitä materiaalia on varastolla ja kuinka nopeasti sen pystyy toimitamaan. Tämä parantaa reagointia ja tehokkuutta toimituksissa. Lisäksi varasto mahdollistaa tiedon siitä, millaisissa erä kokonaisuuksissa urakoitsijat toimittavat materiaalia työmaan eri tahtialueille. [2.]

## 2.5 Tahtiaikataulun vaikutus lopputulokseen

Hyvällä aikataululla ja suunnitelmallisuudella on suora yhteys moniin asioihin. Kun aikataulu on realistinen ja kaikki työvaiheet ovat tiedossa, pystytään myös ennustamaan toteutumaa huomattavasti tarkemmin. Aikataululla on läpimeinoajan lisäksi myös vaikutus työntekijöiden kuormitukseen, työturvallisuuteen ja työn laatuun.

Virheet ja puutteet alkavat näkymään nopeasti, kun resurssit eivät täsmää aikataulua. Tahtiaikataulun seurannassa käytetään termiä poikkeamahavainto, joka on poikkeama suunniteltuun työaikaan. Poikkeamahavaintona saattaa olla esimerkiksi edellisen urakoitsijan tavarat ja jätteet työalueella, edellisen urakoitsijan tekemättä jäänyt työvaihe, suunnitelmien puutteellisuus tai olosuhdeongelma

työn jatkamiselle. Poikkeamat saattavat vaikuttaa päällisin puolin pieniltä, mutta niistä koituvat häiriöt ja ongelmat saattavat lähteä kasaantumaan ja aiheuttaa siten suuria haasteita. [2.]

Häiriöt vaikuttavat aina aikatauluun. Tämä luo sekä kiirettä ja painetta, joka vaikuttaa suoraan työsuorituksen laatuun sekä turvallisuuteen. Poikkeamahavainnoista koituvia syuseurauksia on usein hankalaa hahmottaa täysin ja siten kaikkiin poikkeamiin täytyy suhtautua ennakoivasti tahtivaunujen suunnitteluvaiheessa sekä niiden aloitus ja lopetus vaiheessa. Siksi jokaisen työryhmän tulee ymmärtää, milloin heidän ja muiden työt alkavat eri tahtialueilla ja milloin työsuoritusten tulee valmistua. Kun työsuoritus on valmis, tulee luovutetun työalueen myös olla siistitty seuraavan työsuorituksen aloittamista varten. [2.]

Rakentamisessa puutteellisesti suoritettu työ on erittäin kallista korjata. Työn ja materiaalien lisäksi työsuorituksessa menetetyn ajan vaikutus aikataulussa hidastaa luoden pullonkaulan muille eteneville töille huonontaan työn virtausta. Sitä pieninkin virheen korjaaminen voi osoittautua erittäin haitalliseksi, koko hankkeen kannalta. Tämän vuoksi onkin erittäin olennaista, että aikataulun seuranta ja laadun tarkastamista tehdään päivittäistasolla yhdessä urakoitsijoiden kanssa. [2.]

Tahtituotantoa on ollut teollisella puolella jo pidemmän aikaa. Tosin rakentamisessa tahtituotanto on verrattain uusi ohjausmenetelmä. Tahtituotanto vaatiikin enemmän seuranta, yhteensovitusta, ennakointia ja opastusta. Kauppalehden julkaisemassa uutisessa, käsitellään urakan seuranta etänä reaaliajassa Haahdelan tahtituotantotyömaalla. Vastaava työnjohtaja kommentoi tahtituotannon haasteista ”Tahtituotanto ole vielä kovinkaan tunnettu, joten sen etuja joutuu jatkuvasti avaamaan”. Tahtituotannon suurena haasteena toteutuksessa onkin sen tuntemattomuus urakoitsijapuolella. [24.]

### 3 Tahtituotannon ohjaaminen

Työnjohto on suuressa roolissa tahtituotannon toteuttamisessa. Rakennushankkeessa kaikilla työvaiheilla on vastuuhenkilöt, jotka johtavat kyseisiä vaiheita. Työnjohdollisessa asemassa olevat ihmiset määräävät ja siten se luo väistämättäkin kontrolloivaa asetelmaa. Kontrolloiva johtaminen parhaimmillaan toimii eteenpäin vievänä siltana haasteiden vastaan tullessa selkeillä päätöksillä ja vastuunjaoilla kristallinkirkkaassa yhteisymmärryksessä hyvässä ilmapiirissä.

Kontrolloivan johtamisen suuret haasteet ovat siinä, että se karkaa liian matalalle tai korkealle tasolle. Hyvä työnjohtaja osaa toimia määrätietoisesti sekä ymmärtäväisesti ottaen huomioon toiset ihmiset niin kovimmissa paineissa kuin vakiotilassa. Paineensietokyky ja sosiaalinen kanssakäyminen onkin yksi olennainen osa ammattitaitoa työnjohdollisissa tehtävissä.

#### 3.1 Työn ohjaaminen onnistumisen edellytyksenä

Liian matalassa hierarkiassa haittavaikutus ilmenee tottelemattomuutena, aikaansaamattomuutena ja niistä kokoontuneina virheinä. Tämän kaltaisessa ympäristössä työntekijät alkavat tekemään omia päätöksiään ja ratkaisuita vasten suunnitelmia, joka johtaa herkästi poikkeamiin suunnitelmista ja aikataulusta. Tämänkaltaisessa tilanteessa laatu sekä virtaustehokkuus laskee. Siten tuotannon käytäntöjen täytyy olla selkeää, jotta kaikki ymmärtävät mitä, missä, milloin ja ketäkin tekee.

Liian korkeassa hierarkiassa haittavaikutukset ovat puolestaan toisin päin. Tämä ilmenee työnjohdollisesti moukkamaisessa käytöksessä, vähättelyssä ja mahdollisesti kiusaamisessa. Ruotsalaiset ovat antaneet tämän kaltaiselle ilmiölle nimen Management by Perkele, jota on tutkittu Michiganin osavaltionyliopistossa toteuttamalla johtamista tavan mukaan kymmenen peräkkäisen päivän ajan kahdessa jaksossa. Professori Russell Johnson totesi, että alaisten huonolla kohtelulla voi olla esimiehelle hyödyllisiä ja henkisesti palauttavia



lyhytaikaisia vaikutuksia, mutta pidemmällä aikavälillä se palaa vainoamaan heitä. [25.]

Korkean hierarkian johtamisessa on suuri riski sille, että virheitä ja ongelmia aletaan lakaisemaan piiloon, joka alkaa huonon ilmapiirin lisäksi näkymään myöhemmin laadullisesti ja aikataulullisesti. Tämän vuoksi on erittäin olennaista, että työnjohdollisessa asemassa pyritään määrätietoiseen ja helposti lähestyttävään toimintaan. Kaikessa työhön liittyvissä asioissa tulee pystyä aina kysymään asioista sekä esittämään ongelmat ilman konflikteja. Avoin ilmapiiri on kehityksen ja tuottavuuden edellytys. [2.]

### 3.2 Taitorakentaminen onnistumisen edellytyksenä

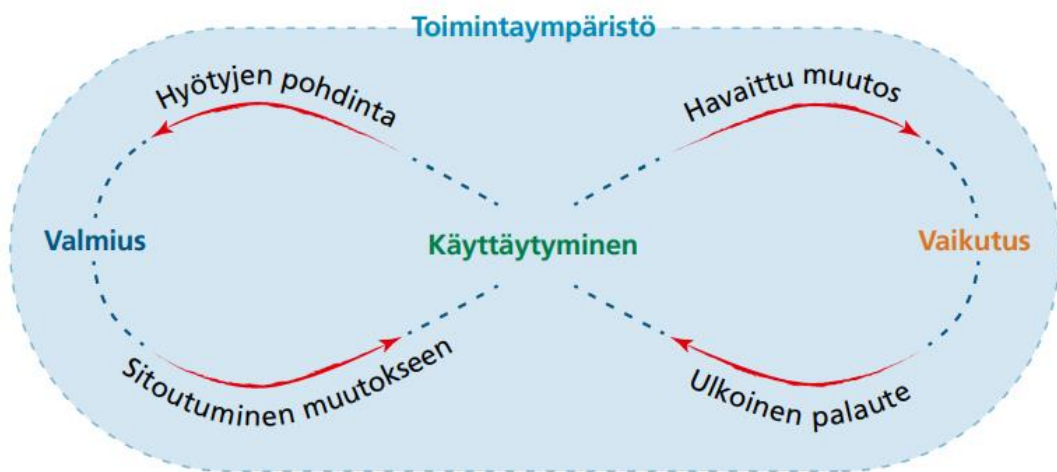
Rakennusalan laadusta on tällä hetkellä melko negatiivinen mielikuva. Peabin teettämän tutkimuksen mukaan 66 % prosenttia suomalaisista kokee, että ennen rakennettiin paremmin. Artikkelissa todetaankin, että kuva laskeneesta laadusta syntyy siitä, jos rakentamisen ketjua ei hallita suunnittelusta valmiiseen rakenteeseen ja rakennuksen oikeaan käyttöön sekä huoltoon saakka. Tutkimus oli toteutettu Talotutkimus Oy:n kanssa ja otos oli 1152 vastaajaa ja tiedonkeruu tapahtui 6.6-11.6.2018. [26.]

Ammattimainen jälki heijastuu kaikissa rakentamisen vaiheissa aina suunnittelusta käyttöönottoon asti. Parhaan mahdollisen lopputuloksen toteuttaminen muodostuu ammattiyhpeydestä ja sen ympäröivästä motivaatiosta tehdä parasta jälkeä omalla alallaan. Ammattiyhpeys on valtti, joka tuo tuloksia ja ruokkii merkityksellisyyttä. Onkin todettu, että kun työntekijät kokevat ylpeyttä työstään, se motivoi näkemään enemmän vaivaa asiakkaiden, kollegoiden ja koko työpaikan edun hyväksi. [27.]

Työn johtamisessa sekä ohjaamisessa täytyisikin hyödyntää hyviä johtamisen muotoja. Eteenpäin vievistä johtamismuodoista korostui haastatteluissa syväjohtaminen, jota käyttää esimerkiksi Suomen puolustusvoimat. Syväjohtaminen ruokkii haluttuja vaikutuksia, kuten tyytyväisyyttä, tehokkuutta, ammattitaitoa ja

yrittämisen halua. Tässä mallissa johtavassa asemassa oleva henkilö kehittää jatkuvasti itseänsä luoden innostusta, luottamusta, oppimista ja arvostusta ympärilleen. Syväjohtaminen toimii siten erinomaisena pohjana vuorovaikutuskäyttäytymisen kehittämiselle. [28.]

Omalla esimerkillään ja toisten toiveita huomioon ottaen pystytään luomaan luottamusta. Vaikka virheitä syntyykin, pystyy taidokas johtaja hoitamaan nämä antamalla rakentavaa palautetta. Näin toimintaympäristöstä ei muodostu kontrolloivaa, missä motivaatio ja oma-aloitteisuus laskee. [2., 28.]



Kuva 9. Johtamis- ja vuorovaikutuskäyttäytymisen viitekehys. Viitekehys kuvaa äärettömyyden symbolia, jossa ei ole alku- tai loppupistettä. [28, s.47.]

Puolustusvoimien laatimaa toimintaympäristön viitekehystä voidaan myös hyvin soveltaa rakentamisessa. Rakennushankkeissa pidetään paljon palavereita ja niiden merkitys korostuu varsinkin tahtituotannossa. Tahtituotannon virtaustehokkuuden saavuttaminen vaatii paljon yhteensovittamista. Siten valmistelu ja tuotannon ohjaus vaatii paljon yhteistoimintaa kaikkien hankkeella toimivien osapuolten kesken. Erittäin oleellinen osa tahtituotannon seurannassa ja toteuttamisessa on viikoittaisten urakoitsijan palavereiden lisäksi päivittäin pidettävät päivittäisjohtamisen palaverit, joissa käydään läpi tahtiaikataulun toteutumaa ja etenemää. Näissä palavereissa ilmi tulleita asioita käydään palaverin päätyttyä osapuolten kesken. [2., 18.]

Palavereiden tarkoitus on myös aikataulun seurannan lisäksi löytää mahdolliset poikkeamat ajoissa. Poikkeamahavainnolla näissä tapauksissa tarkoitetaan tuotannon laadullisia ongelmia, jotka ovat epätoivottuja poikkeamia suunnitelmista. Poikkeamahavainto voi ilmetä rakennesuunnitelmissa, materiaaleissa, logistiikkasuunnitelmissa tai työvaiheiden päällekkäisyydessä. Poikkeamahavainnot voivat olla aikataulullisesti pieniä, mutta hidastavat työtä kuitenkin pitkään. [2., 16]

Poikkeamahavainnot johtavat herkästi laadullisiin ongelmiin, kun niitä ei havainnoida tai korjata ajoissa. Laadullisista haasteista voi koitua esimerkiksi jälkitöitä, jotka ovat usein työläitä ja hitaita korjata. Isoissa projekteissa on aina joitain poikkeamia, mutta niiden ennakoiminen ja ratkaisu ajoissa on edellytys laadukkaaseen ja virtaustehokkaaseen tuotantoon. [2., 16]

Poikkeamahavaintojen ratkaisuja etsiessä tarvitaan dynaamista vuorovaikutusta eri urakoitsijoiden ja valvojien kesken. Syväjohtamisen kaltaisessa toimintaympäristössä asioiden esittämisen kynnyks laskee ja reagointiaikaa saadaan lisää. Siten rakentava, avoin ja kehittyvä toimintaympäristö onkin edellytys ratkaisumallien ideoinnissa, vireillepanossa ja onnistuneessa toteuttamisessa. [2.]

## 4 Laatu ja laadunvarmistus

Laatu käsitteenä on ollut siitä asti olemassa, kun ihmiset ovat harjoittaneet liike-toimintaa. Laadulla käsitetään tuotteen mittavia ominaisuuksia, vaatimusten täyttämistä ja täyttymistä sekä käyttö- ja hyötyarvoa. Käsitteenä laatua voidaan hahmottaa ontologisella lähestymistavalla, jossa tarkastellaan laadun kannalta olemisen ja olemassaolon ilmiöitä, käsitteitä ja olevaisen perimmäistä luonnetta. Laatua on esimerkiksi kestävyys, materiaalipitoisuudet, nopeus ja tehokkuus. [29.]



Kuva 10. Aikajana merkittävistä laadun kehityksen kohdista historiassa. Aikajanaassa korostuu jatkuva laadun kehitys. [30.]

Varhaisimmat havainnot laadun valvonnasta ovat myöhäiskeskiajan Euroopasta. Erinäisten alojen ammattilaiset yhdessä perustivat kiltoja kehittämään yhteisiä sääntöjä tuotteiden laadun suhteen. Kiltujen tarkastuskomiteat merkitsivät laadukkaita tuotteita erinäisillä merkeillä ja symboleilla, kun ne täyttivät heidän laatimat vaatimuksensa. Symboleiden ja merkkien sijaan seuranta on kehittänyt satojen vuosien aikana ja muuttunut muodoltaan standardeihin, suoritustasoilmoituksiin, sertifikaatteihin ja viranomaisten määräyksiin. [30.]

Rakentamisessa laatu käsitetään karkealla tasolla suunnittelun, tuotannon, tilaajan ja ympäristön kautta. Suunnittelussa laatua on se, että hanke vastaa tilaajan tarpeita ja toiveita. Laadukkaat suunnitelmat ovat tarpeeksi tarkkoja ja toteutuskelpoisia ja niiden tulee huomioida rakennuksen koko elinkaari ja viranomaisten asettamat vaatimukset. Tuotannossa eli rakennuttamisvaiheessa laatua on puolestaan työn suoritus aikataulussa täyttäen laatuvaatimukset, kustannustavoitteet ja turvallisen työskentelyn. Laadukas suunnittelu ja toteutus vaikuttavat suoraan

rakennuksen lopulliseen laatuun sekä ympäristön kuormituksen määrään. [16, s.10–15.]

#### 4.1 Laadun standardit ja sertifikaatit

Materiaalin tai tuotteiden laatu määräytyy standardien ja sertifikaattien avulla. Säänneltyjen sertifikaattien, kuten CE-merkintä, ETA-merkintä ja suoritustasoilmoitus DoP avulla voidaan todeta tuotteiden ominaisuuksien arvot ja siten soveltuvuus käyttökohteessa. Sertifikaatti tuotteella on virallinen merkki standardin asettamien ehtojen täyttymisestä. Sertifiointi ja standardointi tapahtuu Suomessa puolueettomien auditoijien kautta tehden siitä reilua kilpailevien yritysten kesken. [31.]

CE-merkintä on pakollinen kaikille rakennustuotteille, joille on määritelty harmonisoitu tuotestandardi. Harmonisoidut tuotestandardit voi hankkia Suomen standardisoimisliitto SFS ry:stä. Mikäli rakennustuotteella ei ole harmonisoitua tuotestandardia, voi tuotteen valmistaja hankkia CE-merkinnän eurooppalaisen teknisen arvioinnin (ETA) avulla. Suoritustasoilmoitus on ainoa tapa ilmoittaa rakennustuotteen ominaisuuksien arvot ja luokat. Siten suoritustasoilmoitus (DoP) on edellytys CE-merkinnän kiinnittämiselle rakennustuotteissa. [32.]

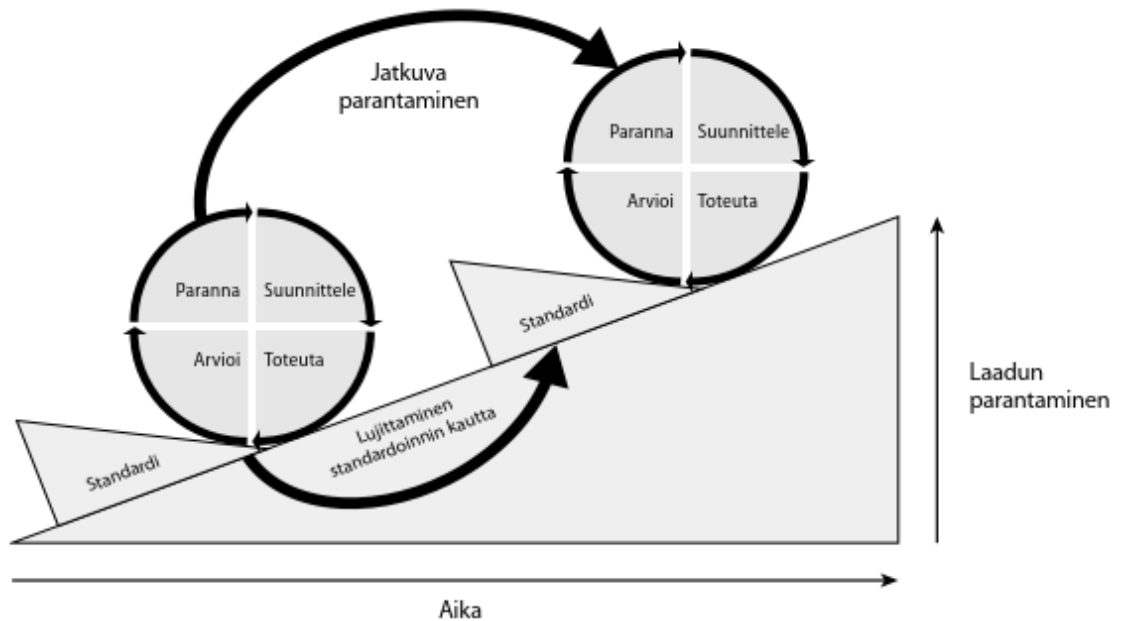
Tuotetodistusten tarkastaminen materiaaleista on erittäin olennainen osa rakentamisen laadunvarmistuksessa. Projektinjohtourakan toteutusmalissa projektinjohto-organisaation valvojat toimivat konsultinomaisesti tilaajan ja urakoitsijoiden välillä seuraten urakan toteutumista. Pää toteuttajan työmaanjohto-organisaatio valvoo, että urakoitsijoiden tuotteet ovat suunnitelmien mukaisia sekä tuotehyväksytyjä. [2.]

Olelliset ominaisuudet Väsentliga egenskaper Essential characteristics	Tasot ja/tai luokat Prestanda Performance	
Mitat Dimensioner Dimensions	Pituus (Length)	300 mm 235 mm 300 mm 300 mm 600 mm 300 mm
Sallitut mittapoikkeamat Dimensionella tolleranser Dimensional tolerances	Luokka Class	T2
Kappaleen muoto Konfiguration Configuration	Lappeiden tasaisuus Flatness of bed faces	± 1 mm
Puristuslujuus Tryckhållfasthet Compressive strength	Lappeiden yhdensuuntaisuus plane parallelism of bed faces	± 1 mm
Tartuntalujuus Bindningshållfasthet Bond strength	Standardin EN 1996-1-1 <b>aukkoryhmän 1</b> mukainen <b>Group 1</b> (geometrical requirement) according to the Standard EN 1996-1-1 Standardin EN 1996-1-1 <b>aukkoryhmän 15</b> mukainen <b>Group 15</b> (geometrical requirement) according to the Standard EN 1996-1-1 Väliäpöytä 600, Väliäpöytä Palkki	
Puristuslujuus Tryckhållfasthet Compressive strength	Normalisoitu puristuslujuuden keskiarvo Normalized compressive strength – average	$f_b=15,0 \text{ N/mm}^2$ (+ lape, 100x100x100 mm kuutio – bedface, cut prism)
Tartuntalujuus Bindningshållfasthet Bond strength	Puristuslujuustulosten keskiarvot Compressive strength – average	$f_m=15,3 \text{ N/mm}^2 \text{ NKH}$ (+ lape, kokonainen harkko – bedface, whole unit)
Tartuntalujuus Bindningshållfasthet Bond strength	Leikkaustartuntalujuus, ominaisarvo shear strength, characteristic value	NPD

Kuva 11. Suoritustasoilmoitus (DoP) Kahi väliäpöytästä. Suoritustaso tuo ilmi tällä sivulla tuotteen mitat, sallitut poikkeamat, kappaleen muodon ja rakenteelliset ominaisuudet. Kappaleen muoto on sidoksissa Standardin EN 1996-1-1 aukkoryhmän 1 mukaisiin vaatimuksiin. [33, s.2.]

Eurooppalaisia tuotestandardeja laatii CEN (Comité Européen de Normalisation). Tuotestandardien tarkoitus on luoda yhteiset pelisäännöt markkinoille. Yhteisten sääntöjen avulla kaupankäynti erimaiden välillä on huomattavasti helpompaa. Yhteensopivat standardit mahdollistavat materiaalien ostamisen siten muista maista, mikä on kriittinen edellytys globaalissa markkinataloudessa. Kun ulkomaalaisia tuotteita voidaan hyödyntää, niin pystytään myös hyödyntämään uusia innovatiivisia keksintöjä ja osaamista. Näin pystymme jatkuvan parantamisen

mukaisesti tehostamaan lopputuotteen laatua, tuotteiden vertailukelpoisuutta ja lujittamaan laatua standardeilla. Esimerkiksi saksalaiset rakennusteollisuuden tuotteet ovat yhtä päteviä kuin kotimaiset tuotteet, kun ne täyttävät samat materiaaliominaisuudet tuotestandardien ja sertifikaattien kautta. Näin ollen voimme hyödyntää heidän ja monien muiden osaamista kotimaisessa rakentamisessa. [32., 34.]






Kuva 12. Kuvassa demonstroidaan jatkuvaa laadun parantamista PDCA-kehityssyklin omaisesti. Kehityksen lujittamisena toimivat standardit. [16, s.9.]

Suomessa standardeja laatii SFS (Suomen standardisoimisliitto). SFS toimii tiiviissä yhteistyössä CENin ja ISON kanssa. SFS delegoi merkittävän osan standardointityöstään eri toimialoja edustaville organisaatioille. Rakentamisessa SFS on delegoinut standardien laatimista esimerkiksi Rakennustuoteteollisuus RTT ry:lle. RTT itsessään jakautuu neljään jaostoon, jotka ovat betoni-, pientaloteollisuus-, rakennusmateriaalit- ja teräsrakennejaosto. RTT vastaa koko RT-liittoyhteisön puolesta rakentamismääräyksiin vaikuttamisesta, standardoinnista ja rakentamisen ympäristö- ja energia-asioissa sekä projektiluonteisesti kansainvälisten asioiden koordinoinnista. RTT on laatinut esimerkiksi standardin

SFS-7001, joka käsittelee muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot. [35., 36., 37.]

Taulukko 1. Standardointi maailmanlaajuisella, Eurooppalaisella ja kansallisella tasolla. [38.]

	Sähköala	Muut alat	Teleala
<b>Maailmanlaajuinen taso</b> 	IEC International Electrotechnical Commission	ISO International Organization for Standardization	ITU International Telecommunication Union
<b>Eurooppalainen taso</b> 	CENELEC European Committee for Electrotechnical Standardization	CEN European Committee for Standardization	ETSI European Telecommunications Standards Institute
<b>Kansallinen taso</b> 	SESKO Sähkötekni- nen ala	SFS Suomen Standardit toimialayhteisöineen	Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

© SFS

Globaalin markkinatalouden seurauksena standardien seuranta tuotannossa on entistäkin oleellisempaa. Rakennusmateriaalia tuotetaan eri standardeilla ympäri maailmaa eivätkä ne siten välttämättä vastaa meillä käytössä olevia standardeja ominaisuuksiensa puolesta. Tämän seurauksena materiaalien ja niiden tuotetodistusten tarkistaminen onkin erittäin oleellista rakentamisessa. Suomessa voimassa olevista standardeista 97 % onkin kansainvälistä alkuperää. [38.]

Rakennushankkeessa kaikista kiinteästi asennettavista tuotteista on toimitettava CE-merkintätodistus ja DoP suoritustasoilmoitus, mikäli tuotteesta on harmonisoitu standardi. Tuotetiedot tulee aina tarkastaa ennen materiaalien hankintaa sekä niiden vastaanoton yhteydessä. Materiaalien vastaanottotarkistuksessa täytyy tulla ilmi, että sertifikaatit ovat toimitettu, tarkastettu ja käyty läpi ennen



asennusta. Sertifikaatit tulee tämän vuoksi tallentaa omaan kansioon sekä todentaa tarkastusten yhteydessä koko rakennushankkeen ajan. [39.]

Rakennustuotteet ovat kelpoisia rakentamisessa käytettäväksi silloin, kun ne täyttävät maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL) tai sen nojalla säädettyt olennaiset tekniset vaatimukset, jotka koskevat alla listattuja asioita. [40.]

- Rakenteiden lujuutta ja vakautta
- Paloturvallisuutta
- Terveellisyyttä
- Käyttöturvallisuutta
- Esteettömyyttä
- Meluntorjuntaa ja ääniolosuhteita
- Energiatehokkuutta

Rakennushankkeessa tehdään laatutarkastuksia, joilla seurataan suunnitelmien mukaisuutta. Projektinjohtourakan toteutusmalissa projektinjohto-organisaation toimihenkilöt toimivat konsulttien omaisesti tilaajan ja urakoitsijoiden välillä todentaen työnjäljen ja etenemän toteutumista. Työmaainsinöörit yhdessä valvojen kanssa seuraavat käytettävien tuotteiden tuotetodistuksia sekä todentavat niitä työmaalla laatutarkistusten yhteydessä. [2.]

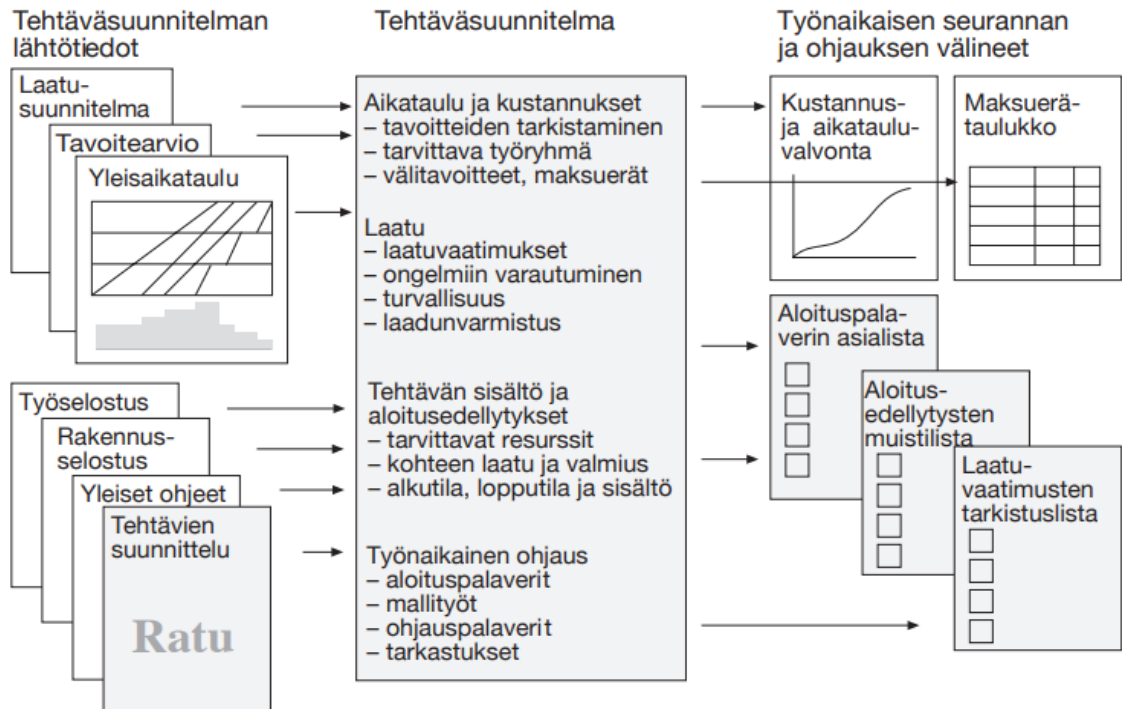
Taulukko 2. Hankkeen asiakirjojen asema kuvattuna kahden ulottuvuuden (kaupallinen – tekninen ja hankeomainen – yleinen) määrittämässä kentässä. [42, s.17.]

	Hankekohtaiset asiakirjat	Yleiset asiakirjat
Kaupalliset asiakirjat	Urakkasopimus Urakkaohjelma Urakkarajaliite	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot YSE Malliasiakirjat
Tekniset asiakirjat	Rakennusselostus Tilaselostus Piirustukset	RYL Standardit Ohjejulkaisut

## 4.2 Tehtäväsuunnittelu ja urakkasopimukset osana laadunvarmistusta

Rakennushankkeet ovat pitkäkestoisia ja useista osapuolista koostuvia kokonaisuuksia. Siten hankkeiden toteuttaminen vaatiikin tehtäväsuunnittelua ja urakkasopimuksia. Tehtäväsuunnittelulla hankkeessa varmistetaan taloudelliset ja ajalliset tavoitteet sekä laatuvaatimukset. Urakkasopimukset puolestaan toimivat hankkeessa eri osapuolen välisinä kirjallisina sopimuksina. Selkeyden vuoksi urakkasopimuksista on laadittu YSE 1998 sopimusehdot. Sopimusehtojen avulla pyritään selkeyttämään sopimusoikeudellisia asioita. Rakennus urakkasopimuksia ei ole kuitenkaan säännelty Suomessa lailla ja siten urakkasopimusten sopimusehdot edesauttavat selkeyttämään mitkä asiat kuuluvat kullekin osapuolelle. [44, s.25–26.]

Tehtäväsuunnittelun avulla hankkeessa varmistetaan taloudelliset ja ajalliset tavoitteet sekä laatuvaatimukset. Tehtäväsuunnitteluprosessi aloitetaan ennen tarjouspyyntöjen lähettämistä ja suunnitelmien laadinta alkaa tarjouspyyntöjen valmistuksen ohella. Prosessi koostuu viidestä pääkohdasta, jotka ovat Lähtötietojen selvitys, tehtävän määrittely ja alustava suunnittelu, Suunnittelun tarkennus ja yhteisen tavoitteet luominen, Tehtävän edellytysten varmistaminen ja esteiden poistaminen, Tehtävän toteutuksen valvonta ja johtaminen sekä Palaute ja oppiminen. [21, s.40–45.]



Kuva 13. Tehtäväsuunnitelman rakenne. [21, s.41.]

Hyvällä tehtäväsuunnittelulla pystytään selkeyttämään velvoitteet osapuolten kesken. Tehtäväsuunnittelussa urakoitsijoiden kanssa käydään läpi työn aikataulu, kustannustavoitteet, laatuvaatimukset, laadunvarmistustoimenpiteet, aloitusedellytykset, tehtäväkokonaisuudet, työvaiheet, mahdolliset ongelmat. Suunnittelun avulla saadaan selvennettyä ja varmistettua, että työt tulevat toteutumaan suunnitellusti. Oleellista on etenkin valvonta- ja ohjausvälineiden miettiminen. Tehtäväsuunnittelusta työnaikaisen ohjauksen ja laadunvarmistuksen merkityksellisyys korostuu etenkin virtaustehokkaan tahtituotannon toteutuksessa. [2., 43.]

Rakennushankkeessa vaiheet koostuvat karkeasti tarveselvitysvaiheesta, hankesuunnitteluvaiheesta, rakennussuunnitteluvaiheesta, rakentamisvaiheesta ja käyttöönottovaiheesta. Kaikkiin eri hankkeen vaiheisiin tarvitaan sopimuksia riippuen siitä, kuinka erillisiä nämä toimijat ovat. Hankkeessa tilaaja määrittää mitä halutaan ja millä budjetilla. Siten on erittäin olennaista, että tilaajan kanssa käydään läpi tarveselvitysvaiheessa ja hankesuunnitteluvaiheessa mitä he tarvitsevat. Rakennussuunnitteluvaiheessa rakennussuunnittelijat ja arkkitehdit

yhdessä projektinjohto-organisaation kanssa laativat hyvät ja toteutuskelpoiset suunnitelmat rakentamisvaihetta varten. Hyvin laaditut suunnitelmat näkyvät suoraan hankkeen aikataulussa ja toteutuksen laadussa. [45.]

Laadun seurannassa tilaaja voi velvoittaa erillisiä toimenpiteitä tai sovellusten käyttöä laadunvarmistuksessa ja itselle luovutuksissa. Nämä toimenpiteet täytyy tulla ilmi kirjallisesti urakkasopimuksissa, selonottoneuvotteluissa sekä sopimusehdoissa. Urakoitsijalta voidaan velvoittaa kirjallista laatusuunnitelmaa ja laadunvarmistuksen suhteen tarkastusten tekoa ja pöytäkirjojen dokumentointia. [2., 44.]

## Hankkeiden toteutusmuotoja



Kuva 14. Hankkeiden eri toteutusmuotoja. [46, s.37.]

Kuvassa 14 tulee ilmi eroavaisuuksia eri toteutusmuotoja, joilla hankkeita johdetaan. Tässä opinnäytetyössä olevat asiat nojautuvat Haahtela-malliin, joka

projektinjohtourakan kaltainen toteutusmuoto. Haahtela-mallissa hanke johdetaan hankekehityksestä aina käyttöönottoon asti, jolloin myös laatuun ja aikataulusuunnitteluun päästään käsiksi heti hankekehityksen alkumetreillä. [2.]

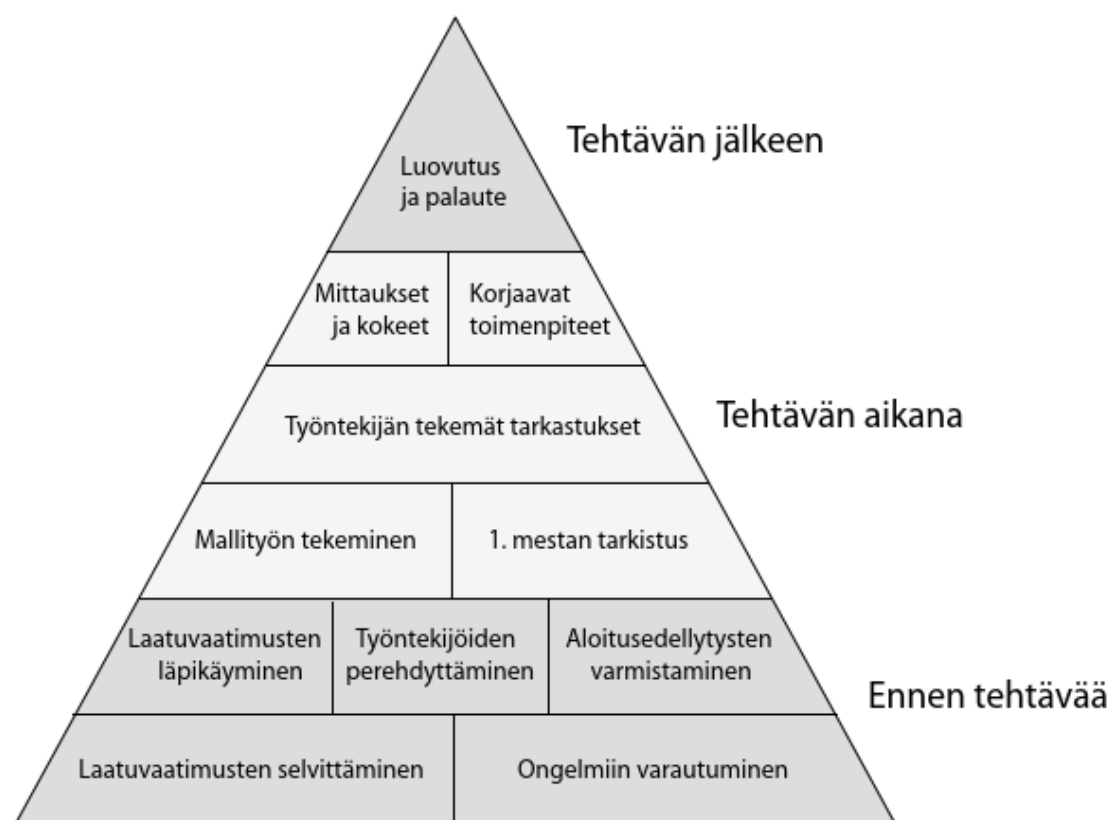
### 4.3 Laatutarkastukset ja laadun valvonta

Laadunvarmistus rakennushankkeessa perustuu hankkeen rakennussuunnitelmiin, standardeihin ja lainsäädäntöön. Laadunvarmistusta varten hankkeessa laaditaan laatusuunnitelmat ja laatutarkastukset. Laatutarkastuksia tehdään kaikista pysyvistä rakenteista ja niistä vastaa valvoja yhdessä urakoitsijan kanssa. Tarkastuksia käydään läpi yhdessä esimerkiksi rakennesuunnittelijan ja arkkitehdin ja rakennusvalvonnan kanssa. Valvonnan tarkoituksena onkin urakkasopimuksen mukaisen toteutuksen, rakentamisen laadun, työturvallisuuden sekä ajallisen ja taloudellisen toteutuksen valvonta työmaalla. [2., 47.]

Laatutarkastusten tekemistä varten löytyy hyvin tietoa esimerkiksi Rakennustieto Oy:ltä, joka tuottaa tieto-, tuotetieto- ja ympäristöpalveluita rakentamisen, infran, talotekniikan ja kiinteistön pidon tarpeisiin. Rakennustieto Oy:n omistaa Rakennustietosäätiö RTS ry, jonka toimikunnissa toimii kiinteistö ja rakennusalan asiantuntijoita. Yhdessä toimikunnat tuottavat ajantasaista kirjallisuutta säännöksistä, ohjeista ja yleisistä laatuvaatimuksista rakennusalalla. Heidän tuotoksiaan on esimerkiksi RYL. Rakennushankkeessakohteen rakennusselostus ja RYL yhdessä muodostavat kokonaisuuden, jolla pystytään määrittelemään rakennuksen laadulliset ominaisuudet. RYL sisältää laatuvaatimuksia, jotka esiintyvät hankkeissa yleisesti rakennusselostuksen ohella, joka määrittää tarkemmin kohteen erikoispiirteet. [41.]

RYL toimii yleisenä teknisenä asiakirjana samankaltaisesti kuten YSE yleisten sopimusehtojen kaupallisena asiakirjana. RYL on laadittu helpottamaan hankkeiden asiakirjojen laadintaa, jotta hankkeesta toiseen samanlaisia siirtyviä laatuvaatimuksia ei tarvitsisi joka kerta toistaa. [42. s.16.]

Laatutarkastusten valvontatyötä suorittavan on perehdyttävä hyvin urakka-asia-  
kirjoihin, suunnitelmiin, asennusohjeisiin, ja yleisiin laatuvaatimuksiin, jotta hä-  
nellä on selvä käsitys halutusta työn lopputuloksesta. Valvojan työtä tekevällä  
täytyy myös olla tehtävään tarvittava ammatillinen koulutus, kokemus, pätevyys  
ja yleisten sopimusehtojen sekä viranomaisten tuntemus. Valvonnassa töiden  
laadunvalvonta toteutetaan pistokoevalvontana ja siten laajemmasta laajuu-  
desta tuleekin sopia erikseen. [47.]



Kuva 15. Työlle asetettujen vaatimuksien toteutumista seurataan ja työtä ohjataan haluttuun laatuun. Tämä työnaikainen laadunvarmistus ja ohjaus jatkuu koko tehtävän keston ajan. [16, s.24.]

Laadunvalvonta on prosessi, jonka toteuttaminen vaatii suunnittelua. Kuvassa 15 on esitetty laadunvarmistuksen toteutusta prosessikaavion avulla. Kun laadunvalvonnassa ei ole selkeää prosessia riski sen epäonnistumiselle on suuri. Epäonnistuneen laadunvalvonnan ja työryhmien yhteensovitusten yhteisvaikutuksesta usein syntyykin virheitä. Suuri määrä johtaa usein poikkeamahavaintojen

määrän sekä virhe ja puutelistojen tekemiseen. Virhe ja puutelisto on nimensä mukaisesti lista, jossa kerätään tietyn urakoitsijan työsuorituksen puutteet. Listan tekeminen ja käyttö on tehokas ja yksinkertainen työkalu osoittamaan ongelmat. [2.]

Jotta virhe ja puutelistoja ei tarvitsisi tehdä, tulisi noudattaa kuvan 17 kaltaista prosessia. Prosessissa ennen urakan työsuorituksen aloitusta urakoitsija yhdessä urakan vastuuvälvojan kanssa perehtyvät työsuorituksen suunnitelmiin ja niissä määrättyihin laatuvaatimuksiin. Kun suunnitelmat ovat selvillä tulee mahdolliset työnaikaiset ongelmat kartoittaa hyvissä ajoin, ennen työsuorituksen aloitusta. Potentiaalisia ongelmia voivat olla esimerkiksi vaihteleva sääolosuhde tai materiaalin tuonti ahtaaseen tilaan. Kun aloitusedellytykset työsuoritusta varten ovat selkeät, niin työsuoritus voidaan aloittaa. Työsuorituksen aloittaessa tehdään mestan vastaanotto eli työkohteen vastaanotto. Mestän vastaanotolla voidaan täsmentää, että työalue täyttää aloitusedellytykset työsuoritukselle ja mahdolliset työtä häiritsevät puutteet poistetaan. [2., 16.]

Työsuorituksen käynnistyessä työtä seuraavat työtä tekevä henkilö, urakoitsijan työnjohtaja ja urakan vastuuvälvoja. Ensimmäisestä työsuorituksesta tehdään mallitarkastus. Urakan vastuuvälvoja dokumentoi mallitarkastuksessa työn ajalta eri työvaiheet ja seuraa, että työ toteutetaan suunnitelmien mukaisesti. Työsuorituksen valmistuttua vastuuvälvoja pitää mallitarkastuksesta katselmuksen yhdessä urakoitsijan työnjohtajan, arkkitehdin ja suunnittelijan kanssa. Katselmuksessa verrataan toteutunutta laatua laatuvaatimuksiin ja suunnitelmiin. Havaitut virheet tai puutteet kirjataan tarkastukseen ja korjataan, ennen töiden aloitusta uudella työalueella. [2., 16.]

Urakan työalueet jaotellaan osakohteisiin. Laadunvarmistus jatkuu siten osakohteen tarkastuksina uusilla työalueilla mallitarkastuksen jälkeen. Uusilta työalueilta tehdään aina mestan vastaanotto ennen aloitusta ja Osakohteen tarkistuksessa vastuuvälvoja dokumentoi työsuorituksen laatua ja suunnitelmien mukaisuutta saman kaltaisesti, kuin mallitarkastuksessa. [2., 16.]



Töiden valmistuttua urakoitsija tekee itselleluovutustus tarkastuksen yhdessä vastuuvälvojan kanssa. Tarkastus toimii viimeistelyohjelmana, jossa todetaan työsuorituksen laatu, suunnitelmien mukaisuus ja virheetömyys. Kaikki työsuorituksen virheet ja puutteet dokumentoidaan itselleluovuksessa. Tarkastuksen jälkeen mahdollisille virheille ja puutteille esitetään korjaustoimenpiteisiin varatut ajat. [2., 16.]

Virhe työssä on inhimillistä, mutta laadunvalvonnassa tulisi aina miettiä juuriansi lyysin omaisesti, miksi virheeseen tai niistä kasautuneeseen virhe ja puutelistan tekemiseen päädyttiin. Tahtituotannon kaltaisessa tuotannon ohjauksen menetelmässä virheet ja niistä helposti ilmenevät aikataululliset tuotannon ongelmat vaikuttavat herkästi usean urakoitsijan urakkaan ja siten koko hankkeen aikatauluun. Siten urakan aikaisesti laadittavan virhe ja puutelistan luonti itsessään on jo osoitus epäonnistumisesta prosessissa, johon tulisi suhtautua todella vakavasti. [2.]

## 5 Haastattelut ja työmaavierailu

Tutkimuksessa kirjallisuuden ja työmaalla havaittujen asioiden lisäksi tärkeinä tutkimuskeinoina toimi haastattelut ja työmaavierailu. Kaikki haastattelut pidettiin etänä Microsoft Teams:in välityksellä kahta haastattelua lukuun ottamatta. Haastatteluiden sisältö rakentui ennalta laadittujen kysymyspohjien sisältöön. Kestoltaan haastattelut olivat noin. 30–60 minuuttia. Haastattelu numero 2 oli haastatteluista laajin. Siinä käytiin useiden esimerkkien avulla sisävaiheen tahtituotannon kokemuksia ja haasteita. Tämä haastattelu oli pituudeltaan puoli työpäivää.

### 5.1 Haastattelut

Haastateltavina opinnäytetyössä oli yksi työpäällikkö, kaksi vastaavaa työnjohtajaa, yksi työmaainsinööri, kaksi valvojaa sekä yksi talotekniikan valvoja. Kaikki haastateltavat henkilöt ovat Haahtela-rakennuttamisella töissä sekä toimineet tahtihankkeiden parissa. Haastatteluissa kysymykset olivat valmiiksi kasattu Miro taululle, jonne myös opinnäytetyötä varten käytetyt materiaalit ja aikataulu kasattiin (Kuva 16). Näkymää pystyi pitämään hyvin auki haastatteluiden aikana. Muistiinpanot haastatteluista kirjasin käsin vihkoon.

Haastattelu 1	Haastattelu 2, 3, 4, 5, 6
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mitä standardeja ja sertifikaatteja rakentamisessa on?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tahdin ja laadunvarmistuksen haasteet</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Miten standardien dokumentointi ja seuranta toteutetaan?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tahtipalaverit ja niiden toimivuus</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Miten ja minne valvoja ja työmaainsinööri dokumentoi standardit ja sertifikaatit?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tarkastusalueiden koot? Voidaanko suurentaa aluetta, jos työt etenävät hyvin?</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Kuinka toimitaan, jos tuotteesta puuttuu nämä tiedot? Pystyykö suunnittelijan avulla hyväksyttämään eri tuotteita esimerkiksi?</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Miten mestan vastaanotot sujuvat urakoitsija puolelta? Kuinka hyvin urakoitsija on saatu sidottua tarkastuksiin tarkastusten tekoon?</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laadunvarmistuksen vaatimukset ja käytännön toteutus urakkasopimuksissa. Voitaisiinko urakoitsijaa velvoittaa tekemään tarkastuksia esim. vaatimalla, että vastaanotot kuuluvat urakkaan?</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kuinka tarkastuksia on esitetty rakennusvalvonnalle? Selkeyttäisikö matrsiisi tiedon tallennuksessa?</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laatutarkastusten nimeäminen? Olisiko yleinen nimeämisohje hyvä?</li> </ul>

Kuva 16. Haastatteluissa käytetyt kysymyslistat.

Haastateltavina opinnäytetyössä oli yksi työpäällikkö, kaksi vastaavaa työnjohtajaa, yksi työmaainsinööri, kaksi valvojaa sekä yksi talotekniikan valvoja. Kaikki haastateltavat henkilöt ovat Haahtela-rakennuttamisella töissä sekä toimineet tahtihankkeiden parissa. Haastatteluissa kysymykset olivat valmiiksi kasattu Miro taululle, jonne myös opinnäytetyötä varten käytetyt materiaalit ja aikataulu kasattiin (Kuva 16). Näkymää pystyi pitämään hyvin auki haastatteluiden aikana. Muistiinpanot haastatteluista kirjasin käsin vihkoon.

Haastatteluissa käytiin läpi tahtituotannon periaatteita, toimintamalleja, onnistumisia ja epäonnistumisia erinäisin esimerkkien avulla. Haastatteluissa korostui laatutarkastusten teosta etenkin se, että tarkastukset ovat muistilistoja.

Muistilistat tulisi olla laatumatriisissa ennalta luotuja ja siten nopeasti valvojen käytettävissä. Siten valvojilla ei menisi aikaa itse tarkastusten tekoon ja aikaa jäisi enemmän tarkastusten toteuttamiseen.

Ensimmäisessä haastattelussa käytiin läpi standardien ja sertifiointien merkitystä rakentamisessa. Haastattelussa nousi esiin näiden hyväksynnän, seurannan ja dokumentoinnin prosessi. Logistiikan asema nousi haastattelussa tärkeään asemaan koko tahtituotannon materiaalivirran toteutuksen kannalta. Logistiikan mahdollistama JIT-toimintamalli oli haastattelussa keskeinen puheenaihe, sillä se mahdollistaa pienellä ja tehokkaalla eräkoolla rakentamisen kuvan 6 kaltaisesti.

Tahtituotannon ohjaamiseen käytettävät päivittäisjohtamisen palaverit olivat haastatteluiden mukaan erityisen tärkeässä asemassa. Päivittäisjohtamisen palavereilla pystytään mahdollistamaan tarkka seuranta ja poikkeamien nopea havainnointi. Palaverit myös vaikuttavat suoraan myös laatutarkastusten parempaan tasoon ja tahtituotannon virtaustehokkuuteen.

Haastatteluiden lisäksi opinnäytetyön aikana tahtituotannon matriisia varten käytiin useita keskusteluja hankkeen valvojen kanssa. Tahtituotannon matriisia varten pidettiin myös kaksi palaveria, jossa käytiin läpi vaunujen sisältöä ja mitä tarkastuksia mihinkin halutaan. Tahtiaikataulussa on huomioitu paljon pieniä työvaiheita, kuten rungon jälkitöitä, ja sääsuojauksia. Tämän kaltaiset vaunut poistettiin tarkastettavien vaunujen välistä listasta. Hanke mihin tahdin laadunvarmistusmatriisi tehtiin, oli taloteknisesti vaativa. Talotekniikan osuus näkyikin selkeästi kohteen tahtituotannon laadunvarmistusmatriisissa (Liitteet).

## 5.2 Työmaavierailu

Haastatteluiden lisäksi kävin työmaavierailulla toimitilahankkeella, jossa sisävaiheen tahtituotanto oli käynnissä. Työmaavierailulla tutustuin työmaan sisävaiheen tahtituotannon seurantaan ja palaverikäytäntöihin. Vierailulla pääsin näkemään, kuinka tahtituotantoa johdetaan päivittäistasolla. Työmaalla oli toteutettu palaveripiste työmaan sisälle, jossa käytiin päivittäisjohtamisen palavereita.

Päivittäisjohtamisen palavereissa käydään läpi työryhmittäin läpi niiden etenemää. Jokaista työryhmää palaverissa edustaa sen työnjohtaja tai nokkamies. Yhdessä heidän kanssaan valvoja käy läpi toteutuneet työvaiheet, merkiten niiden toteutuneen etenemän isoon tulostettuun tahtiaikataulusta otettuun printtiin. Kaikki poikkeamhavainnot tuodaan ilmi palaverissa ja kirjataan ylös ja selvitetään heti tämän jälkeen. Näin tahdille pystytään luomaan virtaustehokkuutta ja imua.



Kuva 17. Tahdin päivittäisjohtamisen palaveripisteeltä työmaan sisällä. [2.]

Palaverikäytännön idea on toimia ytimekkäänä, eikä pureutua ongelmien laajuuteen tai työvaiheiden sisältöön tarkalla tasolla, mutta tuoda kuitenkin yleisesti kaikkien tietoon niiden etenemä sekä mahdolliset vaikutukset töiden

etenemiseen. Näin palaveri ei vie kaikilta osallistujilta aikaa, mutta mahdollistaa paremman ennustettavuuden ja puutteiden nopean ratkaisun.

Palaverikäytännössä oli syväjohtamisen ja visuaalisen johtamisen aspektoja. Palaveripisteeltä löytyi tahtialueet, arkkitehdin pohjapiirustukset sekä ote viiden viikon ajalta tahtiaikataulusta. Palaverin pitäminen seisaaltaan työmaan sisällä suojavarusteet päällä myös laskee kynnystä urakoitsijoiden kohdalla osallistua tapahtumaan, kun se sijaitsee niin lähellä työpisteitä.

## 6 Laadunvarmistusmatriisi

Laadunvarmistusmatriisi on laadunvarmistukseen tarkoitettu työkalu, joka sisältää tarkastuspohjia eri työvaiheista. Laadun varmistuksen matriisissa keskeiset tarkastukset ovat mallikatselmus, osakohteen tarkastus, mestanvastaanotto ja itselleluovutus. Näille kohdille täytyy matriisissa laatia omat tarkastusvaiheet työvaiheittain, josta ne löytyvät. Ennakkoon laadittu matriisirakenne, josta tarkastukset löytyvät tarkistusvaiheessa helpottavat valvojan tehtävää tehdä tarkistuksia sekä löytää aikaisemmin tehtyjä tarkistuksia. [2., 40.]

Sähköisessä muodossa tarkastusten tekeminen on nopeampaa sekä tiedon tallentaminen ja välittäminen nopeampaa ja parempaa verrattuna paperitarkastuksiin. Sähköisesti tehdyt tarkastukset tallentuvat projektille luotuun tarkastusmatriisiin, jolloin tieto on koko projektinjohdon käytettävissä. Näin ollen tieto ei voi hukkuu tai kadota, kuten paperille tehdyllä tarkastuksella voi käydä. Congridilla tehdyllä laadunvarmistuksenmatriisilla on mahdollista työvaiheiden edistymisen seuranta työvaiheittain. Laadunvarmistusmatriisiin tehdyt tarkastukset tallentuvat automaattisesti. Siten ne toimivat vielä tarkastusten arkistona hankkeen jälkeenkkin. Järjestelmällinen dokumentaatio mahdollistaa tarkastusten esittämisen vaivattomasti tilaajalle, viranomaisille ja muille mahdollisille osapuolille. [2., 40., 48.]

### 6.1 Tarkastusten määrittäminen laadunvarmistusmatriisiin

Laadunvarmistusmatriisiin tulee olla käytössä kaikilla hankkeessa toimivilla päätoteuttajan toimihenkilöillä sekä urakoitsijoiden työnjohdolla. Päätoteuttajan toimihenkilöillä tulee olla pääsy kaikkiin tarkastuksiin sekä näiden tekoon, jotta laadunvarmistuksen teko ja seuranta toteutuu. Urakoitsijoilla täytyy olla pääsy mestan vastaanotto- ja itselleluovutusten tarkastuksiin. Näiden tarkastusten avulla urakoitsija pystyy todentamaan aloitusedellytykset sekä työsuorituksen lopullisen laadun.

Laadunvarmistusmatriisin sisältäessä tarkastukset ennen urakan alkua, on tarkastusten aloittaminen nopeaa kentällä. Ennakkoon suunnitellut tarkastuspohjat mahdollistavat tarkastamisen aloittamisen vaivattomasti työmaalla. Siten tarkastusta suorittavien henkilöiden ei tarvitse aina luoda uutta tarkastuspohjaa. [2.]

Haahtela - TALO2000 laadunvarmistusmatriisi, 2023 ver. 2.0 📄 Tulosta ⚙️ Muokkaa ⏴ Suodata

Etsi « 1 2 »

Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi	Mestän vastaanotto (Tarkastus)	Malliasennus (Tarkastus)	Osakohteen tarkastus (Tarkastus)	Työvaiheen vastaanotto (Tarkastus)	Itselleluovutus (Tarkastus)	Muut dokumentit (Tiedosto)	Status
12444 Julkisivuvarusteet: Luukut	0	0	0	0	0	0	
12445 Julkisivuvarusteet: Savunpoisto	0	0	0	0	0	0	
12500 Ulkotasot							
12510 Parvekkeet	0	0	0	0	0	0	
12511 Parvekelasitukset	0	0	0	0	0	0	
12512 Parvekkeen kaidetyöt	0	0	0	0	0	0	
12600 Vesikatot							
12610 Vesikattorakenteet							
12611 Vesikattorakenteet: Tasaus- ja kaatorakenteet	0	0	0	0	0	0	
12612 Vesikattorakenteet: Höyrynsulkukermi	0	0	0	0	0	0	
12613 Vesikattorakenteet: Lämmoneristys	0	0	0	0	0	0	
12614 Vesikattorakenteet: Palo-osastointi	0	0	0	0	0	0	

🔍 Tuki

Kuva 18. Congridilla laaditun laadunvarmistusmatriisin näkymä selaimessa. [49.]

Laatumatriisissa olevien tarkastusten sisältö perustuu hankkeen suunnitelmiin sekä rakennustöiden laatuohjeisiin ja tuotteiden valmistajien asennus- ja käyttöohjeisiin. Työvaiheet usein eroavat kohteittain ja siten täysin valmista pohjaa jokaiselle tarkastukselle ei voi laatia. Tarkastuspohjia voidaan räätälöidä hankkeelle sopiviksi ottamalla huomioon tiedossa olevat suunnitelmat ja niiden mahdolliset erikoispiirteet. Tarkastusten tekemistä varten löytyy hyvin yleistä rakentamisen laatuun liittyvää tietoa esimerkiksi Rakennustieto Oy:ltä. [2.]



## 6.2 Tahtituotannon laadunvarmistusmatriisi

Tahtituotannossa työvaiheet etenevät usealla eri tahtialueella liukuhihna tuotannon omaisesti. Hankkeessa tarkastettavien työvaiheiden määrä itsessään on tavanomainen, mutta niiden välinen vaiheaika on tavanomaista intensiivisempi. Intensiivisemmän tuotannon vuoksi laadunvarmistus korostuu entistä enemmän rakentamisen tuotannon laadussa. Tuotannon laatua rakentamisessa on työn toteutuminen suunnitellussa aikataulussa työturvallisesti ja hyvää rakennustapaa noudattaen. Tämän vuoksi tarkastusten laatiminen ja toteuttaminen vaatii järjestelmällisyyttä ja suunnittelua ennakkoon. [2., 16 s.11–18.]

Perinteisesti rakennushankkeissa työryhmien välillä on tahtituotantoon verrattuna enemmän puskuria. Tahtituotannossa puskuria ja tuottamatonta aikaa on minimoitu. Tämä ilmeneekin lyhyempinä puskureina eri työpakettien välillä, kuten kuvassa 7 tulee ilmi. Vaikka pienet puskurit tekevät tahtituotannosta tuottavaan, niin pienentävät ne virheiden ja puutteiden korjaamiseen käytettävää ajan määrää. Siksi tahtituotannossa laadunvarmistus työnaikaisesti on lopputuotteen teknisen ja visuaalisen toteutumisen lisäksi itse tuotannon laadun kanalta erittäin kriittisessä asemassa. [2.]

Laadunvarmistuksella pystytään parantamaan lopullista- ja tuotannon laatua. Tämä kuitenkin vie huomattavasti tavanomaista enemmän henkilöstöresurssia toteuttaa, sillä tämänhetkissä rakennusalan laadunvarmistuksen työkaluissa ei ole huomioitu tarpeeksi tahtituotannon piirteitä ja niiden luomaa intensiivisyyttä. Pieni eräkkö ja puskurit vaativat järjestelmällistä työskentelyä, jotta saadaan työstä virtaustehokasta. Tahtituotantoon käytettävässä laadunvarmistuksen työkalussa tulisikin ottaa huomioon itse tuotantomallin aikataulusuunnittelu yhdistettynä rakennustöiden laadunvarmistukseen. Näin työkalulla saadaan tehostettua lopputuloksen ja työnaikaisen tuotannon laatua.

Opinnäytetyön tuloksena kehitetty tahtituotannon laadunvarmistusmatriisi on laadunhallinnan työkalu, jossa tarkastukset etenevät kronologisessa järjestyksessä tahtiaikataulun ja siitä muodostuvien tahtijunien ja vaunujen mukaisesti,

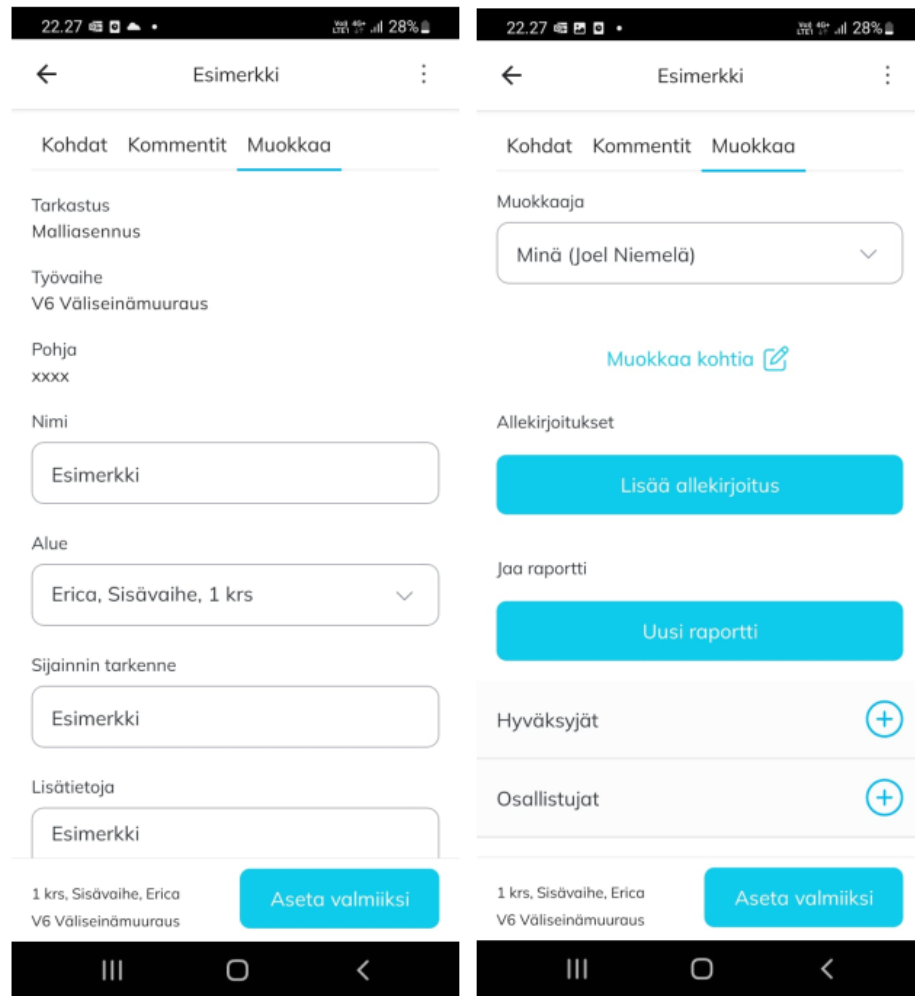
kuten liitteiden kuvista tulee ilmi. Näin laadunvarmistuksen työkalu saadaan sidottua osaksi tuotannon mukaista etenemää.

Työvaiheet tahtituotannon laadunvarmistusmatriisissa nimitetään vaunukohtaisesti. Tarkastettavat vaunut, eli työpaketit, pystytään myös nimeämään urakoitsijakohtaisesti. Siten mestan vastaanottotarkastusten, itselleluovutusten tekeminen ja seuranta selkeytyy työvaiheiden välillä. Näin laadunvalvonnasta saadaan entistä tarkempaa, sillä keskeneräiset tai tekemättömät tarkistukset näkyvät ja löytyvät järjestelmässä selkeästi urakka ja työvaihekohtaisesti. Kronologinen järjestys ja järjestelmällinen nimeämisohje tekee myös laadunvarmistuksesta helpposti löydettävää, kun tarkistuksia on tuhansia.

Laatutarkastusten nimeäminen tulee toteuttaa seuraavasti:

- Laatutarkastus (tarkastuksen numero), (työvaihe) (urakoitsija)

Nimeämisen lisäksi tarkastuksen aloituksessa merkitään tarkastuksen alue, sijainnin tarkenne, mahdolliset lisätiedot, osallistujat ja tarkistuksen hyväksyjät, kuten kuvassa 19 näkyy. Tarkastuksia tehdessä on erittäin oleellista nimeämisen lisäksi merkata tarkastukset oikeisiin työvaiheisiin ja sijaintiin työmaalla. Sijainti ja tarkistuksessa otetut yleiskuvat mahdollistavat tarkastetun alueen käsittämisen ja hahmottamisen jälkikäteen. Sijaintina tarkastuksissa käytetään ARK pohjapiirustuksia sekä sijainnin tarkenne kohtaa, kuten kuvassa 19 näkyy. Sijainnin tarkenne kohdassa käytetään tahtialueita tai tilanumeroita. Sijainti ja yleiskuvat mahdollistavat tarkastetun alueen sijainnin, paikan ja kokonaisuuden, vaikka sen olisi toinen henkilö tehnyt.



Kuva 19. Tarkastusten aloitusnäkö Congridin mobiilialustalla. [49.]

Tarkistuksen valmistuessa nimetyt osallistujat ja vastuhenkilöt allekirjoittavat tarkistuksen. Allekirjoitusominaisuuden avulla voidaan osoittaa jälkikäteen, ketkä ovat osallistuneet tarkistuksen tekoon. Tämän lisäksi projektin ulkopuoliset osallistujat saavat tarkastuksesta sähköpostiin viestin, sillä he täyttävät hyväksyessään heidän nimensä, allekirjoituksen ja sähköpostiosoitteen. Tämä mahdollistaa kaikkien tarkastukseen osallistuneiden osapuolten pääsyn tarkastuksen sisältöön sähköpostin välityksellä.



Kuva 20. Tarkastusten teossa sijainnit merkataan ARK pohjapiirustuksiin. [48.]

Tahtituotannon laadunvarmistusmatriisi luodaan ennen tahtituotannon aloitusta. Matriisi muodostuu hankkeen tahtiaikataulun mukaan, josta selviää tahtivaunut ja niiden sisältö. Kun tahtijunat ja tahtivaunujen työpaketit ovat selvillä, voidaan suunnitelmien ja laatuvaatimusten avulla tehdä tarkastuspohjia valmiiksi eri työvaiheille.

Tahdinlaadunvarmistusmatriisi toimii näin ollen laadunvarmistuksen työkaluna. Käyttäjän tulee siis ymmärtää suunnitelmat, työryhmille laaditut tahtiaikataulut ja -alueet, joita varten tarkistuksia tehdään. Yhdistämällä työnjäljen valvonta osaksi tahtiaikataulun sisältämiä työpaketteja, saadaan matriisista myös tuotannon laadua parantava työkalu. Pieni työpakettien eräkoko ja niiden välinen tiheä laadunseuranta tekee työstä virtaustehokkaampaa, kun virheet ja puutteet havaitaan ja korjataan heti. Näin työryhmien työnjäljen lisäksi laadunvarmistus vaikuttaa suoraan laadukkaan lopputuloksen lisäksi työmenekkituntien määrään. Työmenekkituntien määrä pienenee, sillä aloitus ja jatkamisedellytykset ovat ja pysyvät kunnossa kaikilla työryhmillä.

## 6.2.1 Mestän vastaanottotarkastus

Mestän vastaanottotarkastus varmistaa työsuorituksen aloittamisen ja toteuttamisen edellytyksien täyttyminen. Urakoitsija tekee aina uudesta työalueestaan mestän vastaanottotarkastuksen ennen työsuorituksen aloitusta. Tarkastuksen avulla pystytään siten karsimaan tuottamattomat työmenekkitunnit ja saavuttamaan T2+ -aika, jolla tarkoitetaan ammattitaitoisen työryhmän työhön kuluvaa aikaa, kun työ voidaan suorittaa häiriöttä. [2., 21.]

1	Pidetään työvälineiden tarkastus ennen töiden aloittamista. Suunnitellaan nostot ja siirrot turvallisesti. Otetaan huomioon harkkojen paino telineitä suunniteltaessa. Otetaan huomioon materiaalien vaatimat ajat kosteuden tasaantumiselle.	+ ✓ ✎ 🗑
2	Tarkistetaan, että alusta, liittyvät rakenteet ja taustarakenne ovat asiakirjojen vaatimusten mukaiset, valmiit, tarkastetut ja hyväksytyt.	+ ✓ ✎ 🗑
3	Mestät on raivattu tavarasta.	+ ✓ ✎ 🗑
4	Varmistetaan olosuhteiden asiakirjojen mukaisuus valaistuksen, pakkasen, lumi- ja vesisateen osalta.	+ ✓ ✎ 🗑
5	Talotekniikkaurakoitsija toimittanut läpivientikappaleet ja merkannut niiden paikat.	+ ✓ ✎ 🗑
6	Seinien ja ovien paikat merkattu (mittamies).	+ ✓ ✎ 🗑
7	Tarkistetaan, että mestalla on tarvittavat materiaalit (logistiikka).	+ ✓ ✎ 🗑
8	Muut asiat.	+ ✓ ✎ 🗑
9	Yleiskuvat.	+ ✓ ✎ 🗑

Kuva 21. Väliseinämuurauksen mestän vastaanoton tarkistus pohja. [49.]































Mestän vastaanotossa tarkistetaan, että työt pystytään aloittamaan ja toteuttamaan työturvallisesti. Lisäksi oleellista on ottaa huomioon, ettei työalueella ole muiden urakoitsijoiden tavaroita tai tekemättä jääneitä työvaiheita hidastamassa työntekoa. Mikäli edellisellä urakoitsijalla on jäänyt jotain tekemättä kyseisellä työalueella, tulee urakoitsijan välittömästi palata alueelle tekemään korjaavat toimenpiteet. Näin työn virtaustehokkuutta voidaan nostaa lean-filosofian, SMED- ja 5S menetelmän mukaisesti.

Olosuhteet työmaalla saattavat myös muuttua niin vuodenaikojen kuin muiden työvaiheiden seurauksena. Yleisiä olosuhde esteitä työn aloittamiselle ovat pakkaneen, sade, sade- ja sulamisvedet, kosteus sekä pölyisyys. Puutteelliset olosuhteet saattavat vaikuttaa esimerkiksi ilmanvaihtokanavien puhtauteen, maalauksen tai laastin laatuun. [2.]

Mestän vastaanotto tulee tehdä hyvissä ajoin, ennen työaloituksen alkamista. Näin pystytään ennakoivasti reagoimaan ja ratkaista mahdollisia esteitä. Ennakointi ja nopea reagoitavuus esteisiin on tahtituotannossa merkittävässä asemassa. Ilman ennakoitavuutta poikkeamahavaintoja sekä työmenekkitunteja syntyy huomattavasti enemmän, jolloin työn ja alkavien töiden virtaustehokkuus laskee. Pahimmassa tapauksessa seuraavan työvaiheen aloitus voi estyä täysin, kun aloitusedellytykset eivät täyty eikä niitä ole tarkastettu. Tämän kaltainen tilanne voi aiheuttaa ketjureaktion omaisesti myöhästymisen kaikkiin kyseisellä työalueella alkaviin työvaiheisiin. [18., 21.]

### 6.2.2 Mallityö

Mallityön tarkoitus on konkretisoida laatutaso työvaiheesta, jota se koskee. Mallityö täytyy tehdä kaikista uusista työvaiheista ja siihen tulee osallistua urakan vastuuvälvojen, urakoitsijan työnjohtajan sekä suunnittelijan. Mallityöstä syntyvä laatutarkastus toimii myös vertailukohtana tuleville tarkastuksille, jotka koskevat samaa työvaihetta. Näin pystytään urakan aikaisesti vertaamaan tulevia työsuorituksia mallityöhön ja lujittamaan tehdyn työn laatua aikaisemmin hyväksytysti suoritettuun mallityöhön. [2., 16]

1	Varmistetaan, että suunnitelmien mukaiset irroituskaisat on asennettu ja leikattu sisänurkista. Järjestysnumero: 1, ID: 11748557	  
2	Varmistetaan, että putkiläpiviennit, putket, sekä kaivot on asennettu suunnitelmien mukaisesti. Varmistetaan kaivojen ja muiden LVI-asennusten korkotarkkeet on toimitettu. Järjestysnumero: 2, ID: 11748584	  
3	Varmistetaan, että suunnitellut raudoitukset, lisäterästyksset (pilarit, nurkat, reuna-alueet) ja työsaumat on toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Järjestysnumero: 3, ID: 11748605	  
4	Varmistetaan, että reuna-alueiden kulmapellit/listat on asennettu ja tiivistetty suunnitelmien mukaisesti. Järjestysnumero: 4, ID: 11748624	  
5	Varmistetaan, että suunnitelmien mukaiset sähköputkitukset ja lattiarasiat on asennettu. Varmistetaan, että lattiarasioiden korkotarkkeet on toimitettu. Järjestysnumero: 5, ID: 11748644	  
6	Varmistetaan, että suunnitelmien mukaiset varaukset ja topparit on asennettu. Järjestysnumero: 6, ID: 11748660	  
7	Varmistetaan, että lattiamateriaalien raja-alueille tulevat eritasokulmaraudat on asennettu suunnitelmien mukaisesti. Järjestysnumero: 7, ID: 11748673	  
8	Varmistetaan, että raudoituksessa on riittävä määrä rauditusvälikkeitä ja niiden sijainti on oikea. Järjestysnumero: 8, ID: 11748696	  
9	Muut asiat Järjestysnumero: 9, ID: 11748711	  
10	Yleiskuvat. Järjestysnumero: 10, ID: 11748716	  

## Kuva 22. Pintabetonilattian valmistelevien asennustöiden mallityöpohja. [49.]

Mallityö tarkastuksessa tarkastellaan esimerkiksi kohteen valmista pintaa tilan ovelta sekä silmämääräisesti 1,5 metrin etäisyydeltä. Virheet eivät saa erottua päivänvalossa tai normaalivalaistuksessa, kun pintaa esimerkiksi laatoitusta tarkastellaan kohtisuoraan 1,5 metrin etäisyydeltä. Normaalivalaistuksella tarkastuksen yhteydessä tarkoitetaan käyttöolosuhteita vastaavaa yleisvalaistusta, jotka vastaavat päivän valoa. [50, s.5–7.]

Tarkastusta tehdessä täytyy myös huomioida kyseisen työvaiheen laatuvaatimukset ja materiaalitodistukset. Esimerkiksi katto- ja seinäpinnoissa laatuvaatimukset (luokka 2). Tarkastuksissa tarkastellaan raja-arvoja ja toleransseja liittyen esimerkiksi käyryyteen, tasaisuuteen, pystysuoruuteen, halkeamalevyyteen, hammastutukseen, tasaisuuspoikkeamaan, sileysluokkaan riippuen työvaiheen sisällöstä. Siten urakkaa tarkastelevan valvojan täytyy olla perehtynyt

työsuoritusta koskeviin suunnitelmiin, selostuksiin sekä rakennustöiden yleisiin laatuvaatimuksiin. [2., 50, s.21–23, s.54–59.]

### 6.2.3 Osakohteen tarkastus

Osakohteen tarkistuksessa seurataan työvaiheen laadun tasoa työvaiheen prosessissa. Osakohteen tarkastaminen koskee työvaiheita, joista on jo tehty mallityö. Osakohteen tarkastamisessa seurataan, että työt toteutuvat edelleen suunnitelmien mukaisesti ja lopputulos edenneessä työvaiheessa on suoraan verrannollinen laadullisesti hyväksytyyn mallityöhön. [2., 16]

Osakohteen tarkistuksissa tarkastettavan alueen koko määräytyy sen mukaan, miten työt ovat edenneet ja onko laatu pysynyt mallityön mukaisena. Osakohteen tarkistuksia voi suorittaa myös itse urakoitsija yhdessä valvojan kanssa. Tehdyn työn laadun tarkistaminen on myös itse urakoitsijalle hyödyllinen, sillä suunnitelmien mukaan toteutettuun työhön ei tarvitse enää palata. Näin ollen työn virtaus urakoitsijan omassa urakassa paranee eikä työvoimaresursseja tarvitse kohdistaa urakan aikaisesti tai myöhemmin virheiden tai puutteiden korjaamiseen. [2.]

Kun tahtialueista tehdään osakohteentarkistuksia huolellisesti, vaikuttaa se myös suoraan seuraavien urakoitsijoiden mestan vastaanottoihin, virhe ja puutelistoihin, poikkeamahavaintoihin ja lopulliseen laatuun. Siten työn rytmi säilyy tahtiaikataulun mukaisena, eikä turhia työmenekkitunteja synny puutteiden tai virheiden myötä. Osakohteen tarkistukset ovat siis koko hankkeen toteutumisen kannalta merkittävässä roolissa.



#### 6.2.4 Itselleluovutus tarkastus

Itselleluovutus on tarkastus, jonka urakoitsija suorittaa työsuorituksensa valmistuessa. Tahtituotannossa itselle luovutuksia tehdään tahtialueittain. Itselle luovutuksen tarkoitus on todentaa, että toteutetun työsuorituksen jälki on suunnitelmien mukaista ja mahdolliset virheet ja puutteet ovat korjattu. Tarkastuksessa työsuorituksen laatu tarkastetaan siis vielä kertaalleen malli- tai osakohteen tarkastuksen jälkeen, saavuttamalla kaksivaiheinen todennus suunnitelmien mukaisuudesta. Tarkastuksessa tulisi siten olla myös aina valvoja mukana, jotta kummatkin osapuolet voivat todeta työsuorituksen hyväksytyksi. [2., 16., 44, s.95.]

Itselle luovutuksen yhteydessä käydään laadun lisäksi myös alueen siisteys läpi. Työalueen siistiksi jättäminen edesauttaa merkittävästi seuraavaa urakoitsijaa, joka tulee aloittamaan alueella. Omien jälkien siivoaminen työn aikana ja suorituksen jälkeen edesauttaa merkittävästi omien sekä muiden urakoitsijoiden työntekemistä. Ylimääräiset esteet toimivat herkästi pullonkaulana tahtituotannossa hidastaen ja luoden työmenekkitunteja seuraaville työryhmille. [2., 21]

Ajallaan tehdyt itselleluovutusten tarkistukset parantavat myös työryhmien välistä vaiheaikaa, kun mahdolliset esteet poistuvat työalueilta ennen seuraavan työryhmän aloittamista. Itselleluovutusten tarkistukset toimivat siten myös mestan vastaanottotarkastusten rinnalla varmistuksena siitä, että työt alueella ovat ennen seuraavaa työvaihetta valmiina. Virtaustehoa nostavat itselle luovutukset ovatkin erittäin oleellisia laadun lisäksi myös aikataulullisesti.

## 7 Johtopäätökset

Tahtituotanto on verrattain uusi tuotannonohjauksen menetelmä. Siten moni urakoitsija ei ole vielä edes tutustunut tähän tuotantomalliin. Tämän vuoksi urakoitsijat saattavat helposti kauhistella, kun läpimenoaika on nopeampi, tutustumatta yhtään sen tuomiin hyviin puoliin. Tahtituotanto siis vaatii lisää näkyvyyttä, käyttöä ja käytön kautta syntyvää standardointia toimintamalliin. Näin siitä saataisiin alalla yleinen ja tehokas tapa toteuttaa hankkeita. Työnjohtajat ymmärtävät tahtituotannon periaatteet, mutta työntekijäpuolella tietoisuus tahtituotannon tuotantomallista ei ole kovin tunnettu. Tätä voitaisiin parantaa hankkeissa antamalla kaikille työntekijöille tahtituotantoon liittyvää aineistoa tarjolle esimerkiksi sosiaaliloihin. Tämä varmasti vastaisi moniin tahtituotantoon liittyviin kysymyksiin ja toimintatapoihin. Näin tuotantomallin tarjoamalla hyödyillä saataisiin intoa, motivaatiota työntekijöille.

Laadunvarmistusta ja tahtiaikataulun suunnittelua pitäisi sovittaa entistä enemmän yhteen. Laatutarkastukset kohentavat lopullisen ja luovutetun laadun lisäksi tuotannon laatua. Tuotannon laatutasoa nostamalla työstä saadaan entistä enemmän virtaustehokasta ja tuottavaa kaikille osapuolille.

Laadunvarmistus on intensiivisempää tahtituotannossa nopeamman läpivientiajan vuoksi. Siten sen seurannan yhteensovittamista tahtiaikatauluun voitaisiin parantaa esimerkiksi laadunseurannan palaverilla, joka olisi kerran viikossa. Palaverissa voitaisiin käydä läpi seuraavan viikon tulevia tarkistuksia sekä tarkistusten etenemää. Palaverin tulisi olla päivittäisjohtamispalaverin kaltaisesti lyhytkestoinen. Näin ollen se ei veisi aikaa pois muusta työstä ja tekisi palaverista ryhdikkään ja virtaustehokkaan. Hankekohtaisesti voitaisiin esimerkiksi nimittää henkilö, joka seuraa kaikkien urakoiden vastuvalvojen laatutarkistusten etenemää ja kävisi tämän läpi noin 12 minuuttia kestävässä palaverissa yhdessä valvojen kanssa.

Palaverissa voisi käyttää tahtiaikataulua ja katsoa meneillä olevat työvaiheet ja todeta, miten niiden tarkastusten etenemä kulkee. Valvojat esittävätkin palaverissa

mitä ja milloin he tarkistavat ja minkä kokoisilta alueilta vastaavalle työnjohtajalle ja muille valvojille. Myös urakoitsijoiden tekemiä mestanvastaanottojen toteutumista seurattaisiin ja todettaisiin, onko niitä tehty riittävästi. Palaverin aikana voitaisiin kirjata yleisesti vihkoon ylös päivämäärä ja havaitut puutteet tarkistusten suhteen, kuten tahtia koskevissa päivittäisjohtamisen palavereissa tehdään. Palaverin voisi myös mahdollisesti integroida päivittäisjohtamisen palaveriin. Riskinä tässä on tosin palaverin piteneminen, joka on vastoin päivittäisjohtamisen palaverin periaatetta. Lyhyellä ja ytimekkäällä palaverilla laadun seurannasta saataisiin entistä järjestäytyneempää.

Kaikessa tahtituotannon toiminnassa alueita käsitellään tahtialueiden kautta. Siten Congridin laadunvarmistusmatriisissa hyödynnettyjen ARK pohjakuvien sijaan voitaisiin hyödyntää tahtialueita. Näin laatutarkastusten tekoa voitaisiin sitoa entistä enemmän tahtituotannon kanssa.

Tiedon kulku on digitalisoitumisen myötä levinnyt usealle viestintäkanavalle rakennusalalla. Digitalisaatiota voikin pitää nykyisen aikakauden ajurina sekä ongelmana. Digitalisaation kehityksen myötä aukeaa jatkuvasti uusia sovelluksia ja siten myös mahdollisuuksia toteuttaa asioita tehokkaammin ja paremmin. Tietoa on entistäkin helpompi viestiä eri kanavilla sekä tallentaa eri paikkoihin. Tämä nopeuttaa tiedon kulun prosessin vientiä merkittävästi, mutta hidastaa puolestaan sen vastaanottoa. Hidas reagointi lisää siten vaihtoaikaa tiedon kulussa, joka on SMED-menetelmän vastaista.

Laaja määrä eri sovelluksia tuo kuitenkin haasteita, kun tieto ja viestintä kulkee usealla eri alustalla. Valvojen käytössä oli 16 eri tiedonsiirron työkalua ja menetelmää kohteessa, jossa olin opinnäytetyön aikana. Useat alustat tuovat mahdollisuuksia tehdä asioita laajasti, sillä kaikki alustat sisältävät ominaisuuksia, mitä joku toinen alusta ei tarjoa. Tämä kuitenkin luo nopeasti tilanteen, että jokin asia jää huomaamatta tai hoitamatta. Tämän vuoksi olisi erinomaista, että laadulla, viestinnällä, projektipankilla ja kulun valvonnalla olisi vain yksi sovellus tai jokaista edellä mainittua vaihetta kohden yksi oma sovellus. Tämä tehostaisi merkittävästi työn virtaustehokkuutta ja tuottavuutta.

Tiedon kulkua voisi siis hyvin optimoida tiivistämällä sovelluksia yhteen sovellukseen. Riskinä on kuitenkin liiallinen luotto yhden sovelluksen järjestelmään ja sen ajan tasaisuuden kehitykseen jatkuvassa digitalisaation kehityksessä. Siten oleellista on antaa jatkuvasti kehitysideoita käytettävien sovellusten yrityksille ja toimia heidän kanssaan tiiviissä yhteistyössä kehityksen suhteen.

## 8 Yhteenveto

Laadunvarmistus on pitkä prosessi, joka ei synny pelkästään laatutarkastusten tekovaiheessa. Laatutarkastus on kirjallinen todiste tuotantoprosessin toteutumisesta onnistuneella tavalla. Laatutarkastukset toimivat kokonaisuudessaan polttopisteenä hankkeen laadun toteutumiseksi. Sitä kautta voidaan havaita, kuinka työvaiheet onnistuivat tai miten niitä voisi vielä kehittää. Laadunhallinta ja sen prosessin lujittaminen standardoimalla tuotantomallia yhteiseksi ja selkeäksi toimintatavaksi on tehokas tapa kehittää ja parantaa tuotannon tehokkuutta ja laatua. Laatutarkastukset ovat siis kaiken kehityksen keskiössä, osoittamassa mihin suuntaan työtä tulee kehittää.

Tahtituotannon laadunvarmistusmatriisin ideana on toimia hankkeilla siten, että sen tarkastuspohjat ovat luotu hankkeelle sopiviksi tahtituotannon suunnittelun ohella. Siten tarkastusten suorittamisessa ei tarvitse käyttää aikaa itse tarkastuspohjien tekemiseen. Näin tarkastusten tekemiseen käytettävää aikaa voidaan vähentää, kun tarkistuksia suoritetaan. Tahtituotannolle räätälöidyn laaduntarkastustyökalun avulla voidaan siis vähentää tarkastuksille kuluva vaihe aikaa lean filosofian ja SMED menetelmän periaatteiden mukaisesti. Ennakoon suunnittelusta tarkastusprosessista saadaan järjestelmällisempää, virtaustehokkaampaa ja entistä tarkempaa.

Tahtituotannon periaate tehdä asioita kovalla intensiivisyydellä ei ole myöskään este laadullisesti. Tuotannon tehostaminen yhdessä laadun kanssa ovat kriittisiä asioita toteuttaa kaiken kehityksen ja työn tuottavuuden kannalta. Tahtituotantoa ja laatua voidaan parantaa PDCA-syklin omaisesti hyödyntäen Lean filosofiaa kuvan 12 mukaisesti. Oleellista on siis kehittää toimintamallia jatkuvasti laadunvarmistuksen työkaluilla. Jatkuva parantaminen ja kehitys on ainoa tapa tehdä työstä entistä virtaustehokkaampaa.

Tuotannon onnistuminen on laadun, aikataulun, kustannusten ja turvallisuuden kannalta vääjäämätön asia. Kun jokin näistä asioista ei toteudu, alkaa se herkästi vaikuttamaan myös edellä mainituille sektoreille. Hankkeen kannalta onkin

oleellista, että tuotannon ohjaus on standardoitu ohjeistamalla ja sopimalla se yhteiseksi tavaksi kaikkien hankkeella toimivien osapuolten kesken. Standardoitu toimintamalli luo yhteisen ja selkeä tavan toimia ja toteuttaa. Tämä on ainoa tapa mahdollistaa tehdastuotannon kaltainen virtaustehokas tuotanto. Sisävaiheen tahtituotannossa useat eri työryhmät työskentelevät viereisillä alueilla, mutta toteuttavat hankkeen kuitenkin yhdessä.

## Lähteet

- 1 "Haahtelan verkkosivut" <<https://www.haahtela.fi/haahtela/me>> Luettu 26.3.2024
- 2 Haastattelut ja työmaavierailu
- 3 "Henry Ford The Assembly Line" *Lemelson-MIT* <<https://lemelson.mit.edu/resources/henry-ford>> Luettu 9.2.2024
- 4 "Henry Ford: Assembly Line" *Henry Ford Museum* <<https://www.thehenryford.org/collections-and-research/digital-collections/expert-sets/7139/>> Luettu 9.2.2024
- 5 "Consumer Price Index, 1800-" *Federal Reserve Bank of Minneapolis* <<https://www.minneapolisfed.org/about-us/monetary-policy/inflation-calculator/consumer-price-index-1800->> Luettu 9.2.2024
- 6 "Toyota Production System" *Lean Enterprise Institute* <<https://www.lean.org/lexicon-terms/toyota-production-system>> Luettu 26.2.2024
- 7 "Basic concept of the Toyota Production System" < [https://www.toyota-global.com/company/history\\_of\\_toyota/75years/data/automotive\\_business/production/system/change.html](https://www.toyota-global.com/company/history_of_toyota/75years/data/automotive_business/production/system/change.html) > *Toyota Global Website* Luettu 28.2.2024
- 8 "Toyota Production System – LEAN:in juuret" *Toyota-industries* <<https://toyota-forklifts.fi/tietoa-toyotasta/tps/>> Luettu 25.3.2024
- 9 Lean sanasto, *Lean thinking Oy*
- 10 "How Lean Techniques are used in Formula 1" <<https://industryforum.co.uk/blog/lean-techniques-in-formula-1/>> Luettu 20.3.2024
- 11 M. Maltby "Formula One pit stop: How does the crew work and what are the roles to ensure Sebastian Vettel and Cocan return to the track in a matter of seconds?" *Daily Mail Online* 12.4.2017 <<https://www.dailymail.co.uk/sport/formulaone/article-4401632/Formula-One-pit-stop-does-crew-work.html>> Luettu 20.3.2024
- 12 "New pit stop world record! McLaren Lando norris 1.80s 2023 Qatar Grand Prix DHL" *Formula1* 9.10.2023 <[https://www.youtube.com/watch?v=tRBOiq-Q6\\_s](https://www.youtube.com/watch?v=tRBOiq-Q6_s)> Katsottu 20.3.2024

- 13 "A thorough analysis of the pit stop strategy in Formula 1" *Statathlon* 16.5.2018 <<https://statathlon.com/analysis-of-the-pit-stop-strategy-in-f1/>> Luettu 10.4.2024
- 14 "Foundations of Takt Planning and Takt Control" <Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J. and Sterlike, S. (2016). History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, Boston, MA, USA, sect.1 pp. 53–62. Available at: [www.iglc.net](http://www.iglc.net).> Luettu 20.3.2024
- 15 S. Mölsä "Onko tahtituotanto työmaalle riski? – 25 mestarin kokemukset kertovat joustavuudesta ja laadun paranemisesta." *Rakennuslehti* 7.11.2019 <<https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/onko-tahtituotanto-jousta-maton-riskikokeilu-building-2030-testasi-asian-pilottiprojekteissa/>> Luettu 21.3.2024
- 16 "Rakennustöiden laatu RTL 2017" *Rakennustieto Oy*
- 17 "Elementtirakentamisen historia" *Elementtisuunnittelu.fi* 23.9.2020 <<https://www.elementtisuunnittelu.fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>> Luettu 28.2.2024)
- 18 J. Lehtovaara., U. Hartikainen "Tahtituotanto opas 2 2024" *Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL* <<https://www.ril.fi/kirjakauppa/erikoisjulkaisut/tahtituotanto-p-853.html>> Luettu 4.4.2024
- 19 "The TAKT area" *TAKT.knowledge* 22.10.2021 <<https://knowledge.taktting.com/category/basic-elements/articles/12>> Luettu 25.2024
- 20 "Origins of TAKT time" *OEE by Vorne Industries* <<https://www.oee.com/takt-time/origins/>> Luettu 7.4.2024
- 21 "Ratu Aikataulukirja 2024", *Rakennustieto Oy*
- 22 "Sisävaiheen tahtiaikataulu" *Haahtela-rakennuttaminen oy* (vain sisäisessä käytössä).
- 23 A. Baluch., C. Bottorff "What is just in time inventory (JIT)?" *Forbes Advisor* 12.5.2023 <<https://www.forbes.com/advisor/business/just-in-time-inventory/>> Luettu 23.2.2024
- 24 J. Virtanen "Rakennusalan digiloikka käytännössä: urakan seuranta etänä reaaliajassa, uusi tuotantomalli jakaa työn pieniin paloihin" *Kauppalehti* 8.10.2021 <<https://www.kauppalehti.fi/uutiset/rakennusalan-digiloikka-kaytannossa-urakan-seuranta-etana-reaaliajassa-uusi-tuotantomalli->



- jakaa-tyon-pieniin-paloihin/683cd9e3-ef6e-44f9-838a-1c301e81232c> Luettu 23.2.2024
- 25 "Tutkimus: "Management by perkele" hyödyntää pomoa hetkellisesti, mutta kostahtuu" *Iltä Sanomat*, taloussanomat 6.10.2017 <<https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000005397996.html> 2024> Luettu 9.3.2024
- 26 "Kunnon rakentaja korjaa alan mainetta" *Peab Oy kotisivut 11.6. 2018* <<https://peab.fi/tata-tarjoamme/rakentaminen/ammattiylypeys/kunnon-rakentaja-korjaa-alan-mainetta/>> Luettu, 23.3.2024
- 27 "Ammattiylypeys ruokkii tiimisi tuloksellisuutta ja sitouttaa koko työyhteisöä" *Great Places To Work Institute Inc.* <<https://greatplacetowork.fi/artikkelit/ammattiylypeys/>> Luettu, 23.2024
- 28 "Johtajan käsikirja 2022" *Suomen puolustusvoimat*
- 29 "Mitä laatu on?" *SFS Suomen Standardit 15.2.2016* <<https://sfs.fi/mita-laatu-on/>> Luettu 28.12.2023
- 30 "The history of Quality" *American Society for Quality (ASQ)* <<https://asq.org/quality-resources/history-of-quality#guilds%C2%A8>> Luettu 28.12.2023
- 31 "Standardi, sertifikaatti ja CE-merkintä – tunne erot ja yhtäläisyydet" *SFS Suomen Standardit 17.3.2023* <<https://sfs.fi/standardi-sertifikaatti-ja-ce-merkinta/>> Luettu 20.12.2023
- 32 "CE-merkintä" *Suomen ympäristöministeriö* <<https://ym.fi/ce-merkinta>> Luettu 7.4.2024
- 33 "Kahi väliseinäpönttiharkot suoritusasoilmoitus (DOP)" *Saint-Gobain Weber 3.1.2023* <<https://www.fi.weber/kahi-tiilet-ja-harkot/kahi-harkot/kahi-valiseinapontti-300x85x198>> Luettu 27.12.2023
- 34 "The European Committee for Standardization (CEN) and the European Committee for Electrotechnical Standardization (CENELEC) are two distinct private international non-profit organizations." *European Committee For Electrotechnical Standardization (CENELEC)* <<https://www.cenelec.eu/european-standardization/cen-and-cenelec/>> Luettu 1.1.2024
- 35 "Standardointi" *Rakennusteollisuus RT* <<https://rt.fi/tietoa-alasta/standardointi/>> Luettu 29.1.2024
- 36 "Rakennustuoteteollisuus RTT" *Rakennusteollisuus RT* <<https://rt.fi/toimialamme/rakennustuoteteollisuus/>> Luettu 29.1.2024

- 37 "SFS 7001 Muuratuille tuotteille eri käyttökohteissa vaadittavat ominaisuudet ja niille asetetut vaatimustasot" *Rakennustuoteteollisuus RTT 3.1.2014*
- 38 "Standardointi Suomessa ja maailmalla" *SFS Suomen Standardit* <<https://sfs.fi/osallistu-ja-vaikuta/standardointi-suomessa-ja-maailmalla/>> Luettu 25.3.2024
- 39 "Rakennustuotteet" *Suomen ympäristöministeriö* <<https://ym.fi/rakennustuotteet>> Luettu 22.3.2024
- 40 "Maankäyttö- ja rakennuslaki (alueidenkäyttölaki)" *Finlex – säädöstietopankki* <<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>> Luettu 27.3.2024
- 41 "Yrityksen verkkosivut" *Rakennustieto Oy* <<https://www.rakennustieto.fi/yritys>> Luettu 27.3.2024
- 42 "SisäRYL 2013 – Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset" *Rakennustieto Oy*
- 43 "Tehtäväsuunnittelu – työväline ohjaukseen" *Laaturakentaminen.fi* <<http://laaturakentaminen.fi/index.php/blogi/297-tehtaevaesuunnittelu-tyo-vaeline-ohjaukseen>> Luettu 22.3.2024
- 44 A. Oksanen., V. Laine., K., Kaskiaro "Urakkasopimukset 2010" *Lakimiesliiton kustannus*
- 45 H. Hietala., P. Järvensivu., K. Kaivanto., K. Kyläkallio "Yrityksen asiakirja ja sopimusopas" *Talentum Oyj 2010*
- 46 "Hankkeiden eri toteutusmuotoja" *Rakennustaito 3/23, Enerke, Fira, Jalorakentajat, Teknoplan ja Olli Hakunin diplomityö (TU)*
- 47 "RT 103171, talonrakennustöiden työmaavalvonnan tehtäväluettelo" *Rakennustieto Oy 17.12.2019*
- 48 "Yrityksen verkkosivut" *Congrid part of SmartCraft Oy* <<https://www.congrid.fi>> Luettu 6.4.2024
- 49 "Congrid sovellus" *Haahtela-rakennuttaminen Oy (vain sisäisessä käytössä)*
- 50 "Uuden asunnon laatu – Rakennustekniikka 2010" *Rakennusteollisuus RT oy*

## Liitteet

Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi Koti > Erica > Laatu	Mestän vastaanotto (Tarkastus)	Malliasennus (Tarkastus)	Osakohteen tarkastus (Tarkastus)	Itselleluovutus (Tarkastus)
1 Juna	0	0	0	0
V1 Kaivot ja viemärit asennus	0	1	1	0
V2 Lattiarasioiden ja sähköputkikistusten asennukset	0	1	0	0
V3 Holviin tulevat palokatkomansetit	0	0	0	0
V4 Pintabetoni	0	1	12 ✓ 6	0
V5 Muuraustuet	0	0	0	0
V6 Väliseinämuuraus	34	1	3	51 ✓ 1
V7 Ulkoseinien ikkunoiden kiskot asennus	0	0	0	0
V8 Pölynsidontamaalaus sekä tasoite- ja maalaustyöt TEK	0	1	0	0
V10 Terästuet väliseinille/lasiväliseinille VMT steel. Atrium aukon ylä- ja alapään teräkset Haka PKS.	0	1	9 ✓ 5	0
V11 Ulkoikkuna asennukset	0	0	0	0
V12 Jätevesiviemäreiden hajoituskien asennus	0	0	0	0
V14 massalattiat	0	0	0	0
2 Juna	0	0	0	0
V2.01 Väliseinä ranka, rasiapohjat, hanakulmien taustat, akustiikkapohjat.	0	1	0	0
V2.02 5ÄH rasiat ja putkitus	0	0	0	0
V2.03 TATE ja S-merkit/reijät	0	0	0	0
V2.04 - 2.05 Väliseinä tuplaus, läpiviennit ja reijät	0	0	0	0
V2.06 TEK Suojaus	0	0	0	0
V2.07 Pölynsidonta ja maalaus TEK	0	0	0	0

Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi Koti > Erica > Laatu	Mestän vastaanotto (Tarkastus)	Malliasennus (Tarkastus)	Osakohteen tarkastus (Tarkastus)	Itselleluovutus (Tarkastus)
V2.08 - 2.14 Kipsiseinién nauhoitus, pohjatasoitus, pohjamaalaus, pintamaali 1 & 2	0	0	0	0
V2.15 YHT Kannatus 2	0	0	0	0
V2.16 Akustiikka villat	0	0	0	0
V2.17 S-palohyllyt	0	0	0	0
V2.18 S-keskukset (kasataan osista paikan päällä)	0	0	0	0
V2.19 S-palokaapelit	0	0	0	0
V2.20 - V2.21 SPR 1 & SPR 2	0	0	0	0
V2.22 Käyttövedet	0	1	0	0
V2.23 Lämmitys & Jäähdytys	0	0	0	0
V2.24 Paineilma putkisto	0	0	0	0
V2.25 Keskuspölynimuri runko	0	0	0	0
V2.26 Puhdasvesi	0	0	0	0
V2.27 KH Vesi	0	0	0	0
V2.28 Typpi	0	0	0	0
V2.29 Höyry	0	0	0	0
V2.30 Helium	0	0	0	0
V2.31 SPR 2 Oksat ja suuttimet ak alapuoliset	0	0	0	0
V2.32 - 2.33 KV haara rungolta pisteille	0	0	0	0
V2.33 Lämpöhaarat	0	0	0	0
V2.34 Jäähdytyshaarat	0	0	0	0
V2.35 Paineilma haarat	0	0	0	0
V2.36 Haarat keskuspölynimuriin	0	0	0	0
V2.37 Kaasu N2 haarat	0	0	0	0
V2.38 Kaasu puhdasilma	0	0	0	0

Työvaihe, työvaiheen numero ja nimi Koti > Erica > Laatu	Mestän vastaanotto (Tarkastus)	Malliasennus (Tarkastus)	Osakohteen tarkastus (Tarkastus)	Itselleluovutus (Tarkastus)
V2.39 IV palopellit ja viemäreiden kuvaukset	0	0	0	0
V2.40 Palokittaukset	0	0	0	0
V2.41 Painekeheet runkolinjat LJ & KV (pöytäkirja)	0	0	0	0
V2.42 Painekeheet Kaasut & SPR (pöytäkirja)	0	0	0	0
V2.43 KV, LJ, VIEM eristeet	0	0	0	0
V2.44 Kaasueristykset	0	0	0	0
V2.45 Pölynhallinta urakoitsija IV	0	0	0	0
V2.46 IV kanavat kaikki erikoot yhteensä	0	0	0	0
V2.46 ja V2.51 IV Eristykset	0	0	0	0
V2.47 ja V2.49 Yhteiskannakointi IV kanavien alapuolelle sähköhyllyjä varten	0	0	0	0
V2.48 & V2.50 & V2.52 - 2,53 (Eri kohtiin hyllyt ja kaapeloi Sähköhyllyt ja kaapelointi jakorasioille)	0	0	0	0
V2.54-V2.55 AK rangat ja levytys	0	0	0	0
V2.56 - V 2,62 AK tasoitus & maalaus	0	0	0	0
V2.63 Patteriasennus	0	0	0	0
V2.64 - V2.67 Sähköurakka, TELE, TURVA & RAU	0	0	0	0
V2.68 - V2.69 AK rungot, järjestelmäkatot & Tekniikkalevyt (Malli paikan päällä)	0	0	0	0
V2.70 Siivous AK pölyt	0	0	0	0
V2.71 Säteilijäasennus	0	0	0	0
V2.72 AK IV LJ yksittäiset päälaitteet TEK	0	0	0	0
V2.73 AK RAU pisteet TEK	0	0	0	0
V2.74 AK Valaisimet & kytkentä TEK	0	0	0	0

V2.75 AK Rasiat, Kytkimet & palohälyttimet TEK	i	0	0	0	0
3 Juna (Täydenty)	i	0	0	0	0
V3.01 laboratorioden massalattiat	i	0	0	0	0
V3.02 Parketilattiat	i	0	0	0	0
V3.03 Lasiseinät	i	0	0	0	0
V3.04 Kylmiön Rakenteet	i	0	0	0	0
V3.05 Mattolattiat	i	0	0	0	0
V3.07 Ovien automaatio ja turvapisteet	i	0	0	0	0