



Anna Velikainen

Tahtituotanto toimitilarakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

3.2.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Anna Velikainen
Otsikko: Tahtituotanto toimitilarakentamisessa
Sivumäärä: 42 sivua + 3 liitettä
Aika: 3.2.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Rakentamisen projektinhallinta
Ohjaajat: Työmaainsinööri Valtteri Leskinen
Lehtori Riikka Jääskeläinen

Insinööriyön tilaaja oli YIT Suomi Oy, Toimitila-yksikkö. Insinööriyön tavoitteena oli luoda tarkistuslista, jolla voidaan tulevaisuuden toimitilahankkeissa välttyä tutkimustuloksessa mainituilta ongelmilta ja ennakoida mahdollisia virheitä tahtituotannon toteutumisessa.

YIT kokeilee tahtituotannon hyödyntämistä toimitilarakentamisessa ja kyseinen hanke toimii pilottikohteena. Tahtiaikataulu on ollut kyseisellä hankkeella käytössä sisävalmistusvaiheessa. Työn alussa käydään läpi keskeiset rakennushankkeeseen liittyvät aikataulut ja tahtituotannon periaatteet. Kyselytutkimuksen perusteella tahtituotannon onnistumista analysoidaan toimitilahankkeessa ja lopuksi tulkitaan tulokset ja tehdään johtopäätökset.

Tulosten perusteella tilaaja pystyy arvioimaan ja tekemään parannus- ja kehitystoimenpiteitä liittyen aikatauluun, puutteellisiin suunnitelmiin, työmaalogistiikkaan, resurssien puutteellisuuteen ja laadun parantamiseen.

Tutkimustuloksena syntyi tarkistuslista rakennushankkeilla toimiville toimihenkilöille tahtituotannon sujuvuuden ja toimivuuden varmistamiseksi.

Avainsanat: Tahtiaikataulu, toimitila-yksikkö, tahtituotanto, aikataulu

Abstract

Author: Anna Velikainen
Title: Takt Time Production in the Construction of Business Premises
Number of Pages: 42 pages + 3 appendices
Date: 3 February 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Project Management of Construction
Supervisors: Valtteri Leskinen, Engineer
Riikka Jääskeläinen, Senior Lecturer

The Client Organization for the engineering work was YIT Suomi Oy, Premises unit. The aim of the final year project was to draw up a check list to avoid problems and to anticipate possible errors in future takt time projects of the premises unit.

YIT is experimenting with the use of takt time production in the construction of premises and Tapiolan Tuultenristi housing company functions as a pilot project. Takt time production for this project is in use during the indoor manufacturing phase. In the beginning of the study, the key schedules related to the construction projects and the principles of takt time production will be reviewed. Based on the survey, the success of the takt time production in the premises project will be analyzed and conclusions drawn.

Based on the results, the Client Organization can assess and carry out improvement and development measures in relation to the timetable, inadequate plans, site logistics, lack of resources and quality improvements.

The result of the final year project was a check list for the staff working on construction projects to ensure a smooth and efficient pace of production.

Keywords: Takt time production, business premises, Takt time project, timetable

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Tutkimuksen tausta ja tavoitteet	1
2	Aikataulusuunnittelu	2
2.1	Aikataulutus ja tuotantomallit	4
2.2	Jana-aikataulu	6
2.3	Vinoviiva-aikataulut	7
2.3.1	Line of Balance	7
2.3.2	Flowline	8
2.3.3	Paikka-aikakaavio	9
2.5	Tuotantoaikakaavio	11
3	Tahtituotanto	13
3.1	Mistä tahtituotanto on peräisin	16
3.2	Lean-ajattelu	18
3.3	Lean rakentamisessa	19
3.4	Tahtituotanto rakentamisessa	20
3.4.1	Sitedrive	21
3.4.2	Takt.ing	22
4	Tapiolan Tuultenristi	24
4.1	Tahtituotanto Tapiolan Tuultenristissä	25
4.2	Tahtituotannon seuranta	25
4.2.1	Sitedrive Tapiolan Tuultenristissä	26
4.2.2	Last Planner	26
4.3	Logistiikka	27
5	Tutkimusosa	29
5.1	Kyselytutkimus	29
6	Tulokset	35
7	Johtopäätökset	37

8	Yhteenveto	39
	Lähteet	41
	Liitteet	
	Liite 1: Kyselytutkimus	
	Liite 2: Kyselytutkimuksen avoimen kysymyksen vastaukset	
	Liite 3: Tahtituotannon tarkistuslista	

Lyhenteet

- LOB: *Line Of Balance*. Line of Balance kuvaa tuotannon etenemistä ajan sekä määrän suhteessa. Työn edistymistä eli tehtävää kuvataan kahdella viivalla – aloitus- ja lopetusviivalla.
- TPS: Toyotan tuotannonfilosofia (Toyota Production System, TPS)
- TPTC: Takt Time Planning and Takt Control (ns. BMW:n malli)
- TTP: Takt Time Planning (ns. Kalifornian malli)
- VA%: Valmiusaste prosentti (VA%) kuvaa suunnitellun tai toteutuneen määrän suhteessa kokonaismäärään ja sillä on oma laskentakaava.

1 Johdanto

Tämä insinöörityö tehdään YIT Suomi Oy:lle, joka on suurin pohjoismainen rakennusalan yritys. Yrityksen tarina alkaa vuonna 1912, jolloin ruotsalainen insinööritoimisto *AIB* avasi ovensa Helsingissä. Vuonna 1919 *AIB*:n vetäytyttyä Suomesta sisällissodan jälkeen, toimiston jatkajaksi Helsingissä vuonna 1920 perustettiin suomalainen yritys *Ab Allmänna Ingeniörsbyrån – Yleinen Insinööritoimisto Oy*. (YIT Group 2022.)

1.1 Tutkimuksen tausta ja tavoitteet

YIT pilotoi tahtituotannon hyödyntämistä toimitilarakentamisessa. Ennestään tahtituotantoa on käytetty YIT:llä asuinrakentamisessa ja infrarakentamisessa. Toimitilan puolella tahtituotanto on uusi toimintamalli. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia tahtiaikataulua toimitilarakentamisessa. Tahtituotanto on kaikille Tuultenristihankkeessa toimiville YIT:läisille uusi toimintamalli. Esimerkkikohteena toimii Tapiolan Tuultenristin työmaa.

Tahtituotannon tarkoituksena on saada vähennettyä työmaalla syntyviä häiriöitä jakamalla työmaa lohkoittain pienempiin kokonaisuuksiin. Tahtiaikataulu on käytössä hankkeen sisävalmistusvaiheessa. Tahtiaikataulun soveltuvuus tämän hankkeen runkovaiheessa olisi erittäin haastavaa. Runkovaihetta ei ollut mahdollista jakaa selkeisiin lohkoihin, koska päällekkäisten työvaiheiden urakoitsijat, kuten infra-, maanrakennus-, paikallavalu- ja runkoasennusurakoitsija työskentelivät yhtä aikaa samoilla alueilla. Lisäksi logistiikkaurakoitsijaa ei ollut vielä hankkeen alkuvaiheessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda tarkistuslista, jolla voidaan tulevaisuuden toimitilahankkeissa välttyä tutkimustuloksessa mainituilta ongelmilta ja ennakoita mahdollisia virheitä tahtituotannon toteuttamisessa.

2 Aikataulusuunnittelu

Projektin aikataulua voi verrata ohjekarttaan, joka on avainasemassa projektin läpiviemiselle. Lisäksi se kertoo, mitä kulloinkin tehdään projektin tavoitteiden saavuttamiseksi. (Kuva 1.) Aikatauluttaminen on ajan määrittämistä sekä tehtävien sijoittelua. Tämän kokonaisuuden hallitsemiseksi aikataulusuunnittelu pyrkii vastaamaan kysymyksiin: kuka tekee, mitä tehdään, missä tehdään ja milloin tehdään. Rakennustyömaan aikataulun tarkoituksena on kuvata tuotantoa ja sen etenemistä. Tämän lisäksi aikataulun keskeiseksi asiaksi muodostuu tuotannon poikkeamien havaitseminen. (*RT kortisto, Aikataulukirja 2016, sivut 6, 18–19.*)

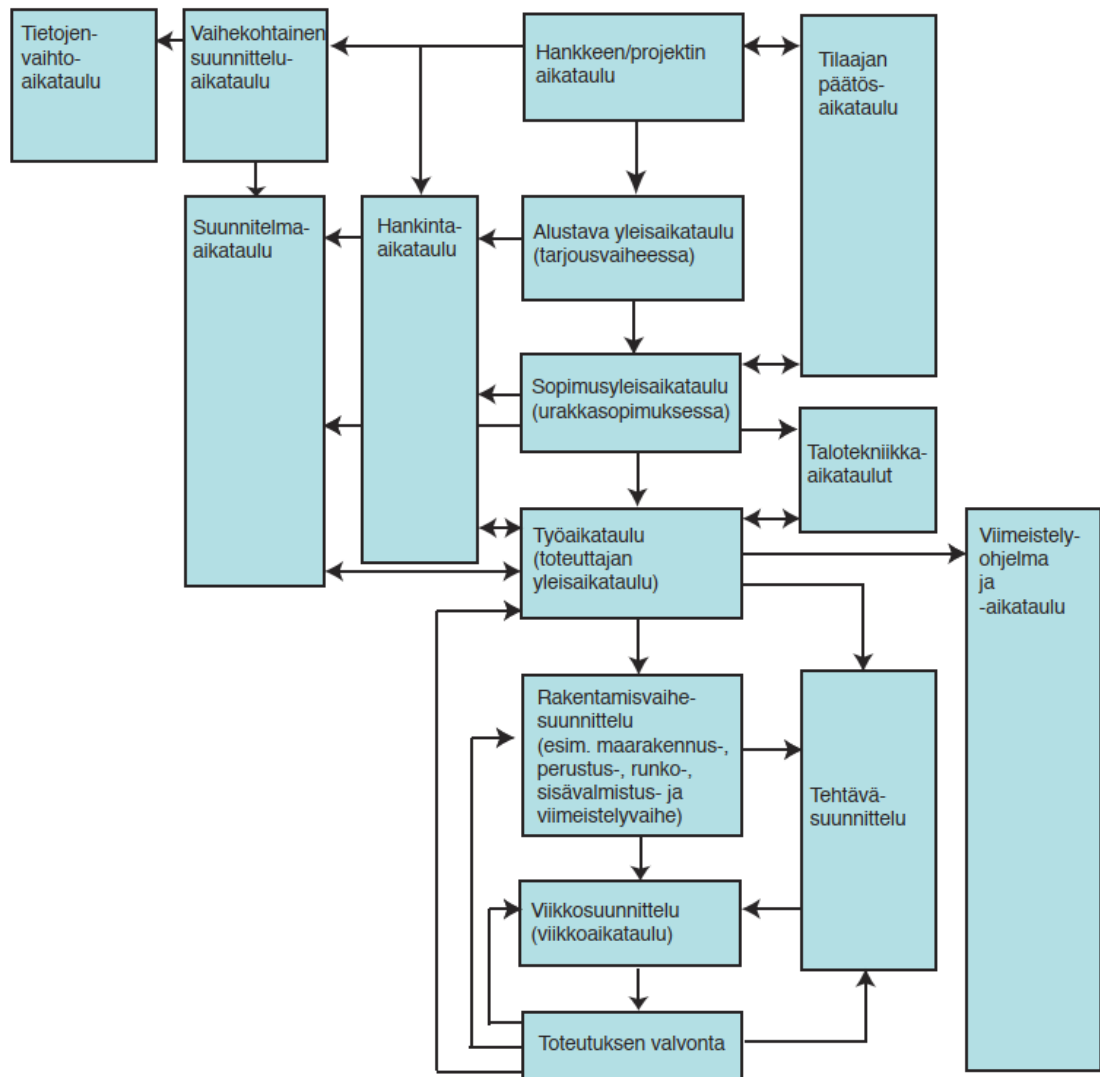
Rakentamisen aikataulutukseen ja projektin läpivientiin vaikuttavat mm.

- päärakennusmateriaali
- rakennejärjestelmä (elementti, esivalmistettu, paikalla rakennettu)
- toteutusmuoto ja -tapa
- rakennusfysikaaliset tekijät
- tekniset järjestelmät
- aloitusajankohta
- olosuhteet.

Aikataulua eli tehtävien ajoitusta ja ajankäyttöä suunniteltaessa on otettava huomioon realistinen toteutusmalli kaiken olevan tiedon perusteella. Mallissa määritetään tavoitteet hankkeelle ja yksittäisille työtehtäville. Asetetut tavoitteet koskevat tehtävien aloittamista ja päättämistä aikataulun mukaisesti sekä työvoiman ja resurssin käyttöä. (*RT-kortisto, rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 64.*)

Aikataulusuunnittelu edellyttää huolellista perehtymistä rakennushankkeeseen. Keskeisimmät ratkaisut tehdään hankesuunnitteluvaiheessa, missä rakennuttaja päättää hankkeen tavoitteet, asettaa ajalliset reunaehdot ja laatii hankeaikataulun. Aikataulujen tulee olla realistisia, tavoitteellisia ja käyttötarkoitukseen sopivia. Aikataulusuunnittelun onnistumisen edellytyksenä on soveltaa kaikki

saatavilla oleva tieto rakennushankkeen edetessä ja sen myöten tarkentaa ajallista suunnittelua. Tärkeää myös havaita tuotannon poikkeamia ja häiriöitä. Aikatauluilla tulee myös osata ennakoida ja oppia varautumaan tuotannon häiriötilanteisiin sekä olosuhteiden ja suunnitelmien muuttumiseen. (RT-kortisto, rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 62.)



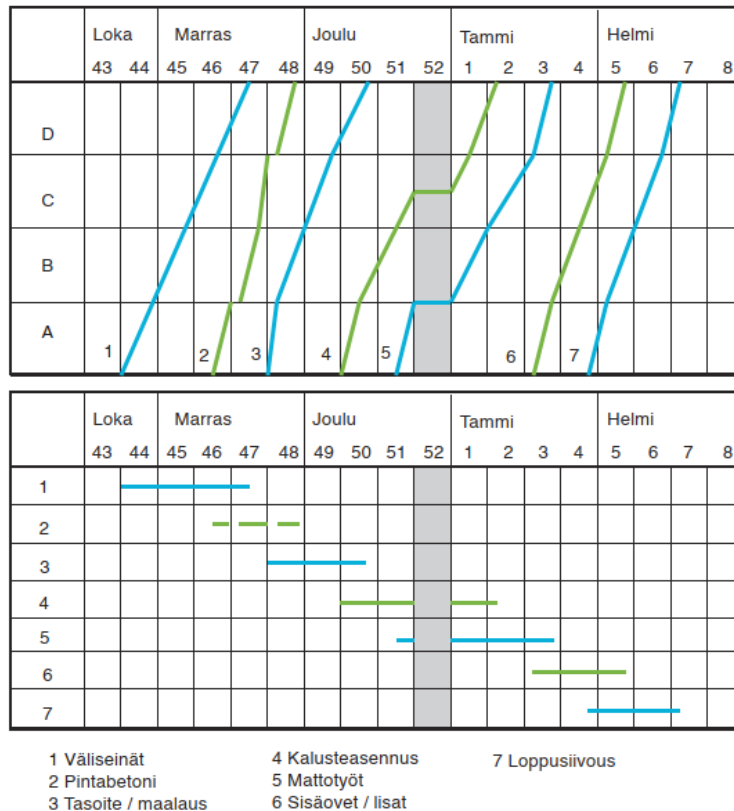
Kuva 1. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelun eteneminen. Nuolet kuvaavat tiedon liikkumista aikataulusuunnitelmasta toiseen. (RT-kortisto, rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 40.)

Hyvin suunniteltu hanke on erittäin hyvä alku, mutta rakennustyömaalla merkittävässä roolissa on toteutuksen ohjaus ja tuotannon johtaminen. Hankkeen onnistuminen edellyttää, että toiminta ohjataan projektin kaikissa vaiheissa. *(RT-kortisto, rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 40.)*

2.1 Aikataulutus ja tuotantomallit

Rakennushankkeen läpimenoajan onnistumisen edellytyksenä on hyvin suunniteltu aikataulu. Aikataulu toimii ohjekarttana, jolla seurataan projektin ajallista läpimenoa ja pyritään pysyä ajallisesti aikataulussa hankkeen loppuun asti. Aikataulu kertoo missä ajassa ja missä paikassa pitää tehdä, jotta projektin tavoitteet saavutetaan. *(RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 6.)*

Projektin onnistuminen vaatii johtamista ja johtaminen vaatii tietämystä sekä taitojen ja välineiden teknistä käytön hallitsemista. Projektijohtaminen tarkoittaa resurssien kuten työvoiman, rahan, materiaalin ja ajan hallintaa. Projektinjohtamista tarvitaan, jotta asetetut tavoitteet voidaan saavuttaa loppuun suunnitellulla tavalla, laadukkaasti, aikataulun ja budjetin mukaisesti. *(RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 6.)*



Kuva 2. Esimerkki sisävalmistusvaiheen rakennustekniset työt paikka-aikakaaviona ja jana-aikatauluna. (RT-kortisto, *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*, sivu 55.)

Työmaan ohjauksen kannalta aikatauluista on hyvä laatia erilaisia aikataulu-
muotoja parhaan käyttötarkoituksen mukaan. Erilaiset aikataulut sopivat eri
käyttötarkoitukseen ja helpottavat tuotannon suunnittelua ja ohjausta. Lisäksi
niistä voi havaita poikkeamat ja ristiriidat, mitä ei välttämättä tietyllä aikataulu-
suunnittelulla voida havaita. Tämän takia on hyvä tarkistaa ja soveltaa monta ai-
kataulutyyppiä. (RT-kortisto, *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*,
sivu 21.)

Tunnetuimpia aikataulumuotoja ovat jana-aikataulu ja vinoviiva-aikataulu. Suo-
messä yleisimmin käytettäviä ja tunnetuimpia vinoviiva-aikatauluja ovat tuotan-
tokaavio ja paikka-aikakaavio. (RT-kortisto, *Aikataulukirja 2016*, sivut 18, 19,
28.)

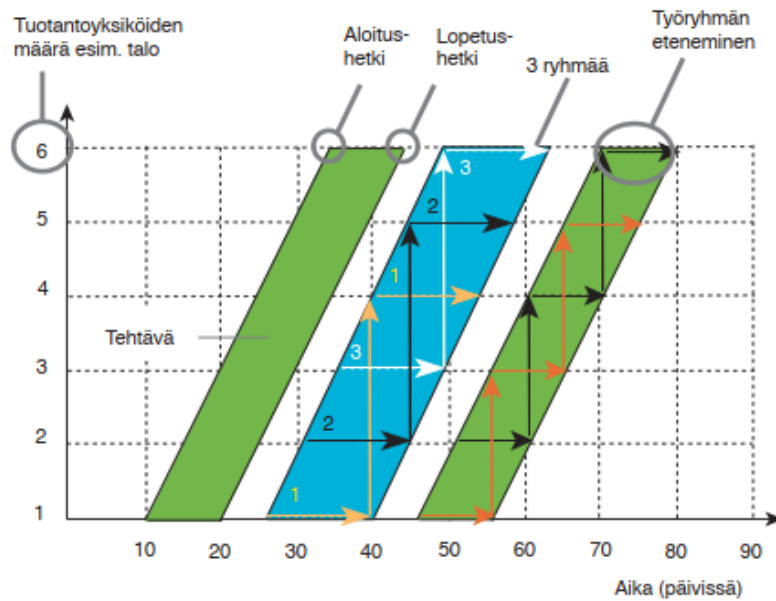
Heikkoudet kyseisessä aikataulussa liittyvät aikataulun laadun tarkastukseen ja tuotannon valvontaan, sillä jana-aikataulussa on vaikea esittää tarkasti tehtävien etenemistä ajan ja paikan suhteen. Jana-aikataulussa pystyy sitomaan tehtävät tarkemmin paikkaan, mikäli tehtävät ositellaan paikkakohtaisesti eli osakohteisiin. *(RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus sivu 22.)*

2.3 Vinoviiva-aikataulut

Vinoviiva-aikataulut kuvaavat tuotantonopeutta määrän suhteen. Vinoviiva-aikataulut perustuvat Line of Balance (LOB) sekä flowline -tekniikoihin. *Aikatauluissa vaaka-akselilla on aika ja pystyakselilla tuotantoyksikkö eli rakentamisen paikka. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus sivu 9.)*

2.3.1 Line of Balance

Line of Balance -kuvaava tuotannon etenemistä määrän ja ajan suhteessa. Tuotannon etenemistä eli tehtävää kuvataan kahdella viivalla – aloitus- ja lopetusviivalla. Kuvassa 4 esitetty Line of Balance tekniikka. *(RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 28.)*

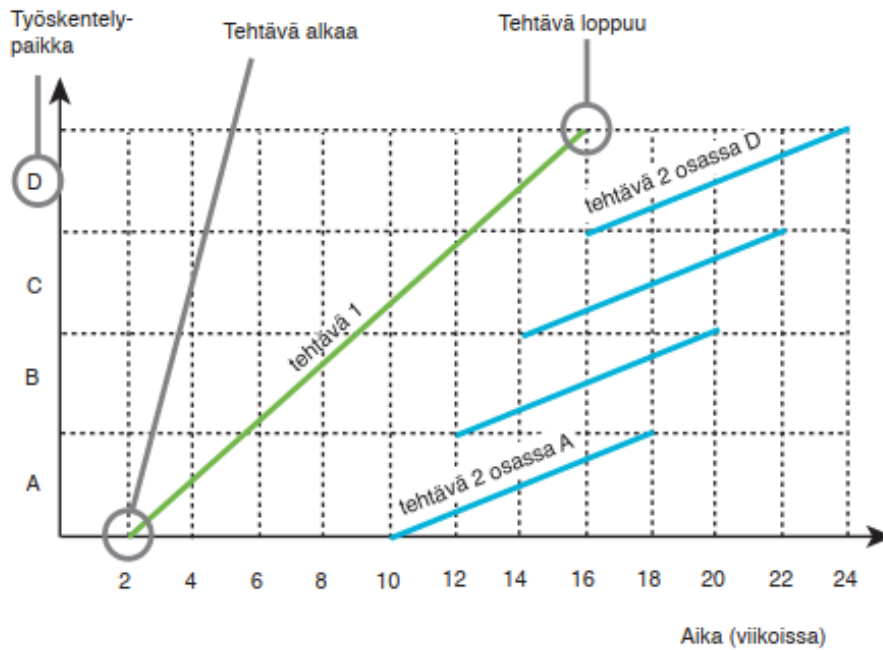


Kuva 4. Line of Balance (LOB) -tekniikka. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 28.)

Kuvassa 4 esitetty kolmen tehtävän suunniteltu eteneminen. Sinisellä keskimäisessä tehtävässä työryhmiä on kolme ja vihreillä reunoilla olevissa tehtävissä työryhmiä on kaksi. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 28.)

2.3.2 Flowline

Flowline kuvaa tuotannon etenemistä ajan ja tuotannon paikan suhteen eli työryhmän etenemisen. Aikataulun pystyakselilla esitetään tehtävän määrätty tehtäväpaikka ja vaaka-akselilla kulkee aika kuten LOB:ssa. Tehtävä kuvataan yhdellä viivalla. Tehtävä alkaa vasemmasta alanurkasta, osoittaen aloituspaikan ja aloitushetken ja päättyy oikean ylänurkkaan, mikä taas kertoo päättymispaikan ja päättymisajan. Flowline ei esitä yksittäisen työryhmän fyysistä sijaintia, joten työryhmien kanssa tulee olla tarkkana. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 29.)

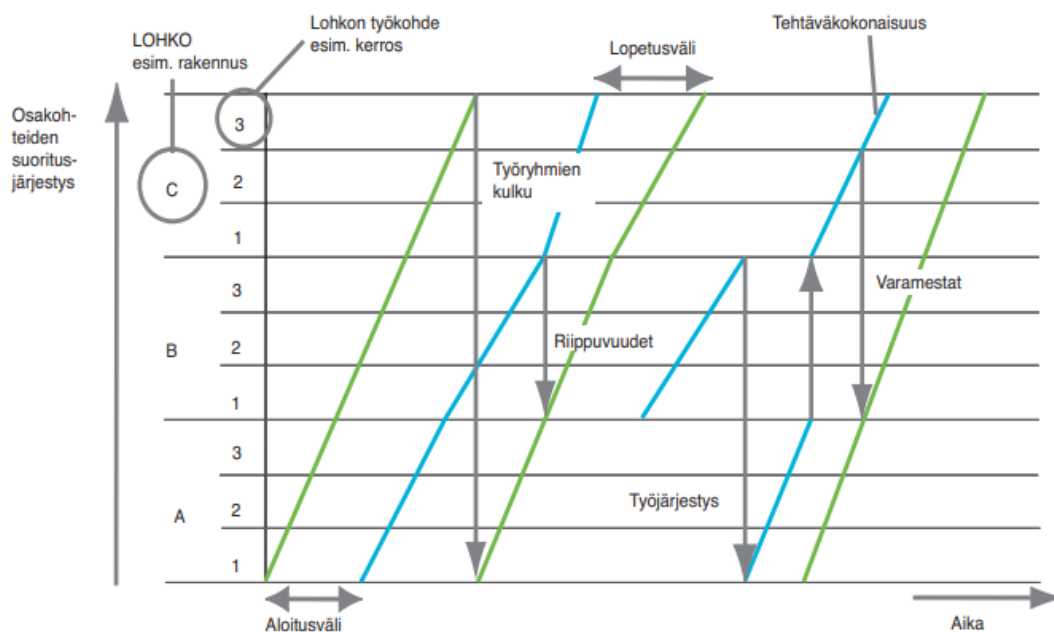


Kuva 5. Paikkakohtainen flowline, jossa esitetty tehtävät 1 ja 2 paikoissa A-D. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 29.)

Alkuperäinen flowline kuvaa tuotantoaikakaaviota ja nykyinen vastaa suomalaisille tunnetumpaa paikka-aikakaaviota. Lohkojaon käyttöä pystyakselilla on suomalaisten tutkimusten lisäksi. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 29.)

2.3.3 Paikka-aikakaavio

Suomessa tunnetuimpia ja käytettäviä vinoviiva-aikatauluja ovat tuotantokaavio ja paikka-aikakaavio. Paikka-aikakaavio kuvaa tuotannon etenemistä paikan ja ajan suhteessa. (Kuva 6). Aikataulu muodostuu kohteen jakamisesta osakohteisiin ja osakohteille määritetään suoritusjärjestys. Pystyakselilla voidaan jaotella rakennuksen paikkoja sekä kuvata myös osakohteiden laajuutta. Osakohteet voidaan jakaa pienempiin osakokonaisuuksiin esimerkiksi lohkoihin (A, B ja C) tai kerroksiin (1, 2 ja 3). Suoritusjärjestys alkaa alhaalta ja loppuu pystyakselin yläpäässä. Vaaka-akselilla esitetään toteutus aika, esimerkiksi viikkoina tai päivinä. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 25.)



Kuva 6. Paikka-aikakaavion toimintaperiaate. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 25.)

Paikka-aikakaavion tehtäväviivojen kaltevuus osoittaa tuotantonopeuden. Vino- viivoilla kuvataan tehtävien kestot, niiden suoritusjärjestys ja toteutuksen aika- välin. Jokaiselle tehtävälle on määrätty aika ja paikka, johon kalteva viiva perus- tuu. Tehtäville on myös määritetty aloitusväli sekä lopetusväli, jotta tehtäväko- konaisuus pysyisi tahdissa eikä tulisi häiriöitä tai päällekkäisyyksiä.

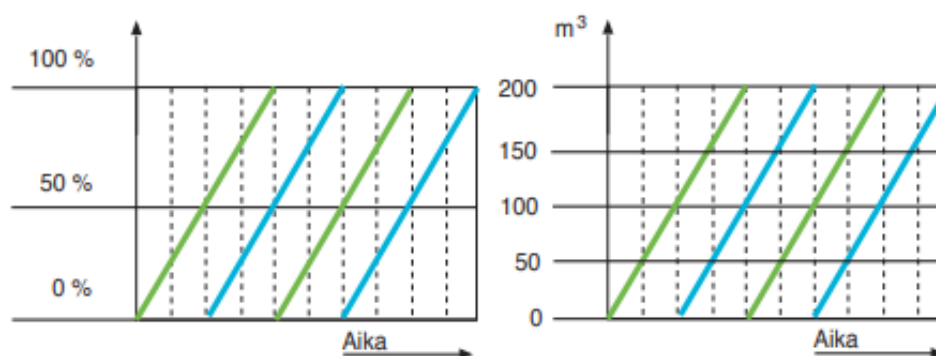
Paikka-aikakaaviossa on helposti havaittavissa työryhmien kulku, työjärjestys sekä riippuvuudet ja mahdolliset varamestast. Lisäksi paikka-aikakaavion avulla voidaan tunnistaa, kuinka paljon eri tehtävillä on joustoa häiriöitä sekä lisä- ja muutostöitä varten. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja oh- jaus, sivu 25.)

Paikka-aikakaavio soveltuu tuotannon ajalliseen valvontaan ja sitä käytetään tyypillisesti koko hanketta havainnollistavana yleisaikatauluna. Paikka-aikakaa- viota voidaan käyttää ohjauksen välineenä, sillä siitä voidaan todeta tuotantono-

peudet eri tehtävillä sekä suoritusjärjestyksen poikkeamat ja häiriöt rakennuksen eri osissa. (RT-kortisto, *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*, sivu 26.)

2.5 Tuotantoaikakaavio

Tuotantoaikakaavio kuvaa tuotannon etenemistä määrän ja tuotannon ajan suhteessa. Tuotantoaikakaaviossa pystyakseli kuvaa tuotannon määrää tai valmiusastetta. (Kuva 7). Kuten alla olevasta kuvasta näkyy, vasemmalla puolella tuotantoaikakaavio on esitetty valmiusaste prosenttina ja oikealla puolella kaaviossa taas suoritemäärä. (RT-kortisto, *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*, sivu 27.)

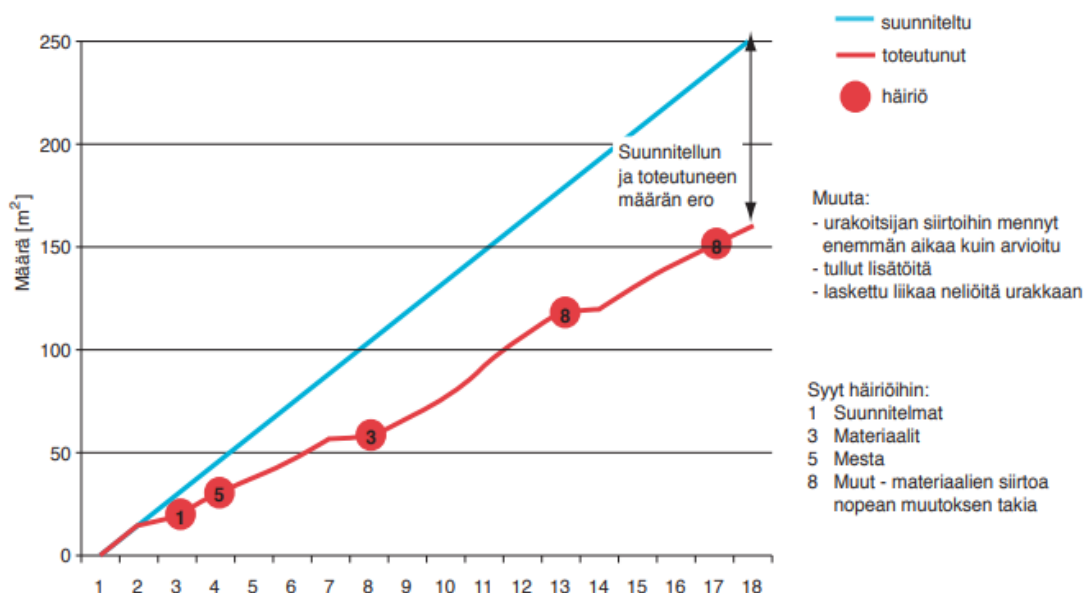


Kuva 7. Esimerkkejä tuotantoaikakaaviosta. (RT-kortisto, *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*, sivu 27.)

Valmiusaste prosentti (VA%) kuvaa suunnitellun tai toteutuneen määrän suhteessa kokonaismäärään ja sillä on oma laskentakaava. (RT-kortisto, *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*, sivu 27.)

$$VA\% = \frac{\text{tehty määrä}}{\text{kokonaistymäärä}} \times 100\%$$

Tuotantoaikakaaviota käytetään mm. tuotantonopeuden seuraamiseen ja tuotannon vaiheiden kehityksen valvontaan. Tästä syystä määrätieto on olennainen tuotantoaikakaavion lähtötieto, sillä se perustuu työvaiheiden ja yksittäisen tehtävän tuotantonopeuden valvontaan. (*RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 27.*)

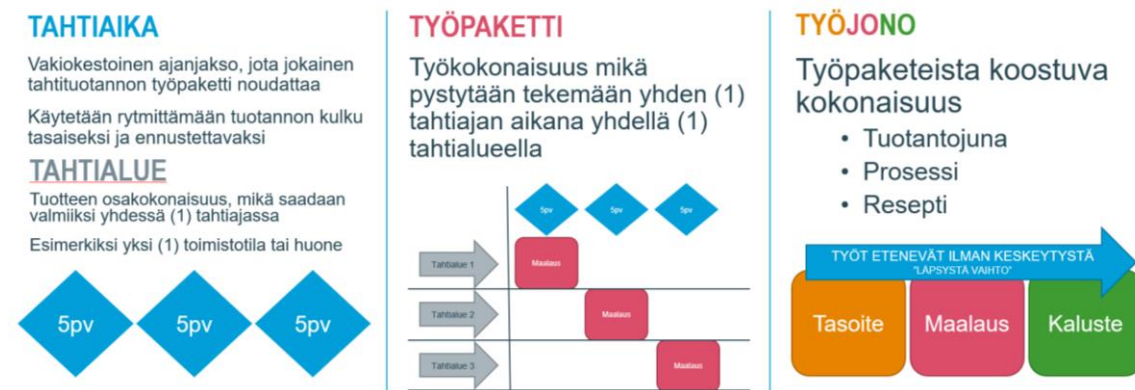


Kuva 8. Esimerkki tuotantokaavion käyttö yhden tehtävän valvonnassa. (*RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 27.*)

Tuotantoaikakaaviosta voidaan havaita, paljon työtä on suoritettu tai tekemättä, mahdolliset häiriöt ja onko tuotanto jäljessä sekä poikkeavatko aloitushetki ja tuotantonopeus alkuperäisestä suunnittelusta. (*RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 27.*)

3 Tahtituotanto

Tahtituotannolla tarkoitetaan työn tahdistamista määrätyllä tavalla. Tahtituotanto määrittyy tahtialueesta, tahtiajasta, työjonosta ja työpaketeista. (YIT Group 2022.)



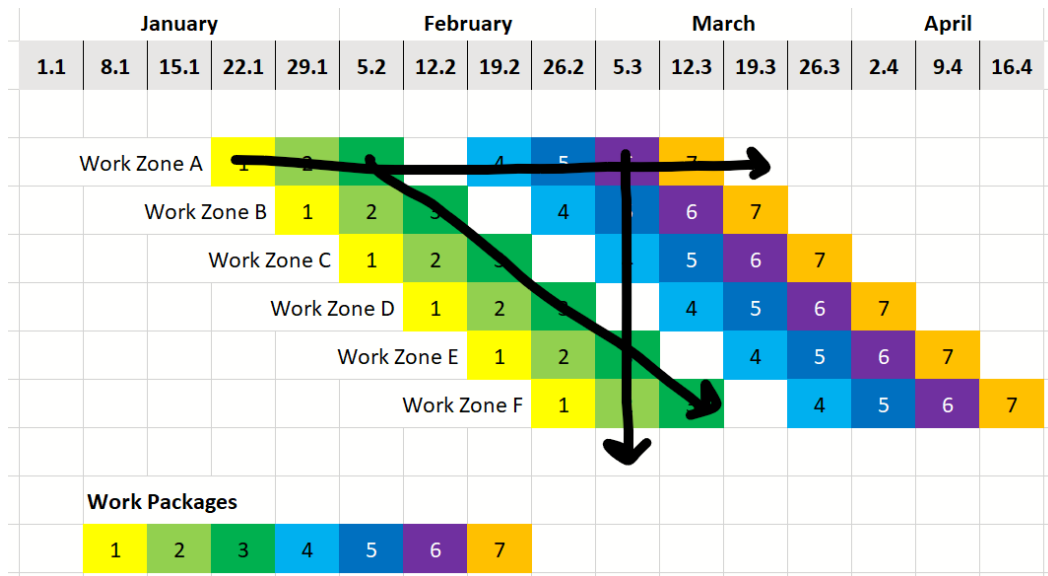
Kuva 9. Tahtituotannon perustermit. (YIT Group 2022.)

Lyhyesti selostettu tahtituotannon perustermejä;

- Tahtiaika määrittyy mitoitettavan työpaketin mukaa.
- Tahtialue on osakokonaisuus, missä työ suoritetaan tahtiajassa.
- Työpaketti on tahtialueella suoritettava työkokonaisuus.
- Työjono on työpaketeista koostuva kokonaisuus, joka etenee ilman keskeytystä.

Oleellista tässä on prosessin jatkuva virtaus.

Tahtituotannossa on tärkeintä varmistaa töiden yhtäjaksoinen eteneminen niin, että tyhjää mestaa ei ole, vaan työt etenevät työkohteissa toistensa perässä. Jotta työt pystytään tekemään määrättyssä tuotantovauhdissa, alueiden tulee olla työmääriltään riittävän samansuuruisia. Perinteisessä tuotannonohjauksessa tehtävien ohjaustarkkuus on viikko. (Artikkeli, Salmicon, Juha Salminen 2021.)



Kuva 10. Yksinkertaisessa muodossa esitetty tahtituotanto. (Kaltiot 2022.)

Ylempänä kuvassa näkyy, seitsemän eri työpakettia ja kuinka työpaketit on tahtistettu lohkoittain A-F sekä läpimenoajaksi asetettu viikon sykli.



Kuva 11. Kuvassa esitetty tahtituotanto. (YIT Group 2022.)

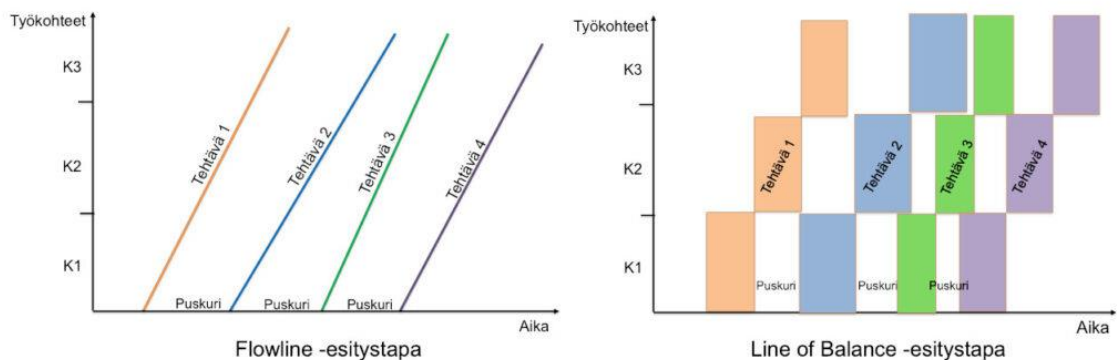
Tahtituotannon läpimenoaika lasketaan seuraavalla kaavalla. Esimerkkilasku otettu ylemmästä kuvasta. Kuva 11.

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

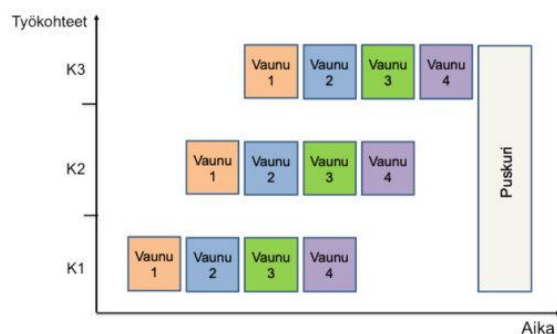
$$\rightarrow (6 + 12 - 1) \times 1 \text{ vko} = 17 \text{ vko}$$

Tahtituotanto rakennustyömaalla vaatii ennakkosuunnittelua, yhteistyötä, aliura-koitsijoiden sitoutumista aikatauluun sekä sen noudattamista. Jokaisen rakennustyömaan osapuolen on tiedettävä, mitä tehdään, milloin tehdään ja missä tehdään. Tämä mahdollistaa, että rakennustyömaalla tarvittavat materiaalit ja resurssit ovat käytettävissä juuri oikeaan aikaan, kun niitä tarvitaan. (*Kaltiot 2022.*)

Paikka-aikakaaviolla ohjattu, tahdistettu tuotanto



Tahtituotanto



Kuva 12. Havainnollistaa tehtävien tahdistusta eri aikakaavion avulla. (*Salmicon Oy, Juha Salminen 2021.*)

Tahtituotannon ja tahdistetun tuotannon erona on aikataulun suunnitteluperiaate ja esitystapa. Kansainväliset tahtituotantomallit TTP (*Takt Time Planning*) ja TPTC (*Takt Time Planning and Takt Control*) muistuttavat suomalaisen tunnetumpaa tapaa ohjata tuotantoa paikka-aikakaaviolla; missä projekti jaetaan pienempiin lohkoihin ja niiden työvaiheita jaetaan paikka-aikakaaviolla käyttäen Flowline- tai Line of Balance -esitystapoja. (*Artikkeli, Salmicon, Juha Salminen 2021.*)

Kuten kuvassa 12 näkyy, paikka-aikasuunnittelussa sijainti on tärkeä tuotantotehtäjä, minkä pääperiaatteena on yksittäiset tehtävät ja niiden resurssit. Tehtävät koostuvat yhdestä tehtävänimikkeestä, kuten esimerkiksi lattiapinnoitus, väliseinätyö, tasoitus jne. Jokaisella tehtävällä on oma viivansa, jonka kaltevuuskulma kuvaa tuotannon etenemisnopeutta. Kun taas tahtituotannossa tärkeintä on varmistaa töiden yhtäjaksoinen eteneminen kussakin tahtialueessa. Toisin sanoen tahtituotannossa pyritään siihen, että tyhjää mestaa ei ole, vaan työt etenevät työkohteissa välittömästi edellisen päätyttyä. Tässä on se ero. *(Artikkeli, Salmicon, Juha Salminen 2021.)*

3.1 Mistä tahtituotanto on peräisin

Tahtituotanto on Lean-filosofiaan perustuva tuotantojärjestelmä, jonka yksi peruskäsitteistä on tahtiaika. Tahtiajalla tarkoitetaan yksittäisten tehtäväpakettien kestoja tuotannossa. *(LCI Finland.)*

1900-luvun jälkipuoliskolla syntyi toisenlainen näkemys tuotannonjohtamiselle, Lean-ajattelu, jonka taustalla on Toyotan tuotannonfilosofia (Toyota Production System, TPS). Lean-ajattelumalli pohjautuu japanilaiseen autoteollisuuteen, jossa auton valmistusprosessi etenee kuin liukuhihnalla. Autoteollisuudessa valmistusprosessi etenee tasaisella nopeudella ja työ tehdään suunnitellusti sille asetetussa aikaraamissa. Tästä syntyy tasainen tuotantovirta, jolla vähennetään hukkaa eli arvoa tuottamattomien resurssien käyttöä. *(RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 13.)*



Kuva 13. Kuva esittää ns. tuotantojunaa, missä työvaiheet seuraavat toisiaan, kuin junan vaunut. (Kaltiot 2022.)

Tahtituotannon tarkoituksena ei ole nopeuttaa työtehtävien kulkua ja sillä kasvattaa kiirettä, vaan tehostaa tuotantoa järkevällä tavalla minimoimalla hukkaa. Näin tehtävien tekemiseen jää enemmän aikaa, kun suunniteltua tahtiaikataulua noudatetaan tarkasti. (Kaltiot 2022.)

3.2 Lean-ajattelu

Lean-ajattelu lähtee Lean Managementin periaatteista, jossa asiakkaalle tuotettu arvo tulee maksimoida samaan aikaan, kun hankkeissa syntyvän hukan, työajan, energian, materiaalien ja muiden resurssien käyttöä pyritään minimoimaan. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 14.)

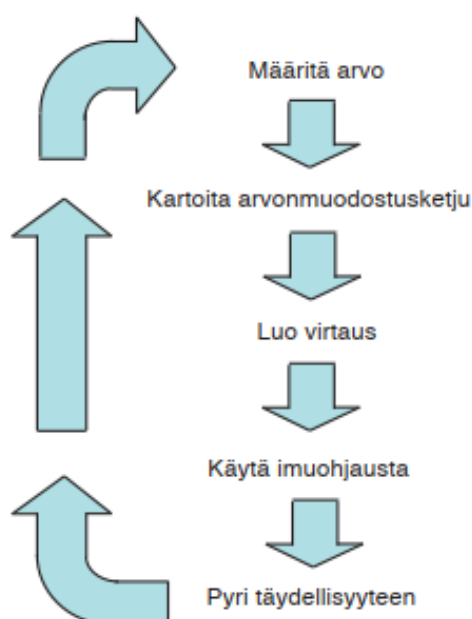


Kuva 14. Mihin kaikkeen tehokkuutta hukkaa? 8 kardinaalisyytiä. (Intotalo 2022.)

”Lean on tehokkain, tunnettu tuotannon johtamisjärjestelmä. Lean-filosofia perustuu virtaukseen, yhteistoimintaan, kokonaisuuden hallintaan ja ennen kaikkea ihmisten kunnioittamiseen. Se tähtää jatkuvaan parantamiseen ja tuottavuuteen”, Juha Salminen, Salmicon Oy:n johtava konsultti, Lean rakentamisessa – julkaisun kirjoittaja sanoo. (Ril 2022. Rakennustekniikka, Lean-rakentamista, julkaistu artikkeli.)

3.3 Lean-rakentamisessa

Lean-rakentaminen (Lean Construction) on tuotu rakennusalalle Lean-ajattelutavasta. Lean-ajattelu muodostuu viidestä periaatteesta, jotka ovat arvon määrittely, arvon tunnistaminen, virtauksen luominen, imuohjauksen hyödyntäminen ja täydellisyyteen pyrkiminen. Kuvan 15 mukaan Lean-ajatteluperiaate kuvaa kiertoa, jota aloitetaan aina uudelleen, kun päätökseen on tultu. Näin pyritään kehittämään toimintaa jatkuvasti. *(RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 10.)*

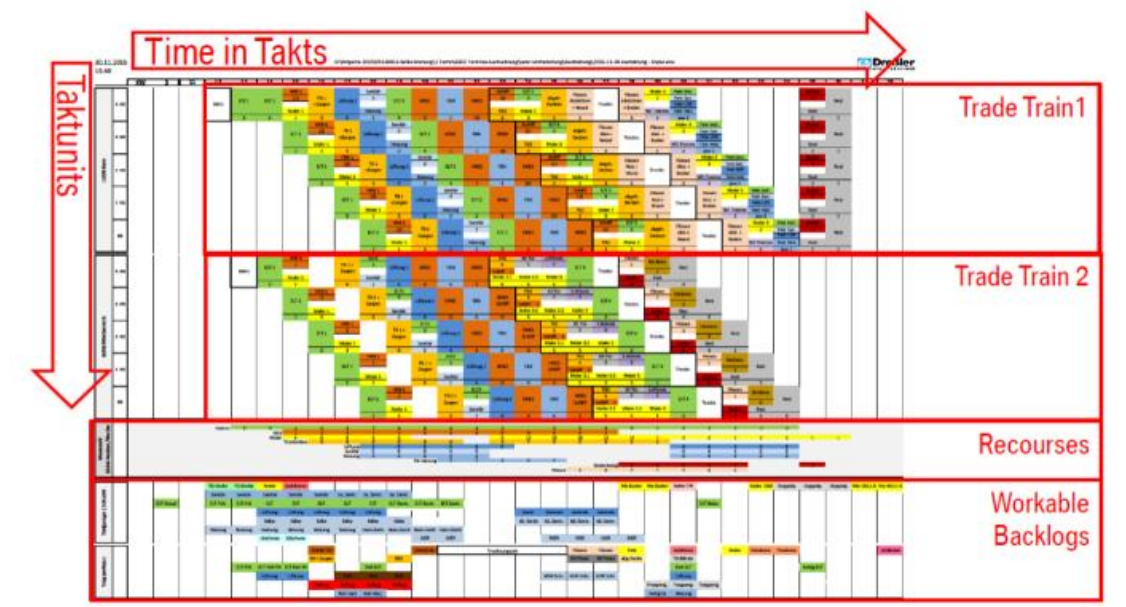


Kuva 15. *Lean-ajattelu periaatteet. (RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 10.)*

Lean-ajatteluun kuuluu jatkuvaa kehitystä ja parhaiden toimintatapojen etsiminen. Lean-ajattelu voidaan tiivistää kolmeen kohtaan, jotka ovat virtaus, kulttuuri ja imuohjaus. Imuohjauksella tarkoitetaan toimintaa, joka tapahtuu tarpeen vaa- tiessa ja tilauksesta. Virtauksen luominen (flow) eli toimintasyteemi ilman häiri- öitä ja ajanhukkaa. Kulttuurilla tarkoitetaan jatkuvaa parantamista, jossa kaikki ihmiset ovat mukana kehittämässä toimintaa. *(RT-kortisto, Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 10.)*

3.4 Tahtituotanto rakentamisessa

Tahtituotannossa rakennettava kohde jaetaan tahtialueisiin, esimerkiksi kerrokseen. Esimerkiksi toimitilarakentamisessa sisätyövaiheessa tahtialueena voi olla yksi kerros, missä jokainen työkohteen tehtävä jaetaan työpaketeiksi. Tahtituotannossa valmistusprosessi etenee tasaisella nopeudella, jossa jokainen työvaihe suoritetaan suunnitellusti sille asetetussa aikarajassa. Edellä mainittua voi verrata autoteollisuuden liukuhintaan, jossa kaikki tapahtuu suunnitellusti ja ajallaan (Just In Time). (YIT Group 2022.)



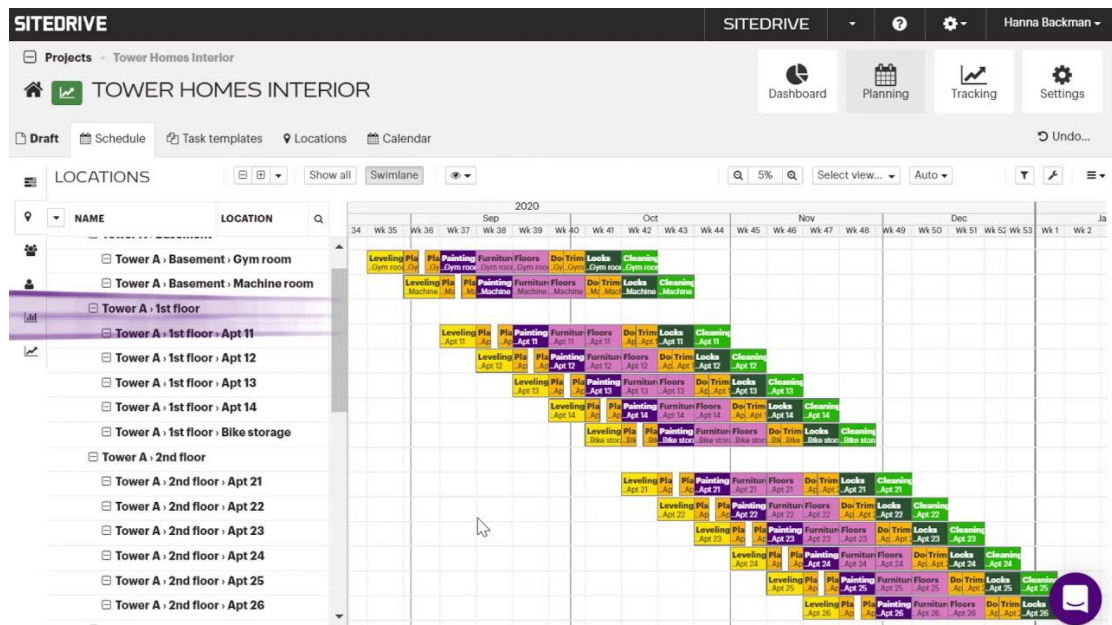
Kuva 16. Visuaalinen johtaminen yhdellä aikataululla. (LCI Finland.)

Kuvassa 16 on esitetty ylhäällä vaakanuolella tahtiaika. Vasemmalla pystyakselilla lohkojako sekä etenemissuunta ja keskellä on työpaketit ja työjono. Lisäksi nähdään resurssit ja alimpana työstettävä varamesta. (LCI Finland.)

Tahtituotannossa projekti jaetaan tasaisiin työpaketteihin, jotka seuraavat toisiinsa keskeytyksettä. Tätä kutsutaan rytmitykseksi, jolloin työpaketit etenevät keskeytyksettä toistensa perässä. Tahtiaika on yhdenmukainen koko valmistusprosessin ajan. Tahdistettu ja rytmitetty tuotanto tekee projektista tavanomaista ennustettavamman. (Ril. 2022. Rakennustekniikka, artikkeli. Olli Seppänen.)

3.4.1 Sitedrive

Sitedrive on tuotannon ohjaustyökalu, jolla tehostetaan ja parannetaan tuotannon läpimenoaikaa. Se on sovellus, jolla voi suunnitella työmaan virtausta, ohjata projektia ja kommunikoida työmaan kanssa. Tahtiaikataulun luominen, seuranta ja ohjaaminen Sitedrivessa pohjautuu Lean-filosofiaan, jossa projektin läpimenoaikaa ja hukkaa pyritään minimoimaan, kuin taas tuotantoa ja laatua pyritään tehostamaan. (Sitedrive 2022.)

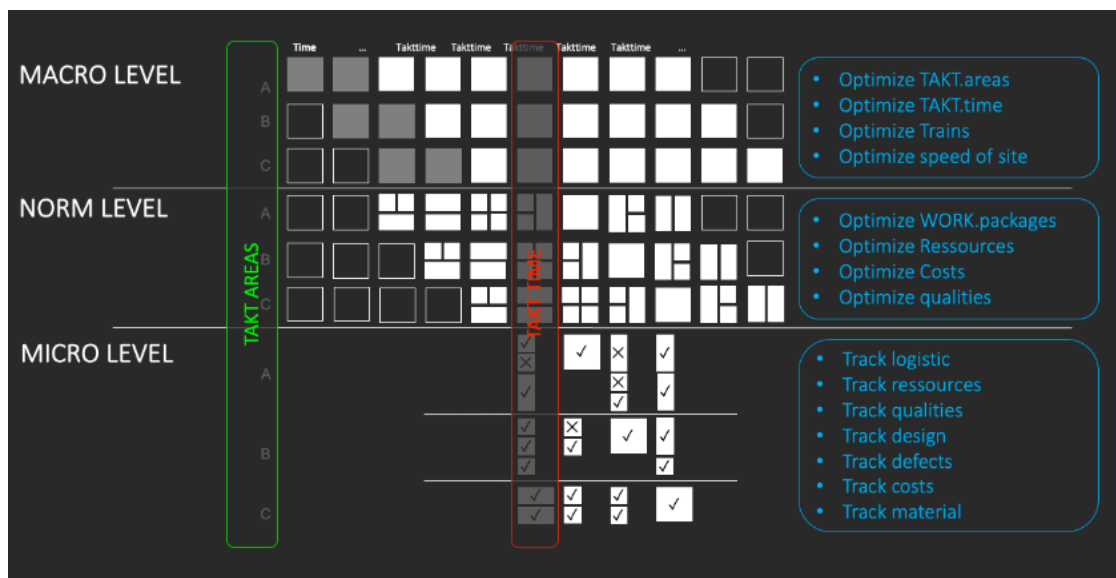


Kuva 17. Kuvassa näkyy Sitedriven suunnittelutyökalu. (Sitedrive 2022.)

Rakennettava talo jaetaan tasaisiin tahtialueisiin ja pieniksi pilkotut työpaketit aikataulutetaan, jolloin työpaketit siirtyvät tahtialueella toistensa perään samassa tahdissa. Tahti voi olla esimerkiksi viikko, missä työryhmä aloittaa tietyllä tahtialueella työt maanantaina ja lopettaa perjantaina, minkä jälkeen seuraava työryhmä aloittaa kyseisellä loholla omia töitä. Lisäksi siitä on helppo nähdä ja havaita poikkeamat. (YIT Group 2022.)

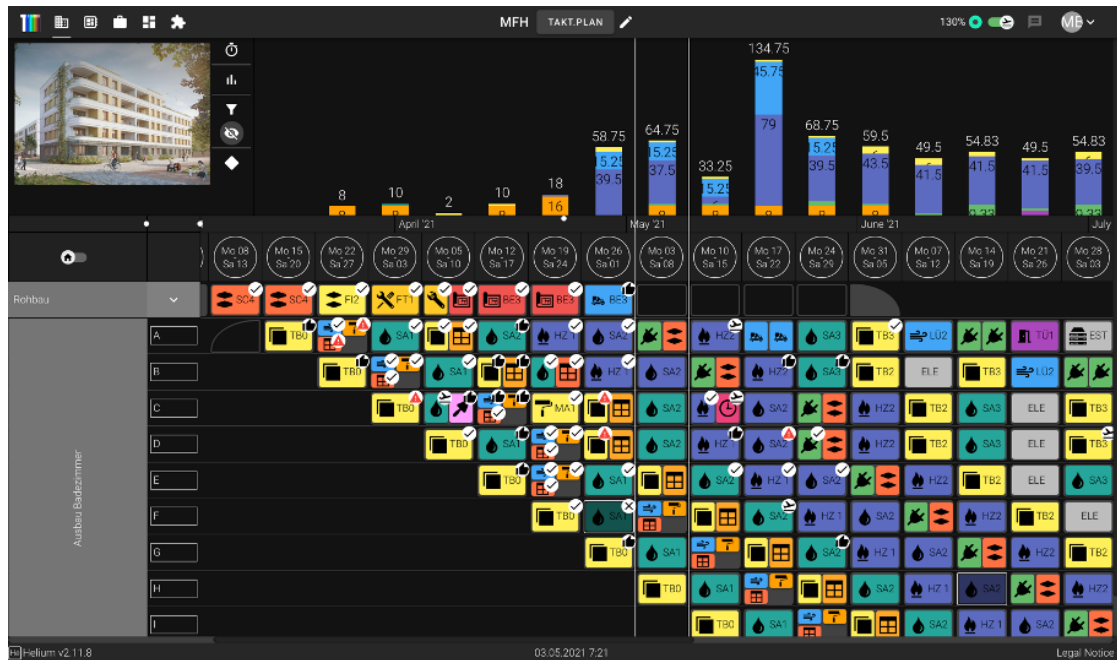
3.4.2 Takt.ing

Takt.ing on maailman johtavien tahtituotannon asiantuntijoiden perustama, puhtaasti tahtituotantoon perustuva projektinjohto-työkalu. Takt-tuotantojärjestelmä on kehitetty kymmenen vuoden aikana. Sen ytimenä on tahtituotannon suunnittelun kolmitasoinen malli. Se osoittaa, että tarvitaan kolme tasoa: makro-, normi- ja mikrotaso. Tämän mallin avulla tahtituotanto on skaalattavissa kaikenlaisiin projekteihin. Jokaisella tasolla on omat erityispiirteensä ja tehtävänsä kokonaisuuden hallinnan osalta. Systemaattisen rakenteen ansiosta kaikki tieto on skaalattavissa ja sitä voidaan käsitellä esimerkiksi algoritmien avulla. (*Takt.ing, 2022.*)



Kuva 18. Kolmen tason malli on järjestelmän ydin. Se virtaviivaistaa kaikkea tuotantodataa hyvin yksinkertaisella ja läpinäkyvällä tavalla. (*Takt.ing, 2022.*)

Tahtituotannon suunnittelun avulla on tarkoitus luoda projektille kokonaisuuden kannalta paras mahdollinen toteutusaikataulu, jossa on kuitenkin huomioitu yksittäisten töiden virtaus sekä projektin erityispiirteet. (*VDI-yhtiö Rakentaminen, 2017.*)



Kuva 19. Kuvassa näkyy työpaketien yleiskuva ja työnkulku. (Takt.ing, 2022.)

Kuvassa 19 näkyy, kuinka rakennettava kohde on jaettu työmäärältään samankokoisiin tahtialueisiin ja työtehtävistä on muodostettu työpaketteja, jotka sopivat viikon mittaiseen rytmiin eli tahtiaikaan. Työpaketit valmistuvat tahtialue kerrallaan viikon rytmin mukaisesti ilman ylimääräisiä puskureita tai tuotannon keskeytyksiä. (Takt.ing, 2022.)

Rakennushankkeen koko resurssi jää usein käyttämättä, kun rakennushanketta suunniteltaessa ei oteta huomioon kaikki vaikuttavat resurssit kuten; kulutus, ulkoiset vaikutukset, kauppojen tehokkuus ja mahdolliset muutokset rakennusprosessissa. Rakennusaikataulun monimutkaisuus ja tarkka suunnittelu on vaikea, siksi puskureita tarvitaan rakennushankkeissa muutosten, ongelmien ja muiden prosessien tehottomuuden takia. Tahtituotannossa puskurit suunnitellaan työpaketin sisälle, näin töiden työn sisäinen vaihtelu ei sekoita koko prosessia. Myös tyhjiä vaunuja (tyhjä viikko) käytetään työjonon puskureina. (IGLC 2018. Artikkel.)

4 Tapiolan Tuultenristi

Tahtituotanto otettiin käyttöön YIT:n toimitilahankkeessa. Tahtiaikataulu on varsin uusi konsepti toimitilarakentamisessa YIT:llä ja kyseinen työmaa toimii pilot-kohteena tahtiaikataulun jalkauttamisessa.

Tapiolan Tuultenristi rakennetaan aivan Espoon Ainoa kauppakeskuksen kylkeen. Hanke on viisi kerroksinen noin 4200 m² toimisto- ja palvelutilarakennus, joka rakennetaan olemassa olevalle pihakannelle, jossa sijaitsi ulkokuntosali ja koripallokenttä. Rakentamisessa riittää haasteita, kuten sijainti ja hankkeen läpimenoaika, joka on erittäin lyhyt kyseisessä hankkeessa.



Kuva 20. Havainnekuva, Tapiolan Tuultenristi. (YIT Group 2022)

Kuvassa 20 nähdään Tuultenristi hankkeen sijaintia. Rakennushankkeen ympäröimä vilkas liikenne lisää haastavuutta rakentamisen aikana. Rakennettava kohde rakennetaan olemassa olevalle pihakannelle, minkä alla kulkee kevyt- sekä raskasliikenne kuten linja-autot.

4.1 Tahtituotanto Tapiolan Tuultenristissä

Tässä tutkimusosassa käydään läpi tahtituotannon kokonaisuutta Tapiolan Tuultenristin työmaalla. Kyseinen työmaa toimii tahtituotannon pilottihankkeena YIT:n toimitilojen yksikössä. YIT on ottanut tahtituotannon käyttöön hankkeessa johtuen hankkeen lyhyestä läpimenoajasta.

Yksi tahtituotannon hyödyistä onkin kokonaisläpimenoajan lyhentäminen ja samalla tuotannon tehostaminen. Tahdistettu tuotanto säästää aikaa jopa 50 % sisävalmistustöiden läpimenoajasta, kun hankkeen kaikki työpaketit rytmitetään samaan tahtiin, mistä syntyy tasainen tuotantovirta, mikä vähentää hukkaa eli arvoa tuottamatonta resurssien käyttöä.

Useamman eri lähteen perusteella selvisi, että tahtituotannon läpimenoaika on saatu vähennettyä parhaillaan 30–50 %. Kun rakennusaikaa on onnistuttu lyhentämään vähintään kolmanneksella hyödyntämällä tahtituotantoa, voidaan puhua onnistuneesta hankkeesta. Tämä tarkoittaa sitä, että rakentamisen läpimenoajan lyhentäminen mahdollistaa samanaikaisesti säästämään kustannuksia, parantamaan laatua ja aikaistamaan rakennuksen valmistumista. Laatu on parempaa, sillä virheet huomataan heti jokaisen tahtialueen ja työvaiheen edessä ja jatkossa samoja toistuvia virheitä pystytään estämään. Lisäksi hukkaa syntyy aikaisempaa vähemmän. Rakentamisen läpimenoajan lyhentyminen on taloudellisesti merkittävä tekijä, sillä hankkeen nopeampi valmistuminen voi tuottaa esimerkiksi merkittäviä säästöjä hankkeen rahoittajalle ja kiinteistön omistajalle.

4.2 Tahtituotannon seuranta

Tapiolan Tuultenristin tahtituotannonohjauksessa tehtäväpakkettien ohjaustarkkuus on viikko, jolloin tehtäväpaketit on suunniteltu alkamaan maanantaina ja päättyämään perjantaina tietyllä loholla. Sisävalmistusvaiheen aikatauluseu-

ranta ja toteutus tapahtuu Sitedrive-aikatauluohjelmalla sekä Last Planner -menetelmällä. Työpakettien valmiusasteet ja edistyminen päivitetään kerran viikossa järjestettävässä tahtiaikataulupalaverissa.

4.2.1 Sitedrive Tapiolan Tuultenristissä

Tapiolan Tuultenristin työmaalla oli käytössä Sitedrive -aikatauluohjelma, johon oli luotu hankkeen tahtituotannon aikataulu sisävalmistustöistä.

Sitedrive on aikatauluohjelma tai toisin sanoen sovellus, jolla voidaan suunnitella työmaan aikataulua, ohjata sitä ja kommunikoida projektiin osallistuvien henkilöiden kanssa. Sitedrive on visuaalinen ohjelma, missä voi hyvin helposti tehdä muutoksia, seurata ja raportoida töiden etenemistä. Ohjelmassa voi nimetä tehtävien tekijöiksi tiimejä, urakoitsijoita tai pelkästään henkilöitä. Töiden ja työpakettien etenemistä on helppo seurata Sitedrive-sovelluksen kautta ja merkata poikkeamat, viiveet ja suoritukset, sekä lisätä tarvittavia kommentteja tilanteen vaatiessa.

4.2.2 Last Planner

Tapiolan Tuultenristin hankkeessa käytetään lisäksi Last Planner -menetelmää. Last Planner -menetelmä perustuu päivän tarkkuudella seurattavaan lyhyen aikavälin suunnitteluun. Tavoitteena on, että jokaisen tehtävän vastuhenkilö eli aliurakoitsija sekä kyseisen tehtävän vastuutyönjohtaja YIT:ltä sitoutuu aikatauluun, sen tehtävien suorittamiseen sekä päivittää sitä tarpeen vaatiessa aina kolmella viikolla eteenpäin.

Last Planner -menetelmä oli käytössä hankkeen runkovaiheessa, minkä jälkeen sitä on otettu käyttöön myös sisävalmistusvaiheen aikatauluseurannassa. Tehtävien toteutuminen ja seuranta tapahtui päivän tarkkuudella runkovaiheessa, jonka tehtävien toteutusaikasuunnittelun aikaväli oli kolme viikkoa. Sisävalmistuksessa Last Plannerin seuranta tapahtui viikon tarkkuudella. Last Planner on

sijoitettu työmaatoimiston neuvotteluhuoneen seinälle, missä se on saatavilla kaikille hankkeen osapuolille kuten työnjohtajille, aliurakoitsijoille sekä valvojille.

Last Planner -menetelmässä käytetään ”post- it” -lappuja, missä jokaisella urakoitsijalla on oma väri. Kukin urakoitsija päivittää aikataulun omalta osalta ennen urakoitsijapalaveria vähintään kolme viikkoa eteenpäin. Näin pystytään visuaalisesti seuraamaan aikataulua, tehtävien etenemistä, niiden poikkeamia sekä reagoimaan mahdollisiin häiriöihin ajoissa.

4.3 Logistiikka

Tapiolan Tuultenristin hankkeen sisävalmistusvaiheessa on otettu käyttöön logistiikkaurakoitsijan palvelut. Tarkoituksena on ollut, että logistiikkaurakoitsija ottaa omiin ohjiin sisävalmistusvaiheen logistiikan toiminnot sekä vastuun työmaajärjestyksestä ja jätehuollosta.

Hyvin suunniteltu tahtituotanto, missä on selkeästi määritelty työpaketit, mahdollistavat mitoittaa oikean määrän materiaalia, sekä vähentämään materiaalihukkaa. Materiaalien toimitukset, säilytys sekä siirrot on suunniteltava ajoissa siten, että materiaalit ovat valmiina jokaisella tahtialueella kullekin työpaketille juuri oikeaan aikaan. Esimerkiksi tasoitus- ja maalaustöissä tiedetään tarkkaan kuinka paljon tasoitetta ja maalia on toimitettava ja säilytettävä tietyllä tahtialueella. Lisäksi kuljetuksia työmaalle pystytään toimittamaan järkevinä kuormina ja välttymään ylimääräisen tavaran turhalta säilyttämiseltä työmaalla, missä muutenkin varastointitila on erittäin rajallista.

Tapiolan Tuultenristissä logistiikkaurakoitsijalla on käytössä oma varauskalenteri, johon kukin aliurakoitsija merkkää tulevasta kuormasta ja varaa ajankohdan purkuajalle. Varauskalenterin tarkoituksena on ennaltaehkäistä toimitusten ja purkuaikojen päällekkäisyyttä, mikä voi johtaa ruuhkautumiseen. Näin logistiikkaurakoitsija pystyy varautumaan tuleviin kuormiin ja purkuaikoihin, kun ennalta

osataan ilmoittaa ajankohdan saapuvasta kuormasta. Tämä vaatii aliurakoitsijoilta ennakkosuunnittelua materiaalien toimituksissa, jotta ne saapuisivat paikalle juuri silloin, kun niitä tarvitaan ennen töiden aloittamista.

5 Tutkimusosa

Tätä insinööriyötä varten tehtiin kyselytutkimus Tapiolan Tuultenristin työmaalla. Kyselytutkimus toteutettiin etukäteen valmisteltujen kysymysten pohjalta, jossa vastaajina oli hankkeen toteutusorganisaation toimihenkilöt sekä aliurakoitsijayritysten työmaalla toimiva työnjohtajat.

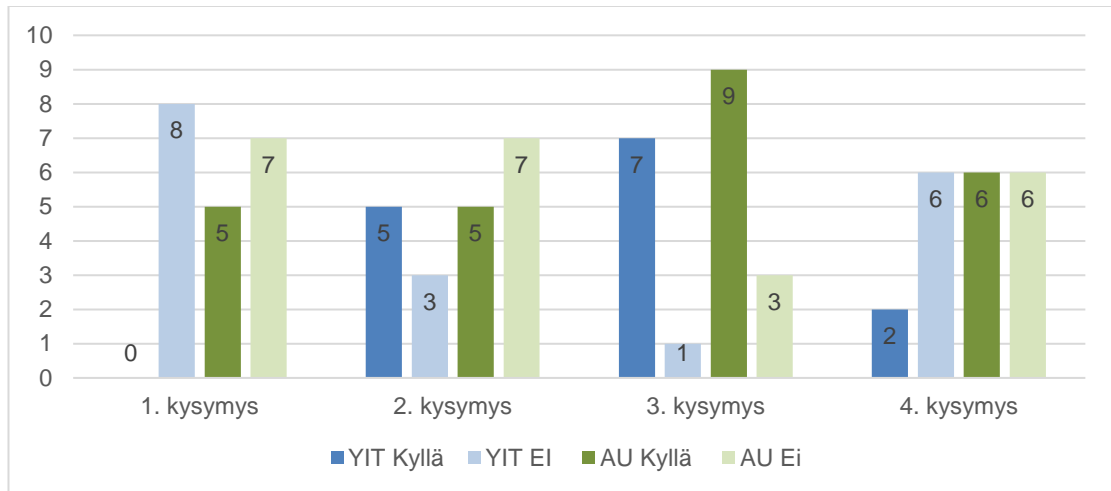
5.1 Kyselytutkimus

Tämä kyselytutkimus on laadittu kyllä tai ei -vastausperiaatteella. Kaikki vastaajat ovat rakennusalan ammattilaisia ja he vastaavat kysymyksiin nimettömästi, jolloin voidaan olettaa, että kaikki osallistujat osaavat ja voivat vastata kysymyksiin totuudenmukaisesti. Kyselytutkimus koostuu 16 kyllä tai ei kysymyksestä sekä avoimesta ja vapaamuotoisesta vastausosioista. (Liite 1.)

Tapiolan Tuultenristin kyselytutkimukseen osallistuivat 8 YIT:n toimihenkilöä, sekä hankkeen 12 aliurakoitsijaa. Alla esitettynä kaavio selitteineen kyllä ja ei -vastausmäärien perusteella. Esitän 4 kysymystä yhdessä diagramminkaavassa.

Sinisellä värillä on esitetty YIT:n toimihenkilöiden vastaukset ja virheällä värillä aliurakoitsijoiden vastaukset. Kaavion alla tulen esittämään kysymyksiäni ja selostamaan kaavion mukaista vastausta kyseiseen kysymykseen.

Kuva 21. Kaavio 1, kysymykset 1–4.



1. *Onko tahtituotanto ennestään tuttu?*

YIT:n toimihenkilöille tahtituotanto ei ole ollut ennestään tuttu. Aliurakoitsijoista viidelle kahdestatoista tahtituotanto oli ennestään tuttu.

2. *Onko tahti ollut sopiva?*

Yli puolelle YIT:n toimihenkilöistä tahti on ollut sopiva, kun taas vastanneiden aliurakoitsijoiden keskuudessa suurimmalle osalle tahti ei ole ollut sopiva.

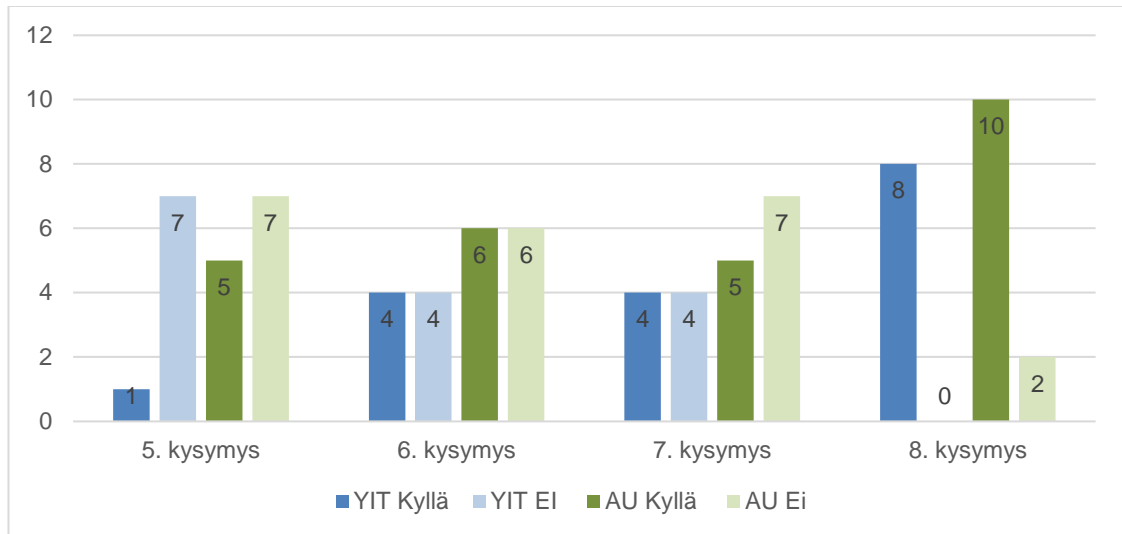
3. *Onko aikatauluseuranta ollut selkeä?*

Tässä haluttiin tietää, oliko aikatauluseuranta ollut selkeä esimerkiksi Sitedriiven ja Last Plannerin osalta. Lähes kaikille vastanneista seuranta oli ollut selkeä.

4. *Ovatko suunnitelmat olleet ajantasalla?*

Aliurakoitsijoilla vastaukset jakaantuivat puoliksi (50/50). YIT:n toimihenkilöistä kuusi kahdeksasta vastasivat, että suunnitelmat eivät olleet ajantasalla.

Kuva 22. Kaavio 2, kysymykset 5–8.



5. *Onko logistiikka toiminut hankkeella?*

Vastanneiden YIT:n toimihenkilöiden keskuudessa lähes kaikkien mielestä logistiikka ei ole onnistunut toiminnassa. Sama mieltä ovat myös puolet aliurakoitsijoista.

6. *Onko tahtituotannon johtamisessa onnistuttu?*

Sekä YIT:n toimihenkilöt, että aliurakoitsijat ovat jakaantuneet tahtituotannon johtamisen onnistumisen osalta mielipiteiltään puoliksi (50/50). Tämä tarkoittaa, että tahtituotannon johtamisessa on parannettavaa.

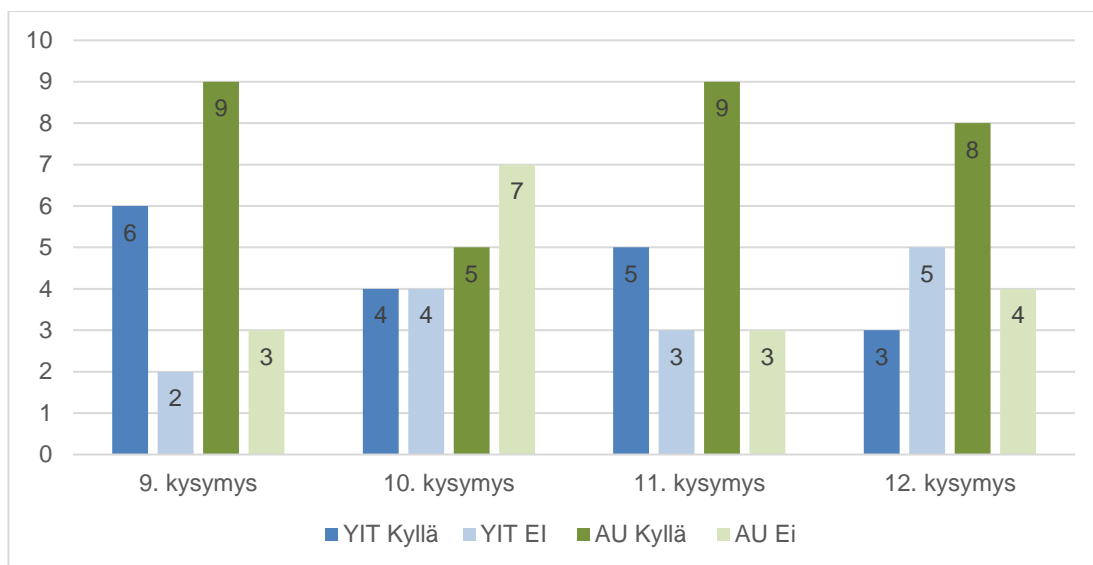
7. *Onko laatu parantunut?*

Puolet YIT:n toimihenkilöistä on sitä mieltä, että laatu ei ole parantunut ja yli puolet aliurakoitsijoista samaistuvat siihen.

8. *Onko tahtituotannossa parannettavaa?*

Lähes kaikki vastaajista ovat vastanneet, että tahtituotannossa on parannettavaa.

Kuva 23. Kaavio 3, kysymykset 9–12.



9. Pääsitkö tutustumaan aikatauluun ennen töiden alkua?

Suurin osa kummankin osapuolen vastaajista ovat päässeet tutustumaan aikatauluun ennen töiden alkua.

10. Oletko pysynyt aikataulussa?

YIT:n toimihenkilöistä puolet ovat kokeneet pysyneensä aikataulussa. Aliurakoitsijoista yli puolet eivät ole kokeneet pysyneensä aikataulussa.

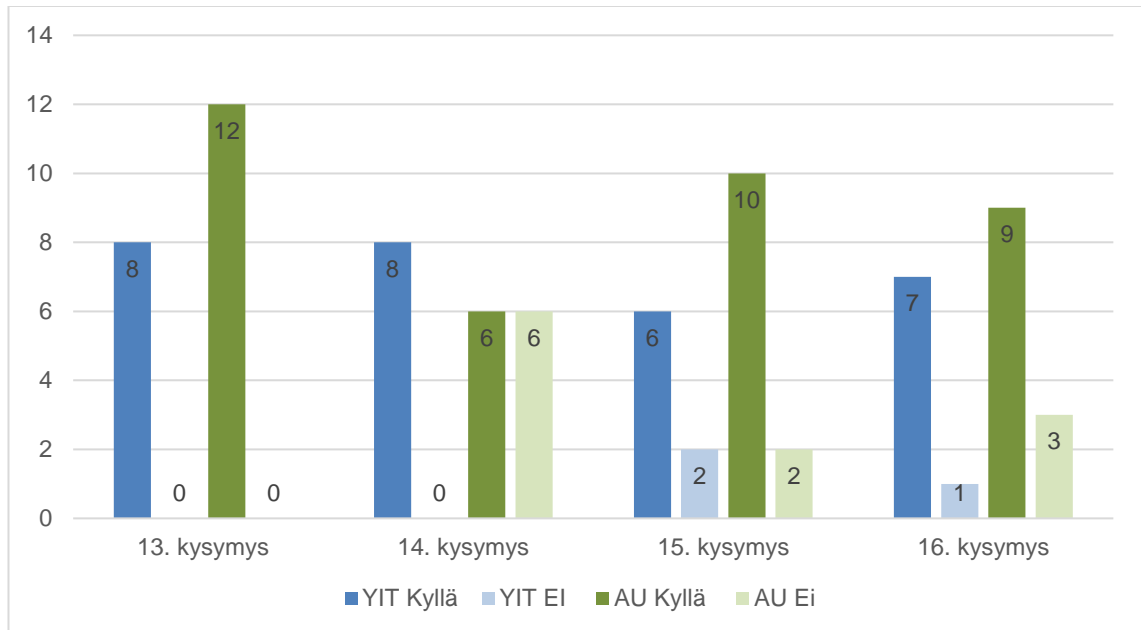
11. Oletko ehdottanut aikataulun päivittämistä?

Yli puolet vastaajista ovat ehdottaneet aikataulun päivittämistä.

12. Onko resurssit olleet riittävät?

Vastanneista YIT:n toimihenkilöistä yli puolet kokivat resurssien olleen riittämättömät, kun taas aliurakoitsijoista 2/3 osa kokivat resurssin olleen riittäviä.

Kuva 24. Kaavio 4, kysymykset 13–16.



13. Oletko osallistunut urakoitsijapalaveriin?

Kaikki vastaajat ovat osallistuneet urakoitsijapalaveriin.

14. Oletko osallistunut aikatauluseurantaan?

YIT:n toimihenkilöt ovat osallistuneet aikatauluseurantaan, kun taas aliurakoitsijoista vain puolet.

15. Onko ollut päällekkäisyyttä tahtialueella?

Molemmat osapuolet olivat samaa mieltä. Tahtialueella on ollut työn päällekkäisyyttä.

16. Soveltuuko tahtituotanto toimitilarakentamiseen?

YIT:n toimihenkilöistä seitsemän kahdeksasta ja aliurakoitsijoista yhdeksän kahdestatoista ovat sitä mieltä, että tahtituotanto soveltuu toimitilarakentamiseen.

17. *Avoim vastausosio*

Avoimeen vastausosioon tuli paljon vastauksia. (Liite 2.)

Kyseisessä osiossa toistuivat muutamat vastaukset. Vastajien kesken korostui aikatauluasia, johon painottui parempi aikataulu ja sen tarkempi seuranta. Urakoitsijoille on hyvä varata riittävä aika toteutukselle sekä puskuria tahtituotannossa. Urakoitsijoiden välinen kommunikaatio näytti olevan puutteellinen.

Suunnitelmien puutteellisuus on suuremmalle osalle ollut ongelmana, mikä näkyy myös aikatauluviiveessä. Edellinen työvaihe on voinut jäädä kesken, mistä syntyi päällekkäisyyttä tahtialueella. Lisäksi edellisen työvaiheen tavarat ovat olleet tahtialueella seuraavan urakoitsijan tiellä. Ylimääräisen tavaran siirtely on aiheuttanut myös logistiikkaurakoitsijalle lisää työtä.

6 Tulokset

Tutkimuskyselyllä haluttiin selvittää aliurakoitsijoiden sekä YIT:n toimihenkilöiden näkemyksiä tahtituotannosta ja sen soveltamisesta toimitilahankkeella. Ongelmapääkohtina ovat nousseet vahvasti esiin resurssit, aikataulu, suunnitelmat, laatu ja logistiikka. Kyselytutkimuksen tuloksien perusteella luotiin tarkistuslista tulevien toimitilapuolen tahtituotantohankkeiden tueksi.

Resurssien riittävydestä yli puolet YIT:n toimihenkilöistä kokivat niiden olleen riittämättömiä kuin taas aliurakoitsijoista 2/3 osa kokivat resurssin olleen riittävät. Tämän voi tulkita monella tavalla. Kuten kenen mielestä, kenelle ja missä vaiheessa isommat resurssit olisivat olleet tarpeellisia, ja kenelle eivät. Resurssien riittämättömyydellä voidaan myös vedota aikataulussa pysymiseen. Esimerkiksi onko aliurakoitsija pysynyt aikataulussa? Jos ei niin ovatko mahdollisesti resurssit olleet riittämättömät? Se riippuu, kenen näkökulmasta katsotaan ja miten näitä asioita tarkastellaan.

Toisesta esiin nousseesta ongelmapääkohdasta eli aikataulussa pysymisestä ovat YIT:n toimihenkilöt vastausten perusteella kokeneet pysyneensä aikataulussa. Aliurakoitsijoista yli puolet eivät pysyneet vastausten perusteella suunnitellussa aikataulussa. Edellä mainitussa tapauksessa on ollut päällekkäisyyttä tahtialueella. Jolloin edellinen urakoitsija ei ole suorittanut työnsä ajallaan, samalla kun seuraava urakoitsija on jo tullut aloittamaan työnsä suunnitelman mukaisesti vielä toisen urakoitsijan ollessa tahtialueella lopettamassa omia töitä. Kyselytutkimuksen perusteella selvisi, että tahti on ollut monelle liian kireä, minkä vuoksi aikataulussa pysyminen on ollut vaikea. Edellinen työvaihe on jäänyt aliurakoitsijalta kesken, joka aiheutti päällekkäisyyttä tahtialueella. Tästä seuraa aikatauluviiveet, minkä seurauksena seuraava urakoitsija ei taaskaan tule pysymään aikataulussaan.

Puutteelliset suunnitelmat aiheuttivat myös viivästyksiä aikataulussa ja päällekkäisyyksiä tahtialueilla. Monet suunnitelmat olivat erittäin puutteellisia sekä kes-

keneräisiä, jonka johdosta töitä ei pystytty tahtialueilla jatkamaan normaaliin tapaan. Monella aliurakoitsijalla jäi loppuun suorittamattomia töitä eli niin sanottuja häntiä, jonka takia he joutuivat vielä palamaan edellisille tahtialueille suorittamaan työnsä loppuun. Aiheuttaen samalla häiriöitä muille urakoitsijoille, jotka olivat aikataulullisesti heille varatuilla tahtialueilla.

Erittäin isolle osalle nousi ongelmaksi logistiikan toiminta työmaalla. Ahtaan työmaatontin takia varastointitila oli erittäin rajallinen. Tähän ei logistiikkaurakoitsija onnistunut omalla toiminnalla tuomaan merkittävä parannusta. Tavarantoiminnan tontille oli erittäin huonosti suunniteltu eikä siihen oikein tullut parannusta missään vaiheessa. Edellä mainittu johti taas epämääräiseen järjestykseen sekä siisteyden puutteellisuuteen. Turhan tavarantoiminta jo valmiiksi rajallisessa tilassa sekä ylimääräisten tavaroiden siirtely paikasta toiseen veivät paljon tehokasta työaikaa. Näin tapahtuu, koska materiaalitoimituksia ei ole mitoitettu oikein. Tästä syntyy hukkaa. Näiden lisäksi työmaan purkupaikalla on aiheuttanut paljon ruuhkaa iso määrä ilmoittamattomia toimituksia.

Töiden hallittu läpivienti suunnitellusti ja aikataulussa vaikuttaa positiivisesti sen laatuun. Kyseisessä esimerkkikohteessa laatu ei ole merkittävästi parantunut. Tähän on vaikuttanut paljolti iso määrä ongelmia, jotka ovat liittyneet muun muassa suunnitelmien puutteellisuuteen, liian lyhyisiin läpimenoaikoihin tahtialueilla, resurssien puutteellisuuteen, väärin mitoitettuihin materiaalitoimituksiin sekä logistiikan epäonnistumiseen. Kun työmaalla puhutaan onnistuneesta laadusta, tarkoitetaan sillä mallikkaasti suoritettua työtä, jonka mittareina ovat tehokkuus, turvallisuus, sulavuus sekä arvoa tuottava suoritus.

7 Johtopäätökset

Rakennusalalla innovoidaan, koetaan ja tuodaan jatkuvasti uutta. Lean-rakentaminen ja tahtituotannon tulo rakennusalalle on muuttamassa rakennusalalla työskentelevien henkilöiden ajattelutapaa ja lisäämässä ymmärrystä rakennusprosessin eri osa-alueista. Mikä mahdollistaa kannattavuutta ja kestäviä ratkaisuja. Teknologian, hyvän suunnittelun ja ennakkoinnin avulla voidaan maksimoida tehokasta tuotantoa.

Tahtituotannon päätarkoituksena on saada hankkeen läpimenoaika lyhyemmäksi tehostamalla ja lisäämällä arvoa tuottavaa työtä ja samalla vähentämään arvoa tuottamattoman työn määrää. Tahtituotannolla pyritään vaikuttamaan ja parantamaan laatua, tehostamaan tuottavaa työaikaa käyttämällä resursseja oikein, vähentämään ylimääräisiä kustannuksia ja näin olleen saamaan taloudellisia etuja. Lisäksi pyritään minimoimaan materiaaleista syntyvää hukan määrää.

Tahtiaikataulun suunnittelussa ja toteutuksessa on havaittu monia ongelmia, jotka liittyivät hyvän ja toteutuskelpoisen aikataulun luomiseen, häiriövarojen käyttämiseen tai niiden puuttumiseen kokonaan. Lisäksi osaaminen ja reagointitapa työvaiheviiveisiin on ollut puutteellinen aiheuttaen monia vaikeuksia työmaalla.

Kun tahtialueella työt jäävät rästiin ja aikataulusta jälkeen, koko projektin hallinta vaikeutuu merkittävästi. Aliurakoitsijoiden työntekijät joutuvat palamaan takaisin edellisille tahtialueille suorittamaan viivästyneet ja keskeneräiset työvaiheet loppuun. Tämä johtaa siihen, että pääurakoitsija joutuu soveltamaan ja sopimaan muiden aliurakoitsijoiden kanssa uusista aikatauluista. Viivästyminen voi tarkoittaa myös päällekkäisyyksiä tahtialueilla, jolloin työntekijät voivat joutua välillä odottamaan ja välillä kiirehtimään. Rästiin jääneiden töiden korjaaminen ja aikataulun kiinni saaminen vie aikaa sekä resursseja, jolta olisi voitu välttyä hyvin suunnitellulla aikataululla ja ajantasaisilla sekä toteutuskelpoisilla suunnitelmilla. Tämä aiheuttaa haittaa ja ylimääräistä työtä myös työmaalogistiikalle,

kun joudutaan suorittamaan turhia siirtoja moneen kertaan, miltä olisi voitu kuitenkin välttyä.

Työpakettien kesto, josta on käytetty myös nimitystä tahdin pituus, on ollut monen työvaiheen osalta liian lyhyt. Joten tahtialueiden koko eli lohkojako ja tah-tien pituudet eli työpakettien kesto on suunniteltava tarkemmin ja totuudenmu-kaisemmin huomioiden kaikki mahdollisesti syntyvä ja ennakoitavissa oleva haitta. Yhteensovitus muiden urakoitsijoiden kanssa on erittäin tärkeä. Kommu-nikaatiota pitää olla toteutusosapuolien välillä ja jokaisen tarpeita on kuunnel-tava sekä näkemyksiä huomioitava. Aikataulu on luotava yhdessä projektin eri osapuolten kanssa, jotta siitä tulisi mahdollisimman realistinen ja toteutuskelpoi-nen.

8 Yhteenveto

Tutkimuksen tarkoituksen oli selvittää haasteet sekä löytää mahdolliset ongelmakohdat tahtituotannon prosessissa. Tutkimustulosten perusteella oli tarkoitus esittää parannusehdotuksia tahtiaikataulun menetelmistä ja sen tehostamiseen. Tässä opinnäytetyössä käytiin läpi erilaiset aikataulumuodot, perehdyttiin Lean-ajattelutapaan sekä tutustuttiin tahtituotantomenetelmään syvemmin. Tahtituotantoa tuodaan rakennusalalle yhä enemmän pyrkimällä hyödyntämään sen parhaita puolia. Tavoitteena arvon tuotto ja hukan minimointi.

Tutkimusosassa saatiin selville kriittisimmät ongelmakohdat, jotka toistuivat projektilla ja sen käytössä olevassa tahtiaikataulussa. Sekä hyviä parannusehdotuksia toistuvien ongelmien välttämiseksi. Osallistamalla projektin eri osapuolia, kuten aliurakoitsijoita ja muita hankkeen ammattilaisia sekä kuuntelemalla ja huomioimalla heidän näkemyksensä ja kokemuksensa tahtituotannosta kannattaa aloittaa jo suunnitteluvaiheessa. Jolloin voitaisi välttyä toistuvista ongelmista tai ainakin minimoida niiden määrä tulevaisuudessa tahtiaikatauluhankkeissa.

Tahtituotanto vaatii tarkkaa suunnittelua, ymmärrystä ja yhteensovitusta. Tahtituotannossa onnistutaan, jos huolehditaan oikeaoppisesta aikataulusuunnittelusta, seurataan sitä säännöllisesti, reagoidaan välittömästi sen poikkeamiin sekä päivitetään sitä tarpeen mukaan vastaamaan todellisuutta ja todellista tilannetta. Myös tuotantoa on ohjattava oikein käyttämällä ja toimittamalla ajantasaiset suunnitelmat ja oikeat lähtötiedot sekä esittämällä realistiset ja oikein mitoitettut aikataulut. Kaiken tämän lisäksi on otettava huomioon aliurakoitsijoiden tarpeet sekä käytettävissä olevat resurssit.

Tämä insinööriyö antoi realistisen näkemyksen tahtituotannosta, sen hyödyistä sekä hyödyntämisestä toimitilahankkeissa. Oli erittäin mielenkiintoista perehtyä Lean-ajattelutapaan ja ymmärtää kuinka asiat oikeasti toimivat ja voivat toimia hyvin suunnitellulla ja ohjaavalla tavalla.

Tutkimustulosten perusteella laadittiin liitteenä oleva tarkistuslista, jonka tarkoituksena on varmistaa tahtituotannon toimivuutta ja virtauksen sujuvuutta tahtituotantohankkeissa. (Liite 3.)

Lähteet

1. YIT Group. 2022. Verkkosivu. YIT:n historia. <<https://www.yit-group.com/fi/tietoa-yitsta/historia>> Luettu 11.11.2022
2. YIT Group. 2022. YIT verkkosivu, toimitilat /Espoo /tuultenristin-toimitilat. <<https://www.yit.fi/toimitilat/espoo/tuultenristin-toimitilat>> Luettu 11.11.2022
3. RT kortisto. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, sivu 6. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/22792#page=1>> Luettu 11.11.2022
4. RT kortisto. Aikataulukirja 2016, sivut 18-19. <<https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/17168#page=1>> Luettu 13.12.2022
5. Artikkelit 2021. Verkkosivu Salmicon Oy:n Juha Salminen johtava konsultti. Mitä uutta tahtituotanto tuo rakentamisen tuotannonohjaukseen?, <<https://www.salmicon.fi/artikkelit/mita-uutta-tahtituotanto-tuo-rakentamisen-tuotannonohjaukseen/>> Luettu 17.12.2022
6. LCI 2022. Verkkosivu. Lean rakennusalalla. <<https://lci.fi/lean-rakennusalalla/mita-on-lean-rakentaminen/>> Luettu 17.12.2022
7. RIL 2022. Verkkosivu. Rakennustekniikka, Lean-rakentamista. <<https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/leania-rakentamista.html>> Luettu 18.12.2022
8. Kaltiot 2022. Verkkosivu. Blogi. Tahtiaikatuoantanto on vaativa – sensorit auttavat pysymään aikataulussa. <<https://kaltiot.com/blog/iot-sensorit-tahtiaikatuoantannossa-rakennustyomaalla/>> Luettu 18.12.2022

9. Intotalo. 2022. Verkkosivu. Lean-verkkovalmennus. <<https://www.intotalo.com/lean-verkkovalmennus/>> Luettu 18.12.2022
10. Sitedrive. 2022. Verkkosivu. Sitedrive takt. <<https://sitedrive.com/fi/sitedrive-takt/>> Luettu 19.12.2023
11. RIL 2022. Artikkele. Verkkosivu. Rakennustekniikka, tahtituotannolla parempaa laatua. <<https://www.ril.fi/fi/rakennustekniikka/uutisarkisto/tahtituotannolla-parempaa-laatua.html>> Luettu 27.12.2022
12. Takt.knowledge 2017. Artikkele. Verkkosivu. <<https://knowledge.taktting.com/category/taktplanung/articles/17>> Luettu 3.1.2023
13. Takting. 2022. Verkkosivu. <<https://www.taktting.com/poweroftakt/two>> Luettu 5.1.2023
14. IGLC. 2018. Verkkosivu. Artikkele. Dlouhy J., Binner M.. Mastering Complexity in Takt Planning and Takt Control – Using the Three Level Model to Increase Efficiency and Performance in Construction Projects. <<https://iglc.net/papers/Details/1533>> Luettu 5.1.2023
15. Rakennuslehti. Artikkele. 30.12.2019. Seppo Mölsä. <<https://www.rakennuslehti.fi/2019/12/mista-puhumme-kun-puhumme-tahtituotannosta/>> Luettu 20.1.2022
16. UPJ. 2023. Verkoaineisto. Tahtituotanto. <<https://www.upj.fi/palvelut/tahtituotanto>> Luettu 20.1.2023

Kyselytutkimus

Opinnäytetyön kyselytutkimus Tapiolan Tuultenristin työmaalla toteutuksessa olevasta tahtituotannosta.

Kysymyksiin vastataan nimettömänä.

Saa perustella vastaukset.

Kyselytutkimus koostuu 16 kyllä tai ei kysymyksestä sekä avoimesta ja vapaamuotoisesta vastausosioista.

Kysymys		YIT		Aliurakoitsijat	
		Kyllä	Ei	Kyllä	Ei
1.	Onko tahtituotanto ennestään tuttu?	0	8	5	7
2.	Onko tahti ollut sopiva?	5	3	5	7
3.	Onko aikatauluseuranta ollut selkeä?	7	1	9	3
4.	Onko suunnitelmat ollut ajantasalla?	2	6	6	6
5.	Onko logistiikka toiminut hankkeella?	1	7	5	7
6.	Onko tahtituotannon johtamisessa onnistuttu?	4	4	6	6
7.	Onko laatu parantunut?	4	4	5	7
8.	Onko tahtituotannossa parannettavaa?	8	0	10	2
9.	Pääsitkö tutustumaan aikatauluun ennen töiden alkua?	6	2	9	3
10.	Oletko pysynyt aikataulussa?	4	4	5	7
11.	Oletko ehdottanut aikataulun päivittämistä?	5	3	9	3
12.	Onko resurssit ollut riittävät?	3	5	8	4
13.	Oletko osallistunut urakoitsijalavereihin?	8	0	12	0
14.	Oletko osallistunut aikatauluseurantaan?	8	0	6	6
15.	Onko ollut päällekkäisyyttä tahtialueella?	6	2	10	2
16.	Soveltuuko tahtituotanto toimitilarakentamiseen?	7	1	9	3
17.	Jäikö jotain sanomatta? Kerro avoimesti				

Kyselytutkimuksen avoin vastausosio

Kyselytutkimuksen avoimesta ja vapaamuotoisesta vastausosioista kerättyjä vastauksia.

17. Avoin vastausosio

- Resursseja pitää lisätä
- Aikataulun on oltava tarkempi
- Tahtiaikataulun rinnalle tarkempi aikatauluseuranta
- Viiveisiin ja ongelmiin reagointi
- Tahtien pituudet, tahtialueiden koko ja työjonojen pituudet on suunniteltava tarkemmin. Aikataulu on luotava yhdessä. Monen työn osalta tahdin pituus on liian lyhyt
- Suunnitelmat ovat olleet puutteellisia
- Riippuvuudet on ymmärrettävä paremmin ja tehtävät yhdistettävä paremmin
- Tahtialuetta ja tahtiaikataulua on vaikea soveltaa, jos on paljon erikoistiloja ja/tai vuokralaismuutoksia, jotka aiheuttavat häntiä
- Pelivaraa tahtituotannossa ei juurikaan ole, loppupää kärsii
- Edellisten urakoitsijoiden työt jääneet kesken
- Tahdissa pysyminen ja järjestyksen noudattaminen
- Urakoitsijoille varattava riittävä aika toteutukselle
- Urakoitsijoiden turha tavaran siirto (materiaalimitoitus)
- Enemmän kommunikaatiota urakoitsijoiden välillä
- Edellisen työvaiheen tavaran poisto
- Edellinen työvaihe kesken, josta syntyy päällekkäisyyttä tahtialueella ja viiveet.

Tahtituotannon tarkistuslista

1. Mihin tarkoitukseen

Tarkistuslistan tarkoituksena on varmistaa tahtituotannon toimivuutta ja virtauksen sujuvuutta tahtituotantohankkeissa. Tähän on vaikuttanut paljolti iso määrä ongelmia, jotka ovat liittyneet mm. suunnitelmien puutteellisuuteen, liian lyhyisiin läpimenoaikoihin tahtialueilla, resurssien puutteellisuuteen, väärin mitoitettuihin materiaalitoimituksiin sekä logistiikan epäonnistumiseen.

Tahtituotanto vaatii tarkkaa suunnittelua, ymmärrystä ja yhteensovitusta eri osapuolten kanssa. Tuotantoa on ohjattava oikein käyttämällä tarkkoja lähtötietoja, ajantasaisia suunnitelmia sekä esittämällä realistiset ja oikein mitoitettut aikataulut.

Alla on tehtävälista, mikä auttaa varmistamaan tahtituotannon onnistumista.

2. Tehtävät

Tehtävä	Vastuhenkilö	Varmistettu pvm
Realistinen ja toteutuskelpoinen aikataulu		
Ajantasaiset ja toteutuskelpoiset suunnitelmat		
Tahtiohjelmiston koulutus eri osapuolille		
Aikataulun yhteensovitus eri osapuolten kanssa		
Resurssien riittävyys		
Työvaiheiden ja työjärjestyksen suunnittelu		
Työmaan tahtituotannon logistiikan suunnittelu		
Työjärjestyksen suunnittelu ja hyväksyttäminen aliurakoitsijoiden kanssa		
Aloitusedellytykset		
Töiden yhteensovitus muiden urakoitsijoiden kanssa		