



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Teemu Klingberg

Tahtituotanto kerrostalohankkeen sisätyövaiheessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

30.10.2019

Tekijä	Teemu Klingberg
Otsikko	Tahtituotanto kerrostalohankkeen sisätyövaiheessa
Sivumäärä	25 sivua + 1 liite
Aika	30.10.2019
Tutkinto	Rakennusmestari
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Suuntautumisvaihtoehto	Talonrakennus
Ohjaajat	Lehtori Markus Immonen Laatupäällikkö Eero Haverinen
<p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Peab Oy:n PKS Asuntorakentamisen yksikölle. Esimerkkityömaa on kerrostalohanke Kauniaisissa: Asunto-osakeyhtiö Kauniaisten Bredanlaakso ja -kallio. Työssä kerrottiin yleisimmin käytetyistä rakennushankkeiden aikatauluista ja perinteisestä aikataulutuksesta sisätyövaiheessa.</p> <p>Tämän jälkeen työssä perehdyttiin Lean-filosofiaan ja siihen kuuluviin Lean Constructioniin, tahtituotantoon ja Last Planneriin. Lean on toimintastrategia, joka pyrkii vähentämään hukkaa eli sellaisten resurssien käyttöä, jotka eivät tuota arvoa. Lean-ajattelu edellyttää tavallista laajempaa yhteistyötä sekä kokonaisoptimointia. Kun rakennusalallakin eri vaiheet ja toimijat integroidaan, voidaan saavuttaa yhtenäisiä prosesseja, joissa virtaustehokkuuden parantaminen onnistuu ja lopputuloksista tulee ennustettavia – tämä johtaa tehokkuuteen. Leanin tavoitteena on johtaa tuottavuuteen, pienempiin kustannuksiin ja nopeampaan projektiin läpimenoon. Tähän vaikuttavat ennustettavuus ja tasainen tuotantovirta, jotka Lean-menetelmiä käyttämällä voidaan saavuttaa. Last planner on rakentamisen tuotannon ohjauksen menetelmä.</p> <p>Esimerkkityömaalle tehtiin teoreettinen tahtituotantoaikataulu, joka koskee B-talon sisätyövaiheita. Verrattiin nykyistä aikataulua tähän tahtituotantoaikatauluun ja pohdittiin etuja ja haittoja. Lopuksi esitetään johtopäätöksiä ja yhteenvetoa. Havaittiin tahtituotannon tuottavan mahdollisesti ajansäästöä, mutta myös lisäävän häiriöherkkyyttä, mikä vaatii reaaliaikaista ohjaamista ja ongelmiin puuttumista, mikä taas voi pitkällä tähtäimellä parantaa lopputulosta.</p>	
Avainsanat	tahtituotanto, lean, last planner, kerrostalohanke

Author(s)	Teemu Klingberg
Title	The takt time planning in the indoor manufacturing of the apartment building project
Number of Pages	25 pages + 1 appendix
Date	22 October 2019
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Manager
Specialisation option	Building Construction
Instructor(s)	Markus Immonen, Senior Lecturer Eero Haverinen, Quality Control Manager
<p>This thesis has been done for Peab Oy's PKS Housing Construction Unit. An example construction site is an apartment project in Kauniainen: Asunto-osaakeyhtiö Kauniaisten Bredanlaakso ja -kallio. The thesis describes the most commonly used building project schedules and traditional scheduling in the interior work phase. After that, the work introduces the Lean philosophy and its related Lean Construction, takt time production and Last Planner. Lean is an operational strategy that seeks to reduce wastage, that is, the use of non-value resources. Lean thinking requires more extensive collaboration and overall optimization. By integrating the different phases and actors in the construction industry, it is possible to achieve consistent processes where flow efficiency can be improved and the end results become predictable - leading to efficiency. Lean's goal is to lead to greater productivity, lower costs and faster project lead times. This is influenced by the predictability and steady flow of production that can be achieved using Lean methods. Last planner is a method of controlling production in construction. A theoretical synchronous production schedule was made for the exemplary site, which covers the internal work phases of Building B. The current timetable was compared with this timetable production schedule and the advantages and disadvantages were considered. Finally, conclusions and a summary are presented. It has been found that synchronous production may not only save time, but also increase the sensitivity to interference, which requires real time control and problem solving, which in the long run can improve the end result.</p>	
Keywords	takt time, lean, last planner, apartment building project

Sisällys

Keskeistä sanastoa

1	Johdanto	1
2	Tutkimustavoite ja -menetelmät	2
3	Työmaan aikataulut	3
3.1	Rakennushankkeen aikataulut	3
3.2	Perinteinen aikataulutus sisätyövaiheessa	4
4	Lean-filosofia	5
4.1	Lean rakentamisessa – Lean Construction	6
4.2	Tahtituotanto	9
4.3	Last Planner	11
5	Asunto-osakeyhtiö Kauniaisten Bredanlaakso ja -kallio	14
6	Tahtituotantosuunnitelma B-talon sisätyövaiheista	16
7	Aikataulujen vertailua	20
8	Johtopäätökset	22
9	Yhteenveto	23
	Lähteet	24

Liitteet

Liite 1. Tahtiaikataulu Bredanlaakso (vain työn tilaajan käyttöön, ei sisälly kirjalliseen raporttiin)

Keskeistä sanastoa

Big Room	Menetelmä, jossa hankkeen kaikki suunnittelijat työskentelevät samassa tilassa ja tekevät tiiviisti yhteistyötä
Hukka	Arvoa tuottamaton työvaihe
JIT	Just In Time
Last Planner	Lean-filosofiaan perustuva menetelmä työmaan tuotannon ohjaukseen
Lean	Toimintastrategia, jolla pyritään parantamaan prosessien virtaustehokkuutta poistamalla erilaisia hukkia
Mesta	Työnsuorittamispaikka rakennustyömaalla
Plaano	Lattioiden pintatasausvalu
Ratu-kortisto	Rakennustuotannon tuotannosuunnittelun tietopankki, joka on tarkoitettu rakennusalan ammattilaisille
Tahtituotanto	Lean-filosofiaan perustuva menetelmä, jossa virtaus, flow, saadaan aikaan mitoittamalla kaikki työvaiheet saman pituiseksi ja suunnittelemalla ne välittömästi toisiaan seuraavaksi
TTP%	Viikkosuunnitelman toteuma prosentteina
Vinjettiaikataulu	Valvonta-aikataulu, josta näkee, mikä työvaihe on kyseessä ja milloin sen pitäisi alkaa ja päättyä

1 Johdanto

Toimiva aikataulutus on yksi tärkeimmistä rakennushankkeiden sujuvuuteen liittyvistä seikoista. Rakennushankkeiden aikataulutukseen on olemassa erilaisia menetelmiä ja järjestelmiä. Tämän hetken trendi rakennusalalla on Lean ja tahtituotanto. Lean ei ole uusi keksintö: Toyota kehitti sen autotehtaallaan jo yli 30 vuotta sitten synkronoimaan toiminnot siten, että tavarat toimitetaan juuri oikeaan aikaan ja niitä toimitetaan juuri oikea määrä. Näin saadaan vähennettyä hukkaa ja tehostettua toimintaa. (Rakennuslehti 6/2019, 13.) Perinteiseen rakentamiseen sisältyy paljon hukkaa ja käyttämättömiä mahdollisuuksia. Lean-periaatteita soveltamalla voi saavuttaa kymmenien prosenttien säästöjä. (Appro 2015.)

Tämä opinnäytetyö tehdään Peab Oy:n PKS Asuntorakentamisen yksikölle. Peab-konserni on yksi Pohjoismaiden suurimmista rakennusyhtiöistä. Se työllistää Pohjoismaissa 15 000 henkeä, joista Suomessa noin 750 (Peab 2019.) Työ on tehty esimerkkityömaalle, kerrostalohankkeelle Kauniaisissa. Tavoitteena on luoda vaihtoehtoinen, tahtituotantoon perustuva aikataulu käyttämällemme perinteiselle aikataululle ja vertailla näitä kahta aikataulua. Tämä vaatii perehtymistä tahtituotannon periaatteisiin sekä käytännön soveltamiseen. Työn tavoitteena on testata tahtituotantoon perustuvan aikataulun hyötyjä ja toteutusta periaatetasolla, sillä seuraavalla työmaalla on tarkoitus ottaa sisätyövaiheessa käyttöön tahtiaikatuotantoon perustuva töiden aikataulut. Tavoitteena seuraavalla työmaalla on lyhentää sisävaihetöiden kestoa nykyisestä.

Opinnäytetyn alussa kerrotaan tutkimustavoite, aiheen rajaus sekä työssä käytetyistä tutkimusmenetelmistä. Tämän jälkeen kerrotaan yleisemmin rakennushankkeiden aikatauluista ja perinteisestä aikataulutuksesta sisätyövaiheessa. Luvussa neljä perehdytään Lean-filosofiaan ja siihen kuuluviin Lean Constructioniin, tahtituotantoon ja Last Planneriin. Luvussa viisi esitellään esimerkkityömaa ja luvussa kuusi esimerkkityömaalle tehty teoreettinen tahtituotantoaikataulu, joka koskee B-talon sisätyövaiheita. Tämän jälkeen vertaillaan kohteessa käytettyä aikataulua tähän tahtituotantoaikatauluun ja pohditaan etuja ja haittoja. Lopussa kootaan johtopäätökset ja tehdään yhteenveto työstä. Työn viimeisillä sivuilla lähteet sekä liitteet, jotka sisältävät esimerkkikohteen B-talon tahtiaikasuunnitelmat.

2 Tutkimustavoite ja -menetelmät

Opinnäytetyön tavoitteena on perehtyä Lean-ajatteluun ja sen mukaiseen tahtituotantoon sekä tuottaa tahtituotantoon perustuva työjärjestys ja aikataulu kerrostalohankkeen sisätyövaiheesta. Opinnäytetyössäni tehdään vertailua työmaalla käytetyn vinjettiaikataulun sekä perinteisten mestojen jakamisen ja tahtituotantoaikataulun välillä käyttäen esimerkikohteen, Peab Oy:n Asunto-osakeyhtiö Kauniaisten Bredanlaakson ja -kallion sisätyövaiheita. Bredankallion sisätöiden aikataulutuksessa ei käytetty tahtituotantoa, vaan perinteistä tapaa jakaa mestat ja resurssit. Aikataulun seuraamiseen käytettiin vinjettiä. Opinnäytetyössä selvitän, miten tahtituotanto olisi esimerkikohteessa voitu teoreettisesti toteuttaa ja mitä mahdollisia hyötyjä sillä oltaisiin voitu saavuttaa verrattuna nykyiseen aikataulutukseen ja mestojen jakamiseen.

Opinnäytetyössä perehdytään tahtituotannon periaatteisiin ja sovelletaan sitä kerrostalohankkeen sisätyövaiheisiin. Selvitetään, mitä tämän toteuttaminen vaatii työn suunnittelun kannalta pääurakoitsijan osalta sekä urakoitsijoiden näkökulmasta. Verrataan nykyistä toimintatapaa tahtituotannon kanssa työn kestojen osalta. Opinnäytetyö on rajattu koskemaan työjärjestystä ja aikataulua tahtituotantomuodossa plaanosta eteenpäin. Tahtituotantoaikataulu on tehty Asunto-osakeyhtiö Kauniaisten Bredanlaakson B-talon sisätyövaiheista. Aikataulu luodaan asunnoittain. Aikataulutukseen käytetään Ratu-menekkejä. Kustannukset on rajattu tässä työssä pois.

Tutkimusta varten on perehdytty Leaniin ja sen mukaiseen tahtituotantoon ja Last Planner -työkaluun. Näiden tietojen pohjalta tehtiin sovelluksen tahtituotannon käyttämisestä sisätyövaiheessa. Teoriaosuuden taustatietoa Lean- ja tahtituotannosta on saatu koulutuksista sekä alan kirjallisuudesta ja verkkosivuilta. Lisäksi käytetään yhtenä tiedonkeruutapana käymiäni keskusteluja Mittaviiva Oy:n kouluttaja Anssi Koskenvesan ja urakoitsijoiden kanssa.

3 Työmaan aikataulut

Tässä luvussa esitellään lyhyesti tavallisimmat aikataulut rakennushankkeissa sekä ns. perinteisen aikataulutuksen sisätyövaiheessa.

3.1 Rakennushankkeen aikataulut

Rakennushankkeissa luodaan yleensä ainakin alla olevia aikatauluja:

- Hankeaikataulu
- Yleisaikataulu
- Suunnitelma-aikataulu
- Hankinta-aikataulu
- Talotekniikka-aikataulu
- Rakentamisvaiheaikataulu
- Viimeistelyvaiheaikataulu
- Luovutusvaiheaikataulu
- Viikkoaikataulu.

Hankeaikataulu on rakennuttajan laatima, ja se kuvaa koko rakennushankkeen tarveselvityksestä käyttöönottoon. Yleisaikataulu on päätoteuttajan laatima, ja se kattaa hankkeen rakennusvaiheen. Usein tehdään alustava yleisaikataulu ja tarkennettu yleisaikataulu. Suunnitelma-aikataulu eli piirustusaikataulu on suunnittelun johtamisen apuna. Lähtötietoina toimivat työmaan suunnitelmatarpeisiin liittyvät seikat – perussuunnitelmien lisäksi erilaiset yksityiskohdat. Hyvä yleisaikataulu on pohja suunnitelma-aikataululle. Hankinta-aikataululla on tarkoitus varmistaa hankintojen oikea-aikainen saanti työmaalle. Talotekniikka-aikataulu eli TATE-aikataulu käsittää talotekniset työt. Ne esitetään osana yleisaikataulua rakennusteknisten töiden jälkeen. Yleensä LVIS-urakoitsijat tekevät itse aikataulun, joka liittyy rakennusteknisiin töihin. Rakentamisvaiheaikataulun tarkoituksena on varmistaa yleisaikataulun kireys ja realismi; se on yleisaikataulua tarkempi. Se laaditaan tietylle ajanjaksolle tai rakennusvaiheelle. Viimeistelyvaiheaikataulu ja luovutusvaiheaikataulu ovat olemassa, jotta varmistettaisiin hankkeen oikea-aikainen valmistuminen. Viikkoaikataulu on näistä aikatauluista tarkin. Työt voidaan suunnitella siihen päivä- tai jopa tuntikohtaisesti. (Elomaa 2012: 16–22.) Viikkoaikatauluun jokainen työnjohtaja suunnittelee oman vastualueensa työt seuraavalle kolmelle viikolle.

3.2 Perinteinen aikataulutus sisätyövaiheessa

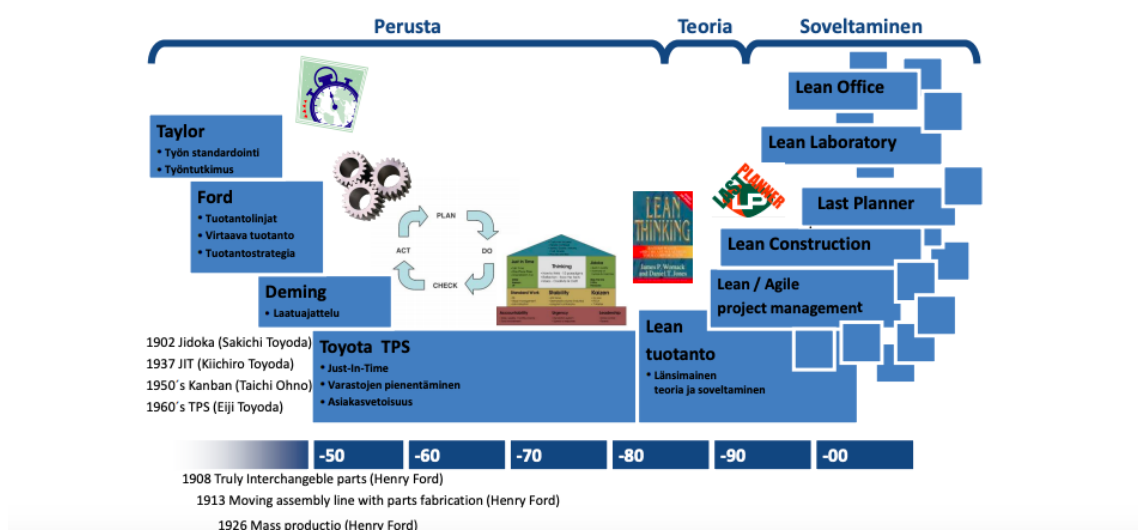
Sisätyövaiheet esitetään yleisesti vinoviiva-aikataululla, josta muodostetaan erillinen valvontavinjetti. Vinjetti näyttää työvaiheiden suunnitellun aloitus- ja lopetuspäivän. Vinjettiä päivitettäessä siihen merkitään myös toteutuneet aloitus- ja lopetuspäivät. Tällä hetkellä oleva toimintatapa on aloittaa kahden kerroksen lattiatasoitteen eli plaanon kuivumisen jälkeen seinien sekä kattojen tasoitustyö, jota maalari seuraa tasoitetyön edetessä seuraavaan kerrokseen. Tämä tarkoittaa sitä, että esimerkiksi tasoitetyölle on varattu 1–2 kerrosta, mikä tarkoittaa 8–19 asuntoa sekä porrashuoneet mestaa kerrallaan. Tasoitetyö tehdään perinteisesti yhdellä tai maksimissaan kahdella ryhmällä joissa on yleensä kaksi tai kolme työntekijää. Tasoitetyöhön kuluu noin 1–2 viikkoa per kerros. On siis selvää, että niin sanottua tyhjäkäyntiä eli mestaa, missä ei tehdä työtä, on melko paljon. Tähän etsitään lääkettä tahtituotannolla, jossa mestat jaetaan pienempiin osiin, ja tehtävä seuraa toistaan ilman ylimääräisiä taukoja.

4 Lean-filosofia

Leanin juuret ovat toisen maailmansodan jälkeisessä Japanissa. Alkujaan Fordin tuotantoideasta lähtenyt ja kehittynyt Toyota Production system, TPS, on ollut pohja Leanille. Toyotan autotehtaalla kehiteltiin tuotannon tehostamista niin, että pystyttäisiin tekemään enemmän vähemmällä. Keinoja tähän olivat muun muassa katkeamaton virtaus ja Just-In-Time-ajattelu, jossa asiat tapahtuivat juuri oikeaan aikaan. (Six Sigma 2019.)

Toyota Production Systemin ideat eivät kuitenkaan ole pelkästään japanilaisten keksimiä, vaan monet ajatukset ovat paljon vanhempia ja oppeja on tullut useista suunnista. Alla olevassa kuvassa (Kuva 1) mainittu Taylorin tieteellinen liikkeenjohto perustuu ajatukseen, että ihmiset tulevat töihin ansaitakseen rahaa, ja työntekijöitä voidaan motivoida antamalla heille selkeitä standardeja. William Edwards Deming (1900–1993) kehitti syvällisen tiedon teorian, jonka perusajatuksena on, että kaikki lähtee vaihtelun ymmärtämisestä ja että systeemejä kehittämällä pienennetään vaihtelua. Vaihtelu aiheuttaa viikoja, ja viat taas aiheuttavat hukkaa. (Six Sigma 2019, Trygg 2018: 12.) Tämän jälkeen Lean-teoriaa on kehitelty pidemmälle ja sovellettu monille eri aloille. Rakennusalaan liittyviä, Lean-filosofiaan pohjautuvia sovelluksia ovat muun muassa Lean Construction ja Last planner. Kuva 1 havainnollistaa Leanin historiaa 1900-luvun alusta kohti 2000-luvun Lean-sovelluksia.

Lean historia pähkinänkuoressa



Kuva 1. Leanin historia pähkinänkuoressa (Mittaviiva & Vison, 2018, kuva: Anssi Koskenvesa)

Lean on toimintastrategia, jolla pyritään parantamaan prosessien virtaustehokkuutta. Lean pyrkii vähentämään hukkaa eli sellaisten resurssien käyttöä, jotka eivät tuota arvoa. Lean-ajattelu edellyttää prosessin osapuolten välistä tavallista laajempaa yhteistyötä sekä kokonaisoptimointia. (Lean Construction Institute Finland 2019.)

4.1 Lean rakentamisessa – Lean Construction

”Autoteollisuudessa tehokkuuden merkki on, että välivarastoja ei ole eikä asioita tehdä liian aikaisin. Toki nämä asiat pätevät rakentamisessakin, mutta tarvitaan muutakin.” (Appro 2015.)

Leaniin kuuluu luettelo seitsemästä erilaisesta hukasta, eli turhasta ja tuottamattomasta toiminnosta. Lean-ajattelussa on keskeistä tunnistaa nämä hukat mahdollisimman varhaisessa vaiheessa ja eliminoida tuottamattomat toiminnot nopeasti ja tehokkaasti, ja parantaa näin laatua sekä pienentää kustannuksia. Tuottamattomia toimintoja ovat Toyotan Taiichi Ohnon ja Lean-ajattelun mukaan nämä:

1. ylituotanto
2. odottelu ja viivästykset
3. tarpeeton kuljettaminen
4. ylikäsittely
5. tarpeettomat varastot
6. tarpeeton liike työskentelyssä
7. laatuvirheet.

Kahdeksas hukka: Usein Ohnon alun perin listaamaan seitsemään hukkaan lisätään vielä yksi, joka on työntekijän luovuuden ja osaamisen käyttämättömyys. (Arrow 2016.)

Leanin seitsemän kohdan hukkalistalta puuttuu rakennusalalle tyypillinen ”making do”, joka tarkoittaa sitä, että yritetään luovasti pärjätä, vaikka jotain työn suorittamisen kannalta olennaista puuttuu – ja usein puuttuu (Apro 2015). Tämä voisi olla rakennusalalla tuo kahdeksas kohta.

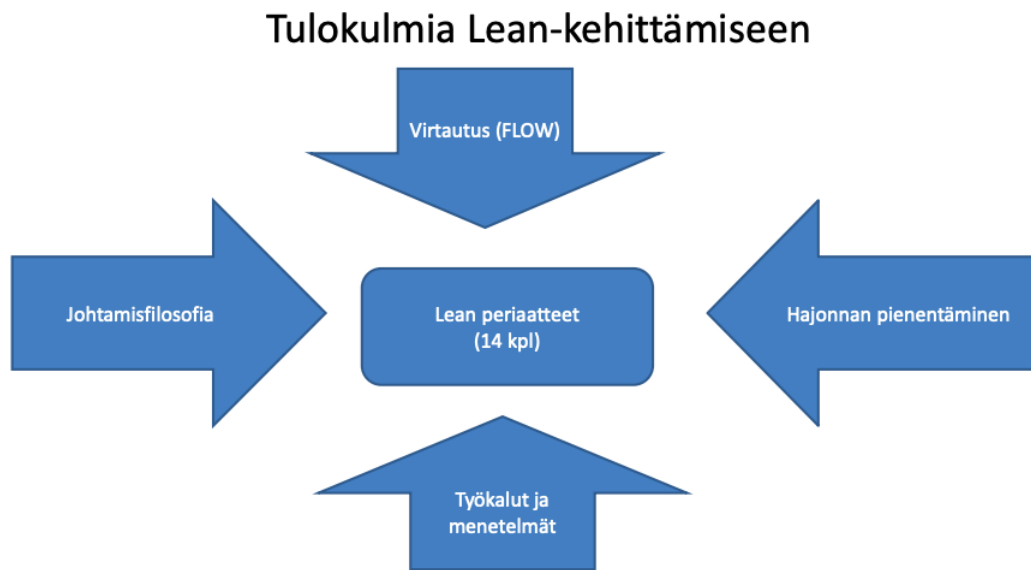
Rakentamisessa on erilaisia syötteitä, jotka tarvitaan, ennen kuin jotain voidaan tehdä. Tällaisia ovat esimerkiksi piirustukset, materiaalit, työntekijät ja olosuhteet. Lisäksi näiden kaikkien sisällä on erilaisia alakohtia. Mitä enemmän on syötteitä, sitä todennäköisemmin jotain puuttuu, kun pitäisi aloittaa työt. Rakennusteollisuuteen kehitetty Last planner -niminen menetelmä on työkalu, jonka keskeisenä tarkoituksena on poistaa marketing do -hukkaa. Sillä varmistetaan, ettei työtä aloiteta ennen kuin kaikki syötteet ovat kunnossa. (Apro 2015.)

Autoteollisuuden Leanissa on paljon asioita, joita voi soveltaa sellaisenaan rakentamiseen, kuten visuaalinen johtaminen tai Big Room -työkalu, joka tarkoittaa sitä, että hankkeen kaikki suunnittelijat työskentelevät samassa tilassa ja tekevät tiiviisti yhteistyötä. Lisäksi Target Value Designilla eli tiettyyn kustannustavoitteeseen pyrkivällä suunnittelulla on pystytty saavuttamaan suuria säästöjä hankkeissa. (Apro 2015.)

Rakennusalalla voidaan käyttää Lean-ajattelun mukaisia toimintatapoja ja työkaluja, jotka keskittyvät projektin eri vaiheiden ja osapuolten integrointiin sekä eri osapuolten aikaiseen osallistamiseen. Kun eri vaiheet ja toimijat integroidaan, voidaan saavuttaa yhtenäisiä prosesseja, joissa virtaustehokkuuden parantaminen onnistuu ja lopputuloksista tulee ennustettavia – tämä johtaa tehokkuuteen. Leanin tavoitteena on johtaa tuotavuuteen, pienempiin kustannuksiin ja nopeampaan projektin läpimenoon. Tähän vaikuttaa ennustettavuus ja tasainen tuotantovirta, jotka Lean-menetelmiä käyttämällä voidaan saavuttaa. Ennustettavuus koskee suunnittelua ja lopputulosta sekä esimerkiksi yksittäisten työvaiheiden tasaista ja säännönmukaista toteuttamista. Ennustettavuuden kautta projektin kustannukset ja aikataulu pysyvät hallinnassa ja resurssien ohjaus on tarkempaa. Lean on jatkuva prosessi; siihen siirtyminen ei käy hetkessä. Lean-ajattelun toteuttaminen edellyttää myös työkuultuurin muutosta ja jatkuvaa halua parantaa työtä. (Lean Construction Institute Finland 2019.)

Lean-rakentamisen, eli Lean Constructionin tavoitteena on luoda edellä mainittua ennustettavaa työnkulkua, flow'ta, poistamalla tilanteet, joissa työ joko odottaa työntekijöitä tai työntekijät odottavat töitä. Lisäksi sen tavoitteena on pyrkiä luomaan täydellinen tilannekuva siitä, kuka tekee, missä tekee ja mitä tekee – sekä projektin johdon että työntekijöiden näkökulmasta, perustuen samaan tietolähteeseen. (Mittaviiva & Vison 2018.)

Alla oleva kuva (Kuva 2) havainnollistaa eri tulokulmia Lean-kehittämiseen. Keskellä ovat Leanin 14 periaatetta, joihin kuuluvat esim. pitkäjänteisyys päätöksenteossa, selkeiden prosessikuvausten luominen, jotka paljastavat ongelmat ja tuovat ne selvästi esiin, imuohjauksen käyttäminen ylituottamisen välttämiseksi ja työn standardointi, joka on pohja jatkuvalla parantamiselle ja kaikkien osallistumiselle (Mittaviiva & Vison 2018). Leanin 14 periaatetta on kokonaisuudessaan lueteltu kuvassa 3. Näihin periaatteisiin pyritään parantamalla virtausta, flow'ta, pienentämällä hajontaa, käyttämällä sopivia työkaluja sekä menetelmiä ja käyttämällä Leanin mukaista johtamisfilosofiaa.



Kuva 2. Tulokulmia Lean-kehittämiseen (Mittaviiva & Vison 2018.)

Leanin 14 periaatetta on kuvattu alla olevassa pyramidissa.

LEAN:n periaatteet (Toyotan tapa)



Kuva 3. Leanin periaatteet. (Mittaviiva & Vison 2018.)

Kuvan 3 pyramidin pohjalla, ensimmäinen Lean-periaatteista, on Lean-filosofia, joka tähtää pitkäjänteisyyteen päätöksenteossa. Pyramidin seuraava lohko sisältää prosessin, jossa tavoitteena on hukan eliminointi. Tähän päästään esimerkiksi luomalla prosessikuvauksia, jotka paljastavat ongelmat, käyttämällä visuaalista ohjausta ja käyttämällä vain hyväksi ja luotettavaksi koettua tekniikkaa. Seuraavaksi tulevat ihmiset ja yhteistyökumppanit: heitä tulee kunnioittaa ja auttaa tulemaa paremmaksi sekä kehittää toimimaan yrityksen filosofian mukaan. Pyramidin huipulla on ongelmanratkaisu: jatkuva parantaminen ja virheistä oppiminen.

4.2 Tahtituotanto

Tahtiaika liittyy olennaisesti Lean-tuotantoon; se kuvaa yksittäisten työvaiheiden kestoja tuotannossa. Leanissa tuotannot toimivat virtausperiaatteella. Virtaus, flow, saadaan aikaan mitoittamalla kaikki työvaiheet samanpituisiksi ja suunnittelemalla ne välittömästi toisiaan seuraavaksi. Rakentamisessa vastaavaan pyritään paikka-aikakaaviolla, jossa työvaiheiden eteneminen tasautetaan suhteessa toisiinsa. Tahtiaikatuoanto voi olla toimiva työkalu rakentamisessa ja sen aikataulutuksessa. (Lean Construction Institute Finland a, 2015.)

Lean-tuotannon tahtiaikaperiaatteessa tasaisesti etenevän liukuhinnan korvaa ”tuotantojuna”, jossa tarkkaan mitoitettut työvaiheet seuraavat toisiaan kuin junan vaunut. Teollisuudessa työvaiheita suunnitellaan minuutin tai jopa sekunnin tarkkuudella. Rakennusalan tuotannosuunnittelu ei nykyisellään ulotu tähän. Rakennusalalla tarkin aikataulusuunnittelun taso on tyypillisesti viikkosuunnittelu, jossa tehtävät yksilöidään päivän tai tuntien tarkkuudella. Hankaluuksia tuottavat mm. lukuisten aliurakoitsijoiden töiden koordinointi ja tuotannonohjaustiedon vieminen työntekijätasolle. Kaikkien täytyisi myös olla motivoituneita ja sitoutuneita tahtiaikatuotannon toteuttamiseen. Lean Construction Instituteen kotisivujen mukaan rakennusalalla ei voida puhua varsinaisesta tahtiaikatuotannosta, vaikka erilaisia ”peukalosääntöjä”, kuten ”2 viikkoa per linja tai kerros” käytetään kuvaamaan tasaista etenemää. Tahtiaikasuunnittelun avulla tuotannon suunnittelu viehdään tavanomaista tarkemmalle tasolle ja siitä viestitään ja sitä ohjataan visuaalisten menetelmien avulla. Tavoitteena on saavuttaa tasainen ja ennakoitava tuotantotahti, jossa tarkka toimitusten ja logistiikan suunnittelu on mahdollista. Tämä poistaa hukkaa ja parantaa tuottavuutta. Tahtiaikatuotantoon, kuten Lean-periaatteeseen ylipäättänsä, kuuluu jatkuva kehittäminen ja toiminnan parantaminen. (Lean Construction Institute Finland a, 2015.)

Tahtiaikatuotanto etenee seuraavissa vaiheissa:

- Kootaan esim. Last Plannerissa käytettyä seinätaulumenetelmää hyväksi käyttäen tieto tuotantoprosessista, sen vaiheista ja työvaiheiden järjestyksestä sekä kestosta.
- Ositetaan työmaa pieniin lohkoihin tai toistuviin alueisiin, jotka toimivat tahtiaikasuunnittelun yksikköinä.
- Määritellään tuotannon etenemisnopeus eli tahtiaika hitaimman työvaiheen mukaan. Mietitään myös, voiko hitainta vaihetta nopeuttaa tai töitä jakaa.
- Tasataan kaikki työvaiheet ko. etenemisnopeuden mukaan esim. mitoittamalla resursseja. Aliurakoitsijoiden sanktiot sidotaan etenemisnopeuteen.
- Materiaalitoimitukset ja suunnitelmien ym. tietojen saanti sidotaan etenemistahtiin. Pyritään mahdollisimman täsmällisiin toimituksiin.
- Kehitetään prosessia koko ajan paremmaksi selvittämällä ongelmien syyt ja ratkaisemalla ne. Tuotannon suunnittelussa ja parantamisessa voidaan käyttää erilaisia mittaus- ja seurantamenetelmiä. Olennaista on avoimuus ja seurattavuus.

Kun tuotantoprosessi on hyvin suunniteltu, on sen toteutumista helppo seurata. Seuranan ykköskohde on etenemisnopeuden tasaisuus. Myös esim. tuottavuutta voidaan seurata. Tahtiakatuotanto on periaatteena selkeää, mutta käytännössä sen toteuttaminen voi rakennusalalla olla haastavaa. Tähän vaikuttavat esim. ajan puute, vanhat työkalutuurin perinteet, vaihtuvat työntekijät jne. (Lean Construction Institute Finland a, 2015.)

4.3 Last Planner

Last planner on rakentamisen tuotannon ohjauksen menetelmä, joka kehitettiin Yhdysvalloissa 1990-luvulla. Se soveltuu suunnittelutyön tuotannon ohjaukseen, rakentamisen tuotannon ohjaukseen sekä ylläpitötöiden tuotannon ohjaukseen. Last Plannerin kehittämisen lähtökohtana oli huomio, että vain noin puolet viikkosuunnitelman mukaisista tehtävistä saadaan toteutettua kyseisen viikon aikana. Last Planner -menetelmään kuuluu toiminnan jatkuva kehittäminen; tavoitteena on oppiva ja kehittyvä tuotannon ohjauksen systeemi. Last Plannerin tarkoituksena on tehdä työn kulusta ennustettavaa ja häiriötöntä. Tähän liittyy aikataulutehtävien esteiden tunnistaminen ja poistaminen. (Lean Construction Institute Finland b, 2015.)

Monet aikataulutekniikat sisältävät samankaltaisia elementtejä kuin Last Planner, mutta usein tuotantoa ohjataan kuitenkin tilannekohtaisesti ja epäjärjestelmällisesti. Last Plannerissa avainhenkilöt osallisestaan yhteiseen aikataulusuunnitteluun, keskittyään esteiden poistamiseen, toteutetaan viikkosuunnitelmiin asetetut aikataulutehtävät sekä mitataan viikkosuunnitelmien luotettavuutta ja analysoidaan poikkeamat, jotta tuotannon ohjauksen systeemiä voidaan parantaa ja kehittää. (Lean Construction Institute Finland b, 2015.)

Last Planner -menetelmään kuuluvat:

1. Kireystasoltaan oikea aikataulu, jossa tuotantoa tahdistavat välitavoitteet on selkeästi tunnistettu.
2. Osapuolten välinen yhtenäinen vaihesuunnittelu, jossa kaikki eri tehtävistä vastaavat henkilöt yhteisesti suunnittelevat aikataulun, jolla yleisai-kataulun välitavoitteet voidaan saavuttaa.
3. Järjestelmällinen valmistettava suunnittelu, jossa poistetaan aikataulutehtävien käynnistämisen estäviä esteitä 4–6 viikon aikajännteellä. (imuoh-jaus)

4. Viikkosuunnittelu ainoastaan niille tehtäville, joiden käynnistämisen edellytykset on varmistettu.
5. Viikkosuunnitelman suunnittelu ja läpikäyminen kaikkien sen toteuttamiseen osallistuvien henkilöiden kanssa.
6. Viikkosuunnitelman tehtävien toteuttamisen tarkistaminen ja mittaaminen tehtävien toteutusprosentin, TTP%:n, avulla.
7. Tehtävien toteuttamatta jäämisen syiden selvittäminen ja vaikuttaminen syihin.

Systeemin jatkuva parantaminen.

Last Plannerista vastaa (esimerkiksi tämänkaltaisella työmaalla, joka opinnäytetyössäni on kuvattu) vastaava työnjohtaja. Sen käyttöön osallistuvat periaatteessa kaikki työntekijät. Tuloksia seurataan TTP%:n, eli viikkosuunnitelmiin asetettujen tehtävien toteutusprosentin avulla. TTP%:t muodostavat käyrän, jonka muodosta voidaan todeta tuotannon ohjauksen kehittyminen: mikäli käyrä on nouseva, systeemi paranee eli aikataulun ennustettavuus ja luotettavuus paranevat. Ylös alas sahaava käyrä on merkki siitä, että systeemi on vielä häiriöherkkä ja on kiinnitettävä enemmän huomiota esteiden tunnistamiseen ja poistamiseen sekä sitoutumiseen viikkosuunnitelmien toteuttamiseen. (Lean Construction Institute Finland b, 2015.)



Kuva 4. Big Room -menetelmä on osa Last Planneria. (PCL Construction 2019.)

Last Planner ei vakiinnu käyttöön hetkessä, ja sen käyttöönotto sisältää haasteita. Kuten Lean Construction Instituten kotisivuilla kerrotaan, Last Planner -systeemi vakiintuu käyttöön kurinalaisella toiminnalla. Ensiksi tulisi kiinnittää huomiota vaiheikataulujen yhteiseen laadintaan. Esteiden poistamiseen täytyy olla aikaa ja halukkuutta. Tarvitaan tehokkaita palavereja, joissa voidaan avoimesti nostaa esiin esteet sekä vastuuttaa niiden

poistaminen. Viikkosuunnitelmat on vaadittava ja niiden tulisi olla konkreettinen suunnitelma ko. viikon tehtävien toteuttamisesta. Lean Construction Instituten kotisivujen tietojen mukaan vaikeinta on usein palautteen antaminen eli viikkosuunnitelmien toteutumisen prosentin laskeminen ja niiden avoin käsittely. Tuon kynnyksen ylittämisen jälkeen tulokset alkavat parantua. (Lean Construction Institute Finland b, 2015.)

Last Plannerin käyttöönotto edellyttää sitä, että useat henkilöt työmaalla omaksuvat uudet käytänteet. Last Planner -oppaan (Koskela & al. 2017: 35) mukaan vaiheittainen käyttöönotto on todettu toimivaksi menettelyksi silloin, kun LP-menetelmä ei ole henkilöstölle tuttu; ensin kannattaa ottaa käyttöön systemaattinen viikkosuunnittelu ja sen seuranta. Last Planner -menetelmän käyttöönotto edellyttää koulutusta. Eräiden arvioiden mukaan rakennusurakoitsijan oman henkilöstön koulutus on mahdollista hoitaa yhden päivän koulutuksella ja aliurakoitsijan henkilöstön valmennus Last Planner -menetelmän soveltamiseen vie noin puoli päivää. (mts. 36.)

Haasteista huolimatta Last Planner -menetelmä voisi parhaimmillaan sujuvoittaa ja varmistaa hankkeen etenemistä nykyistä paremmin osallistamalla koko työmaan henkilöstön työn etenemisen esteiden ja haittojen poistamiseen.

5 Asunto-osakeyhtiö Kauniaisten Bredanlaakso ja -kallio

Kauniaisissa Koivuhovin juna-aseman kupeessa sijaitseva kolmen betonielementtirakenteisen kerrostalon, sekä talojen välissä sijaitsevien kahden autohallin kohde sisältää yhteensä 123 asuntoa. Asunnot ovat kooltaan 24 m²– 79,5 m², lisäksi jokaisessa asunnossa on joko terassi tai parveke. Kohde on jaettu kahteen eri asunto-osakeyhtiöön, Bredanlaaksoon ja Bredankallioon. A-talo on Bredanlaaksoa, mikä pitää sisällään 53 asuntoa ja on omalla tontillaan. B- ja C-talo on Bredankalliota. Siinä on yhteensä 70 asuntoa ja se on valinnaisella tontilla; voi ottaa joko vuokratontin tai halutessaan voi maksaa tonttiosuuden pois osakkeen ostamisen yhteydessä. Kohteen rakennusaika on 5/2018–1/2019. Kohde on Peabin omaa asuntotuotantoa, jolloin tilaajana toimii Peab BU ja rakentajana Peab Bygg.

Kuvassa 5 on asemapiirros esimerkkikohteesta, jonka B-talon sisätyövaiheista työn taitaika-kaula on tehty.

Asemapiirustus / Situationsplan



Kuva 5. Asemapiirustus. (Peabkoti 2018.)

Kuvassa 6 on esimerkkikohteen kerrospohja.

TALO/HUS B, AS OY KAUNIAISTEN BREDANKALLIO



Kuva 6. Kerrospohja, B-talo. (Peabkoti 2018.)

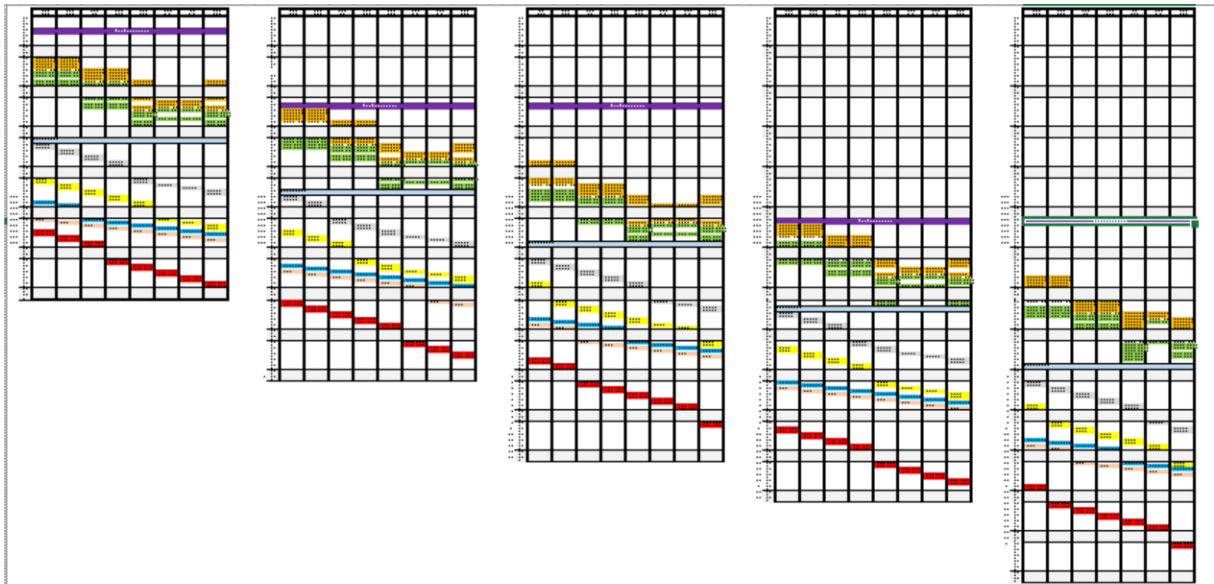
6 Tahtituotantosuunnitelma B-talon sisätyövaiheista

Tahtituotantosuunnitelma alkaa sillä, että perehdytään kohteen ominaispiirteisiin, kuten eri huoneistojen työmääriin, sekä lasketaan työmenekkejä eli työntekijätunteja (tth) /yksikkö, esimerkiksi Ratu-korttia käyttäen. Ratu-kortista löytyvät työsaavutukset ovat hyvä lähtökohta työmenekkien määrittämiseen. Käytännössä kuitenkin työsaavutukset on syytä käydä urakoitsijan kanssa jo aikataulua suunnitellessa, sillä suunnitelluissa työsaavutuksissa on hajontaa eri urakoitsijoiden sekä kohteiden välillä. Tahtituotanto vaatii myös erityisen tarkkaa suunnittelua sekä toteutusta myös työmaalogistiikan suhteen. Materiaalit täytyy olla juuri oikeaan aikaan oikeassa paikassa. Työmaan aluesuunnitelmasta on syytä selvittää tarkat paikat materiaalien varastointiin, jotta logistiikka saadaan toimimaan. Urakoitsijat on saatava sitoutumaan tarkasti tahdistettuun aikatauluun, mikä tarkoittaa käytännössä tasaisia päiväsuoritteita, joista on suoriuduttava, jotta seuraava työvaihe voi alkaa suunnitellusti.

Tahtiaikataulutus rajoittaa usein myös huomattavasti suunniteltua nopeampaa etenemistä työvaiheissa. Urakkatahdin määrittäminen työntekijälle täytyy perustua nimenomaan aikataulussa pysymiseen, ei suunniteltua nopeampaan etenemiseen. Urakoitsijan sekä tämän työntekijän hyväksytyä suunniteltu työtahti määritellään urakoitsijalle sekä tämän kautta myös työntekijälle menevä bonus suunnitellussa aikataulussa pysymisestä kerroksittain. Resursseihin on sisällytettävä välittömästi käytössä oleva tuuraaja mahdollisten poissaolojen varalta. Tämän toteutumiseksi on määriteltävä myös sakollinen välitavoite kerroksittain, jotta aikataulussa pysytään.

Työsuoritteet on syytä jakaa riittävän tarkasti samansuuruisiin osiin, jotta tahti voidaan pitää tasaisena. Tässä työssä aikataulu tehdään asunnoittain jakamalla asunnot kahteen eri kokoluokkaan, perustuen asuntokohtaisiin suoritemääriin ja aikataulutuksen tarkkuus on toteutettu niin, että työvuoro on jaettu aamupäivään sekä iltapäivään. Tällä tavalla saadaan riittävä tarkkuus, sekä päiväkohtainen työsuorite pidettyä riittävän tasaisena.

Kuvassa 7 näkyy tahtituotantoaikataulu kokonaisuudessaan. Yksi Excel-sivu näyttää yhden kerroksen aikataulun. B-talossa kerroksia on viisi. Tahtiaikataulu alkaa plaanon jälkeä pohja- ja pintatasoitteilla (oranssi) sekä pohja- ja pintamaalauksella (vihreä). Tämän jälkeen on vuorossa kalusteet (harmaa), parketti (keltainen), oviausennus (sininen), listoitus (vaaleampi oranssi) ja viimeisenä pölyttömyyssiivous (punainen).



Kuva 7. Tahtituotantoaikataulu Bredanlaakso, B-talo.

Kuvassa 8 ja 9 on vielä zoomattu kuvakaappaus ensimmäisen kerroksen tahtituotanto-suunnitelman alku- ja loppuosasta.

3.heinä	Ap	Lattioiden tasausvalu							
	Ip								
4.heinä	Ap								
	Ip								
5.heinä	Ap								
	Ip								
6.heinä	Ap								
	Ip								
7.heinä	Ap								
	Ip								
8.heinä	Ap	Pohjatasoite	Pohjatasoite						
	Ip	Pohjatasoite	Pohjatasoite						
9.heinä	Ap	Pintatasoite	Pintatasoite						
	Ip	Pintatasoite	Pintatasoite						
10.heinä	Ap	Hionta + imurointi	Hionta + imurointi	Pohjatasoite	Pohjatasoite				
	Ip	Pohjamaalaus	Pohjamaalaus	Pohjatasoite	Pohjatasoite				
11.heinä	Ap	Pohjamaalaus	Pohjamaalaus	Pintatasoite	Pintatasoite				
	Ip			Pintatasoite	Pintatasoite				
12.heinä	Ap	Pintamaalaus	Pintamaalaus	Hionta + imurointi	Hionta + imurointi	Pohjatasoite			Pohjatasoite
	Ip	Pintamaalaus	Pintamaalaus	Pohjamaalaus	Pohjamaalaus	Pohjatasoite			Pohjatasoite
13.heinä	Ap								
	Ip								
14.heinä	Ap								
	Ip								
15.heinä	Ap			Pohjamaalaus	Pohjamaalaus	Pintatasoite			Pintatasoite
	Ip								
16.heinä	Ap			Pintamaalaus	Pintamaalaus		Pohjatasoite	Pohjatasoite	
	Ip			Pintamaalaus	Pintamaalaus		Pintatasoite	Pintatasoite	
17.heinä	Ap					Hionta + imurointi	Hionta + imurointi	Hionta + imurointi	Pintatasoite
	Ip					Pohjamaalaus	Pohjamaalaus	Pohjamaalaus	Hionta + imurointi
18.heinä	Ap					Pohjamaalaus			Pohjamaalaus
	Ip					Pohjamaalaus			Pohjamaalaus
19.heinä	Ap						Pintamaalaus	Pintamaalaus	Pintamaalaus
	Ip						Pintamaalaus	Pintamaalaus	Pintamaalaus

Kuva 8. Kuvakaappaus tahtiaikataulun alkuosasta.

14.syys	Ap						
	lp						
15.syys	Ap						
	lp						
16.syys	Ap		Listoitus		Oviasennus		Parketti
	lp			Listoitus		Oviasennus	Parketti
17.syys	Ap				Listoitus		Oviasennus
	lp					Listoitus	
18.syys	Ap						Listoitus
	lp						
19.syys	Ap						
	lp						
20.syys	Ap	Pölyttömyyssiivous					
	lp	Pölyttömyyssiivous					
21.syys	Ap						
	lp						
22.syys	Ap						
	lp						
23.syys	Ap	Pölyttömyyssiivous					
	lp	Pölyttömyyssiivous					
24.syys	Ap		Pölyttömyyssiivous				
	lp		Pölyttömyyssiivous				
25.syys	Ap			Pölyttömyyssiivous			
	lp			Pölyttömyyssiivous			
26.syys	Ap				Pölyttömyyssiivous		
	lp				Pölyttömyyssiivous		
27.syys	Ap					Pölyttömyyssiivous	
	lp					Pölyttömyyssiivous	
28.syys	Ap						
	lp						
29.syys	Ap						
	lp						
30.syys	Ap						Pölyttömyyssiivous
	lp						Pölyttömyyssiivous

Kuva 9. Kuvakaappaus tahtiaikataulun loppuosasta.

Lopuksi on vielä hyvä huomioida, että tahtituotannon toteutuminen edellyttää yhtä koko-aikaista tahtityönjohtajaa, jonka työaika on täysin kiinni tahtityön johtamisessa ja joka pystyy reagoimaan välittömästi erilaisiin ongelmiin ja epäkohtiin.

Tahtityönjohtajan päivittäiset tehtävät ja käytännöt voidaan jakaa seuraaviin osiin:

- valvoa ja varmistaa tahtiaikataulun toteutuminen aikataulussa
- valvoa ja varmistaa laatuvaatimusten toteutuminen tahtityövaiheessa
- tuntitöiden ja ylimääräisten kustannusten minimointi
- materiaalien tilaus ja niiden vaatiman logistiikan suunnittelu ja toteutus
- tahtitilanneraportointi päivittäin
- reagoida välittömästi poikkeamiin ja tehdä päivittäinen poikkeamien kiinniot-tosuunnittelu
- valvoa urakoitsijoiden kanssa sovittujen vähimmäisresurssien toteutuminen työmaalla.

Tahtityönjohtajan päivä voisi näyttää esimerkiksi tältä:

- 07.00-07.30 Tehtävänannot ja työntekijöiden päivätavoitteiden läpikäynti
- 07.30-09.00 Työmaan laaturastukset ja poikkeamiin reagointi

- 09.15-11.00 Työmaan aikataulu, laatutarkastukset ja poikkeamiin reagointi
- 11.30-12.00 Päivätavoitteiden väliseuranta ja tarvittavat toimenpiteet ja tehtävänannot
- 12.00-13.30 Vastaanottoaika toimistolla ja toimistotyöt: sähköpostit, huomautukset, materiaalilaukset ja pienhankinnat, työaikaraportointi, aloituspäälliköt, jne.
- 13.45-14.30 Tahtitilanneraporttia varten aikataulutilanteen varmistaminen työmaalla
- 14.30-15.00 Aikataulun päivitys ja poikkeamien kiinniottamisen suunnittelu
- 15.00-15.20 Tahtitilanneraportin ja mahdollisten poikkeamien kiinniottamisen raportointi vastaavalle

7 Aikataulujen vertailua

Ajankäytön vertailussa perinteinen vinjetti vs. tahtituotanto huomataan, että vinjetissä tasoitetyön aloittamisen ja pölyttömyssiivouksen lopettamisen välillä kuluu 69 työvuo- roa. Vastaavasti tahtituotantojunan etenemisessä vastaavassa työssä kuluu 61 työvuo- roa. Näin ollen aikasäästöä tahtituotannon hyväksi kertyisi kahdeksan työvuo- roa B-talon osalta, joten koko kohteen ajallinen säästö olisi 3 taloa x 8tv. = 24tv. Ajansäästön mah- dollistaa tahtiaikataulun tiukempi seuranta ja puuttuminen sekä pienempi tyhjäkäynti mestoilla. Tämä onkin tahtituotannon idea: tuotanto etenee kuin juna ja tehtävät seuraa- vat toisiaan. Tahtituotannossa pyritään jättämään tehtävien välinen varoaika pieneksi. Tämä tekee toiminnasta tehokasta, mutta johtaa siihen, että jos ja kun tulee häiriö, saat- taa koko junan toiminta sekoittua ja häiriö siirtyä myös muihin työvaiheisiin. Tahtituotan- toa noudattaessa olisikin tärkeä puuttua näihin häiriöihin heti, ja jo suunnitteluvaiheessa minimoida hukat ja miettiä keinot niiden eliminoimiseksi.

Kuvassa 10 on kuvakaappaus rajatusta B-talon valvontavinjetistä. Kuvassa 11 taas on esitettyä osa Exceliin tehtyä tahtiaikataulua.

		Plaano	Tasoitustyöt	Maalaustyöt (pohja+pinta)	Parketit	Oviasennus	Listoitus	Kalusteet	Pölyttömyys siivous
B-talo	5.krs	20.8	12.9	24.9	16.10	25.10	31.10	25.9	7.11
	4.krs	20.8	2.9	12.9	4.10	15.10	21.10	13.9	28.10
			11.9	23.9	14.10	18.10	25.10	24.9	1.11
	3.krs	2.8	21.8	2.9	24.9	3.10	9.10	3.9	16.10
	2.krs	2.8	9.8	21.8	12.9	23.9	27.9	22.8	4.10
20.8			30.8	20.9	26.9	3.10	2.9	10.10	
1.krs	29.7	30.7	9.8	2.9	11.9	17.9	12.8	24.9	
		8.8	20.8	10.9	16.9	23.9	21.8	30.9	

Kuva 10. Kuvakaappaus rajatusta valvontavinjetistä.

		Kaluste haalaus							
22.heinä	Ap								
	Ip								
23.heinä	Ap	Kalusteet							
	Ip	Kalusteet							
24.heinä	Ap		Kalusteet						
	Ip		Kalusteet						
25.heinä	Ap			Kalusteet					
	Ip			Kalusteet					
26.heinä	Ap				Kalusteet				
	Ip				Kalusteet				
27.heinä	Ap								
	Ip								
28.heinä	Ap								
	Ip								
29.heinä	Ap	Parketti				Kalusteet			
	Ip	Parketti				Kalusteet			
30.heinä	Ap		Parketti				Kalusteet		
	Ip		Parketti				Kalusteet		
31.heinä	Ap			Parketti				Kalusteet	
	Ip			Parketti				Kalusteet	
1.elo	Ap				Parketti				
	Ip				Parketti				
2.elo	Ap	Oviasennus				Parketti			
	Ip	Oviasennus				Parketti			
3.elo	Ap								
	Ip								
4.elo	Ap								
	Ip								
5.elo	Ap	Listoitus		Oviasennus			Parketti		
	Ip	Listoitus		Oviasennus			Parketti		
6.elo	Ap		Listoitus		Oviasennus			Parketti	
	Ip		Listoitus		Oviasennus			Parketti	
7.elo	Ap	Pölyttömyysriippuvuus		Listoitus		Oviasennus		Oviasennus	
	Ip	Pölyttömyysriippuvuus		Listoitus		Oviasennus		Oviasennus	
8.elo	Ap		Pölyttömyysriippuvuus			Listoitus		Listoitus	Oviasennus
	Ip		Pölyttömyysriippuvuus			Listoitus		Listoitus	Oviasennus

Kuva 11. Kuvakaappaus rajatusta tahti aikataulusta.

Käytännön toteutuksessa tahtituotantoaikataulun seuraaminen reaaliajassa on helppoa, sillä paikka ja aika ovat tarkasti määriteltynä. Kerroksittain jaetun vinjetin seuranta jättää aina hieman tulkinnalle varaa, että onko kerros valmistumassa kyseisen työvaiheen osalta suunniteltuun päivään mennessä. Aikatauluja tulostettaessa on selkeä ero. Tahtituotantoaikataulu vaati kaksi A4-arkkia, jotta pystyy näyttämään yhden kerroksen aikataulun seurattavassa muodossa, kun vastaava vinjetti näyttää yhdellä A4-arkilla koko talon aikataulun. Tahtituotantoaikataulu onkin tarkoitus tulostaa koko seinän kokoiseksi kaikkien nähtäville.

Tahtituotannossa olisi tärkeää pitää työn johtajien ja urakoitsijoiden välisiä palavereita usein, tarvittaessa jopa päivittäin. Kommunikaatio: tiedon välittäminen ja ongelmakohtien esiin nostaminen ovat avainasemassa, jotta tahtituotanto toimii. Kaikki tämä vaatii uudenlaisen työskentelytavan omaksumista ja yhdessä tekemistä.

8 Tulokset ja johtopäätökset

Tahtituotannon käyttöönotto edellyttää myös kaikkien aliurakoitsijoiden todellista sitoutumista ja hyvää yhteistyötä sekä yhdessä sovittujen pelisääntöjen täsmällistä noudattamista. Urakoitsijoiden työntekijät on myös mahdollisuuksien mukaan otettava mukaan aikataulun suunnitteluun. Tämänhetkisen toimintatavan mukaan, jossa urakoitsijoilla tekijät vaihtuvat melko tiuhaan, on erityisen haasteellista saada koko yhteisö sitoutumaan tahtituotannon vaatimiin tarkkoihin lyhyen aikavälin tavoitteisiin. Sisätyövaiheissa on usein paljon työntekijöitä, joiden kanssa työnjohtajilla ei ole yhteistä kieltä, jolloin häiriöiden selvittäminen nopeassa aikataulussa voi toisinaan olla vaikeaa. Tahtituotantomallissa häiriötekijät aiheuttavat akuutimman haitan kuin perinteisessä mallissa, jossa on varalla vapaata mestaa käytettävissä. Jos jokin osa ei olekaan kunnossa, seuraava osa ei pysty alkamaan ja siitä kärsii koko ”juna”. Hyvänä puolena tässä on se, että ongelmiin on puututtava välittömästi, mikä taas sujuvoittaa seuraavien vaiheiden kulkua sekä auttaa suorittamaan kaikki työt oikea-aikaisesti.

Vaikka tarkoitus on ottaa tahtituotanto seuraavalla työmaallamme käyttöön vasta sisätyövaiheissa lattioiden tasausvalun eli plaanon jälkeisissä töissä, tämä kuitenkin tarkoittaa sitä, että edelliset työvaiheet pitää olla saatettu täsmällisesti loppuun, jotta niiden takia ei esiintyisi häiriöitä toimivan tahtituotannon toteuttamisen esteeksi. Lean-menetelmän onkin sanottu toimivan parhaiten, jos sen mukaista ajattelua toteutetaan hankkeen alusta alkaen, jo suunnitteluvaiheesta lähtien (Appro 2015.).

Tahtituotannossa tavoitteet sekoitetaan, koska kaikki ovat riippuvaisia toistensa töistä ja niiden suorittamisesta. Yhteisöllisyyttä tarvitaan kirkastamaan yhteistä tavoitetta.

”Leanin suurin vihollinen on taloustiede, joka ei tunnusta, että hukkaa on olemassa. Tämä johtaa ajatukseen, että kilpailuttaminen ja urakoiden pilkkominen on tehokasta.

Oikeasti mitä enemmän pilkotaan, sitä enemmän kasvaa myös vaadittava koordinointi-työ palasten integroimiseksi, mutta tätä ei oteta huomioon laskelmissa eikä käytännössä. Tehokkuus taas tulee yhdessä parantamisesta.” (Apro 2015.)

9 Yhteenveto

Olen opinnäytetyössäni tutustunut Lean-filosofiaan ja sen soveltamiseen rakennusalalle Lean Constructionin, tahtituotannon ja Last Plannerin kautta. Olen esitellyt nykyiselle työmaalleni tehdyn teoreettisen tahtituotantoaikataulun ja vertaillut sitä käyttämäämme vinjettiaikatauluun. Tahtituotantoaikataulu löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 1. Työn tavoitteena on ollut paitsi tutustua tahtituotantoon myös testata sen soveltuvuutta, sillä seuraavalla työmaalla aiomme ottaa tahtituotannon sisätyövaiheissa käyttöön.

Havaitsin tahtituotannon tuottavan mahdollisesti ajansäästöä, mutta myös lisäävän häiriöherkkyyttä, mikä vaatii reaaliaikaista ohjaamista ja ongelmiin puuttumista, mikä taas voi pitkällä tähtäimellä parantaa lopputulosta. Tahtituotannon toimivuus vaatii myös hyvää ja säännöllistä kommunikaatiota työn kaikkien osapuolten kesken. Tähän nähdäkseni kiteytyy koko Lean-filosofia.

Lähteet

Appro 2015. Aalto University Professional Development. Hammarsten, Heidi 2015. Lean leviää myös rakennusalalle. Verkkodokumentti: <https://www.aalto-pro.fi/aalto-leaders-insight/2015/lean-leviaa-myos-rakennusalalle>. Viitattu 14.10.2019.

Arrow 2016. Leading Operational Excellence. Lean-filosofian 7 + 1 tuottamatonta toimintoa. Verkkodokumentti: <https://blogi.arroweng.fi/lean-filosofian-71-tuottamatonta-toimintoa>. Viitattu 14.10.2019.

Elomaa, Pekka 2012: Rakennushankkeen aikataulusuunnittelu. Turun ammattikorkeakoulu, Rakennustekniikka, Tuotantojohtaminen. Opinnäytetyö. Verkkodokumentti: <https://www.theseus.fi/handle/10024/49418>. Viitattu 15.10.2019.

Lean Construction Institute Finland 2019. Verkkodokumentti: <http://lci.fi/>. Viitattu 11.6.2019.

Lean Construction Institute Finland, a, 2015. Tahtiaikatuoanto uudistaa tuotannon ohjauksen. Verkkodokumentti: <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuoanto/>. Viitattu 11.6.2019.

Lean Construction Institute Finland b, 2015. Merikallio, Lauri: Last Planner -menetelmä tuotannonohjaukseen. Verkkodokumentti: <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/last-planner-systeemi/>. Viitattu 15.10.2019.

Mittaviiva & Vison 2018. Lean rakentajille, koulutusmateriaali 12.–13.3.2018, Mittaviiva oy & Vison.fi.

PCL Construction 2019. <https://www.pcl.com/Services-that-Deliver/Technology-and-Innovation/Pages/Lean-Construction.aspx>. Viitattu 20.10.2019.

Peab 2019. <https://peab.fi>. Viitattu 11.6.2019.

Peabkoti 2018. Esite Asunto Oy Kauniaisten Bredanlaakso & Asunto Oy Kauniaisten Bredanportti. Verkkodokumentti: https://peabkoti.fi/siteassets/helsinki/kauniainen/20604_peab_kauniainen_bredanlaakso_esite_68s_a4_korjattu_low.pdf. Viitattu 19.10.2019.

Rakennuslehti nro 21, 14.6.2019.

Six Sigma 2019. Leanin historiaa. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/leanin-historiaa/>. Viitattu 14.10.2019.

Trygg, Henri 2018: Lean-teoriaan pohjautuva työntekijöiden työmotivaation parantaminen rakennusalan yrityksessä. Kandidaatintyö. Tampereen teknillinen yliopisto. Verkkodokumentti: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/25852/Trygg.pdf?sequence=4&isAllowed=y>. Viitattu 19.10.2019.

Tahtiaikataulu Bredanlaakso

Liite 1. Tahtiaikataulu Bredanlaakso (vain työn tilaajan käyttöön, ei sisälly kirjalliseen raporttiin)