

**SISÄVALMISTUSVAIHEEN TEHOSTAMINEN**  
**ASUINKERROSTALOSSA**



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinna, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Syksy 2019

Toni Kettunen

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri  
HAMK Visamäki

---

<b>Tekijä</b>	Toni Kettunen	<b>Vuosi</b> 2019
<b>Työn nimi</b>	Sisävalmistusvaiheen tehostaminen asuinkerrostalossa	
<b>Työn ohjaajat</b>	Riku Hyttinen HAMK, Tero Kuusisto YIT	

---

## TIIVISTELMÄ

Tämä opinnäytetyö tehtiin YIT Suomi Oy:n HSFU yksikölle. Työn taustana on rakennusalalla meneillään oleva muutos jossa monet yritykset hakevat kehitystä ja säästöjä muilta teollisuuden aloilta tutuilla menetelmillä. Rakennusala ei ole viime vuosikymmeninä kehittynyt lähellekään samaa tahtia muiden teollisuuden alojen kanssa. Työn tavoitteena oli tutkia sisävalmistusvaiheen tehostamista asuinkerrostalossa Leanin opein, työkaluina tahtituotanto ja Last Planner. Tahtituotannon tutkimisessa keskityttiin toimivan tuotannon toimintaan, päivittäisjohtamiseen ja ongelmanratkaisuun.

Voidaan todeta että toimiva tahtituotanto vaatii saumatonta yhteistyötä kaikkien projektiin osallistuvien osapuolien välillä. Suunnittelun tarkkuus vaatii kaikkien osallistuvien tahojen ammattitaitoa suunnittelijoista toteuttajiin. Tahtituotannon onnistuminen perustuu hyvään ennakkosuunnitteluun ja vahvaan päivittäisjohtamiseen. Työhön osallistuvilta osapuolilta vaaditaan nopeata reagointia ja ongelmanratkaisukykyä jotta tuotanto saadaan pidettyä suunnitellussa tahdissa.

Onnistuneella tahtituotannolla johon Last Planner tyyppinen visuaalinen suunnittelu viikkosuunnittelu kuuluu, voidaan saavuttaa paljon etuja. Vaikka pääasiallisena tarkoituksena on hankkeen läpimenoajan lyhentäminen saavutetaan sen myötä etuja niin taloudellisesti, laadullisesti ja työturvallisuuden kannalta. Säästöjä tulee materiaalien paremmalla hallinnalla ja kiinteiden kulujen pienemisellä projektin lyhentyessä. Laatu ja työturvallisuus kohentuvat paremman ennakkosuunnittelun ja tekijöiden tiiviimän sitouttamisen myötä. Tahtituotannosta hyötyvät kaikki osapuolet kasvaneen avoimuuden ja yhteistyön myötä.

**Avainsanat** Lean johtaminen, Last Planner, Tahtituotanto, Tahti, Tuotantojuna

**Sivut** 33 sivua

Degree Programme in Construction Management  
HAMK Visamäki

---

<b>Author</b>	Toni Kettunen	<b>Year</b> 2019
<b>Subject</b>	Streamlining the interior design phase of apartment buildings	
<b>Supervisors</b>	Riku Hyttinen HAMK, Tero Kuusisto YIT	

---

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by YIT Suomi Oy's HSFU unit. The background of the thesis is the ongoing transformation in the construction industry, where many companies seek development and savings through methods familiar to other industries. The construction industry has not developed at the same pace as other industrial sectors in recent decades. The aim of the thesis was to study the efficiency of the interior production phase in a residential apartment building with Lean doctrines, with the tools of takt production and Last Planner. The investigation of synchronous production focused on operational production, day-to-day management and problem solving.

It can be stated that efficient synchronous production requires seamless cooperation between all parties involved in the project. The precision of the design requires professional skills of all involved, from the designer to the implementer. Successful synchronous production is based on good pre-planning and strong day-to-day management. Respondents need rapid response and problem-solving to keep production on track.

There are many benefits to be gained from successful pacing. Last Planner is this kind of visual weekly planning. Although the main purpose is to shorten the construction time of the project, it brings benefits in terms of economics, quality and safety. The savings come from better materials management and lower fixed costs as the project gets shorter. Quality and safety at work will be improved through better planning and greater commitment to the factors involved. Synchronous production benefits all parties through increased openness and cooperation.

**Keywords** Lean management, Last Planner, Takt production, Takt, Parade of trades

**Pages** 33 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TILAAJAN JA KOHTEEN ESITTELY .....	2
2.1	Tilaaaja .....	2
2.2	Kohde .....	2
3	PERINTEINEN TUOTANNONOHJAUS JA AIKATAULUTUS.....	2
3.1	Käsitteet .....	3
3.2	Aikataulutyytit .....	3
4	LEAN CONSTRUCTION.....	4
4.1	Ryhmäytyminen ja big room .....	4
4.2	Hukka.....	4
4.3	Työntö vs imuohjaus .....	6
5	LAST PLANNER.....	7
5.1	Last planner käsitteenä .....	7
5.2	Standardointi.....	9
5.3	Tehtävien aloitusedellytykset .....	10
5.4	Viikkosuunnitelman valvonta.....	11
6	TAHTITUOTANTO.....	11
6.1	Tahtiaika käsitteenä .....	11
6.2	Tahtiaikataulun suunnittelu .....	12
6.2.1	Resurssit.....	13
6.2.2	Lohkojako .....	14
6.2.3	Tahti takt time .....	16
6.2.4	Tahdin aloittaminen .....	18
6.2.5	Tahdin ohjauskeinot .....	19
6.2.6	Häiriöt .....	19
6.2.7	Vertailu .....	20
7	HANKINTA JA LOGISTIikka TAHTITUOTANNOSSA .....	24
7.1	Hankinta tahtituotannossa.....	24
7.2	Logistiikka tahtituotannossa .....	26
7.2.1	Just in time.....	26
7.2.2	Logistiikkakeskus .....	26
7.2.3	Sisähaalaus .....	27
7.2.4	Toimitusketju.....	28
8	HAASTATTELUT.....	29
9	YHTEENVETO .....	30

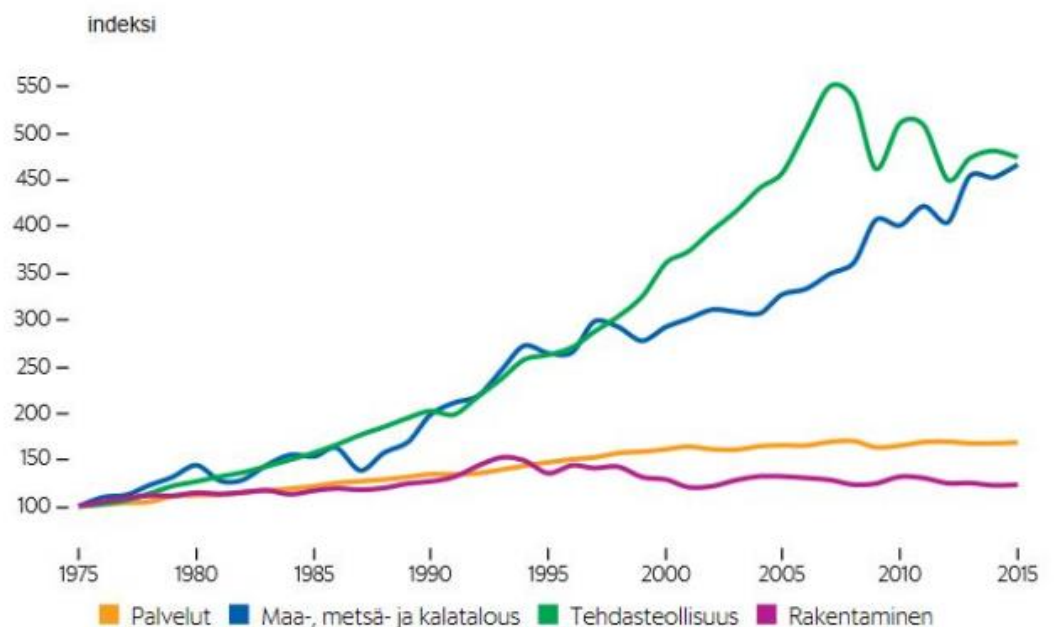
LÄHTEET .....	32
HAASTATTELUT .....	34

## 1 JOHDANTO

Rakennusalan tuottavuus ei ole kasvanut lähellekään samaa tahtia muiden alojen kanssa. Syinä tähän pidetään urakoiden pilkkoutumista ja riitojen lisääntymistä. Myös kaupungit kasvavat ja rakentamiselle on tarvetta ja maksajia. Rakennusala etsiikin nyt keinoja tuottavuuden parantamiseen uusilla urakkamuodoilla ja Leanin avulla. (Lohilahti, 2017)

### Arvonlisäykseen perustuva työn tuottavuus toimialoittain

Työn tuottavuuden indeksi 1975=100



Lähde: Tilastokeskus

Kuva 1. Työn tuottavuus toimialoittain. (Lohilahti, 2017)

Yit:n tuottavuusloikkaohjelman (performance leap) tavoitteena on 15 % säästö tuotantokustannuksista. Tavoitteena on kehittää tuotantoa poistamalla hukkaa ja parantamalla yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Näin parannetaan työmaiden suorituskykyä ja lyhennetään tuotannon läpimenoaika. Tuottavuusloikka tehdään digilisaation ja Leanin avulla. Työmaatuotannon keskiössä ovat tahtituotanto ja Last Planner jotka pyritään tuomaan käyttöön kaikkialle tuotantoon.

Työn tavoitteena on selvittää ja tutkia asuinkerrostalon sisävaiheen kehittämistä tahtituotannon ja Last Plannerin avulla. Tarkoituksena kehittää sisävaiheen tuotantoa ennakoitavammaksi ja loogisemmaksi ja siten poistaa hukkaa samalla lyhentäen läpimenoaika. Työn on tarkoitus perehtyä

nykyisen tuotannonohjauksen ja aikataulutuksen eroihin verrattuna tahti-tuotantoon ja pyrkiä löytämään hyvät ja huonot puolet molemmista. Työ keskittyy paljon tahtituotannon joutuisaan toimintaan avaamalla tahtituotannon suunnittelua, ohjausta ja häiriöihin reagoimista. Tarkoituksena kehittää omaa osaamista ja ammattitaitoa työnjohtajana ja ottaa menetelmiä käyttöön tulevilla uralla.

## 2 TILAAJAN JA KOHTEEN ESITTELY

### 2.1 Tilaaja

Opinnäytetyön tilaajana toimii YIT Suomi Oy:n HSFU asuminen Uusimaa ja pientalot. YIT on vuonna 1912 perustettu yritys, joka toimii rakennus-, talotekniikka- ja infra-alalla. YIT listautui pörssiin vuonna 1995. YIT toimii nykyään 11 eri maassa. Suomessa, Venäjällä ja Skandinaviassa. (YIT, 2019)

### 2.2 Kohde

Vertailun kohteena toimii Porvoon Länsirannalle valmistuva 49 asunnon kuusikerroksinen betonirakenteinen asuinkerrostalo. Kerrostalo tulee tilaajalle vuokrakäyttöön.

#### ASUNTO OY PORVOON PAKKARI LAAJUUSTIEDOT

	bruttoala	k-ala tod.	k-ala 250	h-ala/as	tilavuus	asunnot
1.krs	377,5 m <sup>2</sup>	377,5 m <sup>2</sup>	275,0 m <sup>2</sup>	230,5 m <sup>2</sup>	1250,0 m <sup>3</sup>	7
2.krs	374,5 m <sup>2</sup>	374,5 m <sup>2</sup>	338,5 m <sup>2</sup>	286,5 m <sup>2</sup>	1100,0 m <sup>3</sup>	9
3.krs	374,5 m <sup>2</sup>	374,5 m <sup>2</sup>	338,5 m <sup>2</sup>	286,5 m <sup>2</sup>	1100,0 m <sup>3</sup>	9
4.krs	374,5 m <sup>2</sup>	374,5 m <sup>2</sup>	338,5 m <sup>2</sup>	286,5 m <sup>2</sup>	1100,0 m <sup>3</sup>	9
5.krs	374,5 m <sup>2</sup>	374,5 m <sup>2</sup>	338,5 m <sup>2</sup>	286,5 m <sup>2</sup>	1100,0 m <sup>3</sup>	9
6.krs	253,5 m <sup>2</sup>	253,5 m <sup>2</sup>	223,0 m <sup>2</sup>	182,5 m <sup>2</sup>	900,0 m <sup>3</sup>	6
yhteensä	2129,0 m <sup>2</sup>	2129,0 m <sup>2</sup>	1852,0 m <sup>2</sup>	1559,0 m <sup>2</sup>	6550,0 m <sup>3</sup>	49 kpl

Kuva 2. As Oy Porvoon Pakkarin laajuustiedot (YIT, 2018)

## 3 PERINTEINEN TUOTANNONOHJAUS JA AIKATAULUTUS

Tässä luvussa käsitellään rakennuslalla pääasiassa käytössä olevia aikataulutyyppisiä ja käsitteitä. Perinteisen aikataulutuksen erot verrattuna Lean menetelmiin ovat sisäänrakennetut puskurit ja aikatauluvaraukset erilaisille häiriöille, joita Lean menetelmillä yritetään minimoida. Käytössä olevat tuotannonohjausjärjestelmät toimivat pääasiassa työntöperiaatteella eli suunnitelmat ohjaavat ja työntävät tekijät työmaalle. Perinteinen

tuotannonohjaus perustuu vahvaan yleissuunnitteluun ja tuotannon tiukkaan valvontaan. (Sahlsted & Koskenvesa, 2017, s. 14)

### 3.1 Käsitteet

Seuraavat käsitteet ovat vakiintuneet käyttöön tuotannon resursointiin ja aikataulutukseen (Rakennustieto, 2016, s. 9)

- Työmenekki on aika, jonka työntekijä, työryhmä tai kone tarvitsee yhden suoriteyksikön aikaansaamiseen.
- Työsaavutus on sovitun työryhmän aikayksikössä tuotettujen suoritteiden lukumäärä.
- T3-aika, tehollinen työaika joka ei sisällä yli tunnin kestäviä häiriöitä tai keskeytyksiä. Tehollista aikaa käytetään rakentamisvaihe aikatauluissa ja viikkoaikatauluissa.
- T4-aika, kokonaisaika eli työnvaihe aika sisältää kaikki työhön käytetyt tunnit, myös tunnin mittaiset ja pidemmät työskentelyn keskeytykset. Kokonaisaikaa käytetään kustannusten arvioimiseen ja yleisaikataulujen laadintaan. T4-aika koostuu T3- ja TL3-ajoista.  $T4 = TL3 \times T3$ .
- TL3-kerroin, lisäajat ovat vähintään tunnin pituisia työn keskeytyksiä.

### 3.2 Aikataulutyytit

yleisaikataulu kuvaa koko hankkeen suunniteltua työnkulkua. Yleisaikataulu on lähtötieto resurssi, hankinta ja kalustosuunnittelulle, sekä rakentamisvaihesuunnitelmille. Pää toteuttaja laatii alustavan yleisaikataulun ennen rakentamispäätöstä tai urakkatarjouksen antamista. Yleisaikataulu tarkentuu sopimusvaiheessa ja tarvittaessa vielä tarkentuu ennen muodostumistaan työaikatauluksi. Yleisaikataulu luodaan käyttäen T4-aikoja. (Rakennustieto, 2016, s. 30)

Työaikataulu laaditaan yleisaikataulun pohjalta. Työaikataulun tärkeimmät lähtötiedot tulevat suunnitelmista, sopimuksista, määrälaskennasta, menetelmistä ja käytettävistä resursseista. Työaikataulu luodaan T3-aikoihin perustuen. (Rakennustieto, 2016, s. 30)

Rakentamisvaihe aikataulu laaditaan tietylle rakentamisvaiheelle tai ajanjaksolle. Rakentamisvaihe aikataulussa mitoitetaan tehtävät T3-ajoilla. Rakentamisvaihe aikataulu luodaan työaikataulun pohjalta. Rakentamisvaihe aikataulu tehdään työmaalla ja se on keskeinen työn ohjaamisväline tarkkuutensa ja yleisyytensä vuoksi. (Rakennustieto, 2016, s. 31)

Viikkoaikataulun tavoitteena on varmistaa työn toteutuminen lyhyellä aikavälillä tehokkailla resursseilla. Viikkoaikataulut laaditaan viikoittain 13 viikoksi eteenpäin, työn alla oleva viikko on suunniteltu tarkimmin.



Onnistuneessa viikkosuunnitelmassa kaikkien tehtävien aloitusedellytykset ovat kunnossa ja ne ovat toteuttamiskelpoisia. (Rakennustieto, 2016, ss. 34-37)

## 4 LEAN CONSTRUCTION

Lean Construction on Lean ajattelun sovellus rakennusalalle. Lean Constructionin tunnettuja työkaluja ovat: (Sahlsted & Koskenvesa, 2017, ss. 13-17)

- Last Planner System (LPS)
- Lean Product Delivery System (LPDS)
- Integrated Project Delivery (IPD)

Lean rakentaminen ohjaa rakentamaan integroitua projektitiimejä (IPD) joka tuo yhteen tilaajan, suunnittelijat, arkkitehdit ja urakoitsijat. Tiimin tavoitteena on luoda tuote asiakkaan tarpeeseen sopivaan hintaan ja sovitulla aikataululla. Rakentamisessa on paljon erityispiirteitä ja vaihtelevuutta mikä tuo haasteita Leanin soveltamiseen rakennusalalle. Lean periaate kuitenkin on asiakasarvon maksimoinnissa poistamalla hukkaa työajan, materiaalin ja resurssien muodossa. (Sahlsted & Koskenvesa, 2017, ss. 13-17)

### 4.1 Ryhmäytyminen ja big room

Big room on fyysinen tila, joka mahdollistaa suunnittelijoiden, rakentajien ja muiden ryhmien työskentelyn yhdessä. Big room parantaa ryhmien viestintää ja tehostaa suunnittelua. Eri osapuolet pystyvät paremmin tuomaan esiin ongelmansa ja toiveensa tämä vähentää virheitä ja väärinkäsityksiä. Nopeuttaa suunnittelun läpimenoaika.  
(Fira, 2019)

### 4.2 Hukka

Yksi leanin ja tahtiaikatuotannon kulmakivistä on hukan eli arvoa tuottamattoman työn vähentäminen ja poistaminen. ( Arrow engineering, 2016)  
Alla lueteltuna ja selitettynä leanin kahdeksan hukkaa:

#### 1. Ylituotanto

Ylituotantoa syntyy, kun tuotteita valmistetaan ilman tilausta tai varmuuden vuoksi varastoon enemmän kuin on tarve, sitoen turhaan resursseja.

Asuntotuotannossa ylituotanto näkyy liiallisena asuntotarjontana. Myymättömät asunnot sitovat paljon pääomaa ja henkilöstöresursseja niiden myymiseksi taikka vuokraamiseksi.

Lean strategian mukaan ylituotanto on hukista suurin koska se aiheuttaa muiden hukkien syntyä.

## 2. Odottelu ja viivästyksset

Tahtiaikatuotannossa tehtävät suunnitellaan niin että tehtävät seuraavat toisiaan tiiviisti ilman suuria aikataulupuskureita. Turhaa odotusta ja viivästyksiä pyritään välttämään tuotantojunan tasaisella etenemisellä. Viivästyksiä voivat aiheuttaa erilaiset ongelmat materiaaleissa, laitteissa taikka resursseissa. Työmaa olosuhteissa se voi esimerkiksi tarkoittaa kuivumisaikojen venymistä, työkalujen rikkoontumista ja työntekijän sairastumista.

## 3. Tarpeeton kuljettaminen

Työmaan tahdissa pysymiseksi myös materiaalivirtojen tasainen ja oikea-aikainen hallinta on isossa roolissa. Materiaalin pitää olla oikeassa paikassa oikeaan aikaan jotta turhaa tavaran siirtelyä vältetään. Materiaalien ja resurssien siirtelyä vältetään hyvällä ennakkosuunnittelulla ja tasaisesti etenevällä tuotannolla.

## 4. Ylikäsittely

Rakentamisessa ylikäsittely tarkoittaa asiakkaan kannalta turhia asioita kuten ylilaatuisia taikka väärillä työkaluilla ja menetelmillä tehtyjä tuotteita. Suunnittelulla on iso vaikutus ylikäsittelyn ja ylilaadun syntymiseen.

## 5. Tarpeettomat varastot

Varaston pitäminen työmaalla on aina haastavaa ja johtaa helposti tuotteiden pilaantumiseen ja rikkoontumiseen aiheuttaen turhaa materiaali-menekkiä ja kustannuksia. Työmaalla ja tahtiaikatuotannossa pitäisikin pyrkiä just-in-time toimituksiin suoraan työkohteeseen. Lisäksi ylimääräiset varastot estävät havaitsemasta tuotannon heilahteluja ja vikatilanteita.

## 6. Tarpeeton liike työskentelyssä

Kaikenlainen ylimääräinen liike työvaiheiden aikana on hukkaa. Materiaalien ja työkalujen etsiminen ei tuota asiakkaalle mitään arvoa. Työvaiheet ja työtavat kannattaa vakioida jotta turhaa liikettä vältetään.

## 7. Laatuvirheet

Laatuvirheet aiheuttavat turhaa työskentelyä, kun työ tehdään moneen kertaan. Uudelleen tekeminen lisää myös materiaalin ja resurssien kulu-tusta.

## 8. Hyödyntämätön potentiaali

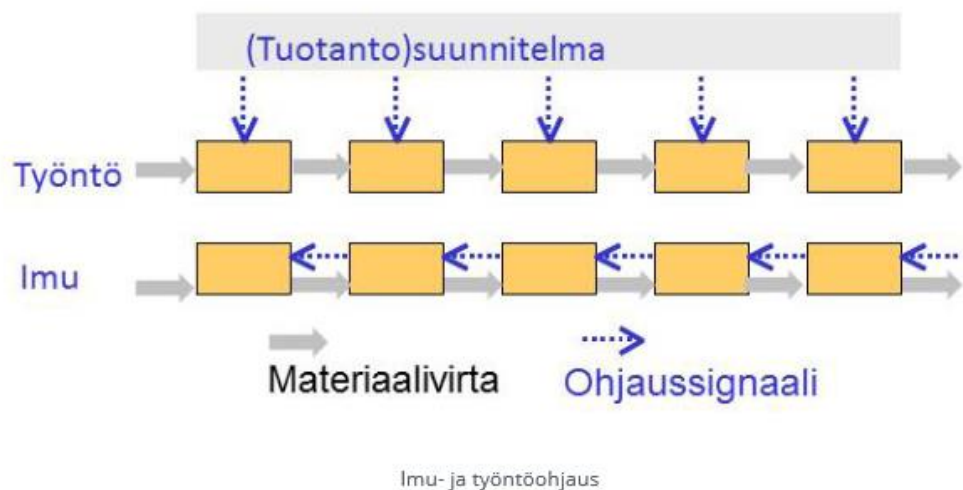
Tällä hukalla tarkoitetaan työntekijän osaamisen taikka luovuuden käyttä-mättömyyttä. Hukkaa syntyy jos työntekijöiden havaintoja taikka huomi-oita tuotannon parantamiseksi ei huomioida. Työntekijät kannattaa ehdot-tomasti osallistaa tuotannon suunnitteluun esimerkiksi Last plannerin avulla.



kuva 3. Leanin kahdeksan hukkaa. (Mflow, 2016)

### 4.3 Työntö vs imuohjaus

Yksi Lean strategian ja tehokkaan tuotannon perus periaatteita on tasainen, oikea-aikainen ja tarpeenmukainen materiaalivirta, jota ohjaa kysyntä. Imuohjaus on tärkeä periaate materiaalivirran kehittämisessä ja parantamisessa. Imuohjauksen ja työntöohjauksen merkittävin ero käytännössä on se mikä ohjaa materiaalivirtaa. Työntöohjauksessa ennalta tehdyt suunnitelmat ja päätökset työntävät tilauksen ohjauksen läpi. Imuohjauksessa taas seuraava vaihe imee tarpeen mukaan materiaaleja edeltävältä vaiheelta. (Logistiikan maailma, 2019)



Kuva 4. Työntö- ja imuohjauksen ero (Logistiikan maailma, 2019)

Varastointi aiheuttaa kustannuksia ja sen vuoksi varastoja tulisi minimoida. Optimaalisessa tilanteessa tuotteita voitaisiin tuottaa vain ja ainoastaan asiakkaan tarpeeseen yhdenkin kappaleen erissä. Koska edellä oleva ei ole realismia perustuu imuohjaus asiakastarpeen tahtiin jossa tuotannon ja varastojen määrä on rajoitettu. Imuohjauksen periaatetta voidaan

soveltaa laajemminkin. Imuohjauksen filosofiaa sovelletaan myös henkilöstöjohtamisessa jossa tarve työlle tulee suorittavalta portaalta. (Logistiikan maailma, 2019)

Työntöohjaus perustuu ennalta tehtyihin suunnitelmiin eikä asiakastarpeeseen. Työntöohjauksessa tuotannolle ja varastolle ei ole ylärajaa. Käytännössä näitä periaatteita yhdistetään kulloisenkin tilanteen mukaan, jotta saadaan mahdollisimman hyvä virtaus materiaalille ja työlle. Joskus näin on tehtävä pakon edessä esimerkiksi pitkien toimitusaikojen vuoksi. (Logistiikan maailma, 2019)

## 5 LAST PLANNER

### 5.1 Last planner käsitteenä

Last Planner on 1990-luvulla Yhdysvalloissa kehitetty visuaalinen menetelmä rakentamisen tuotannon ohjaukseen. Tavoitteena ennustettava häiriötön tuotanto johon työntekijät ovat vahvasti sitoutuneet. Last Planner on erityisesti kehitetty viikkosuunnitelman luomiseen. Last Planner menetelmän keskiössä on viikkosuunnitelman laatu ja suunnitelman hyvä toteutettavuus. Laadullisesti onkin tärkeää että viikkosuunnitelma on työjärjestyksen kannalta toimiva ja työmäärä toteutettavissa. Tärkeätä on myös huomioida että tehtävän aloitus edellytykset ovat kunnossa. Tehtävää ei saa ottaa viikkosuunnitelmaan jos se ei ole toteutettavissa. Last Plannerin tehtäväsuunnittelun peruseriaatteita on hyvin suunnitellut ja toteutettavissa olevat hyvin mitoitettut tehtävät. (Rakennustieto, 2019, ss. 14-15)

Viikkosuunnitelma laaditaan palaverissa jossa ovat paikalla kaikki mestarit ja työryhmien tekijät, niin sanotut viimeiset tekijät. Viikkosuunnitelma luodaan yhteistyössä urakoitsijoiden kanssa. Visuaalisuus on iso osa Last Planner järjestelmää ja viikkosuunnitelma tehdäänkin yleisesti käyttäen eri värisiä post-it lappuja. (Rakennustieto, 2019, ss. 14-15)

Rakentamisvaihesuunnitelma toteutetaan imuohjauseriaatteella. Suunnittelu aloitetaan vaiheen lopputilanteesta. Vastuuhenkilöt eli käytännössä urakoitsijat merkitsevät lopputilanteen saavuttamiseksi tarpeelliset tehtävät taululle. Tehtävät ajoitetaan ja niidenärkevin toteuttamisjärjestys päätetään yhdessä. Samalla tulevat ilmi kaikille tehtävien aloitusedellytykset. Last Planner menetelmän tavoitteena on saada kaikkien osaaminen ja tietotaito esille, sitouttaa yhdessä tehtyyn suunnitelmaan ja parantaa yhteistyötä ja ilmapiiriä. (Sahlsted & Koskenvesa, 2017, s. 105)

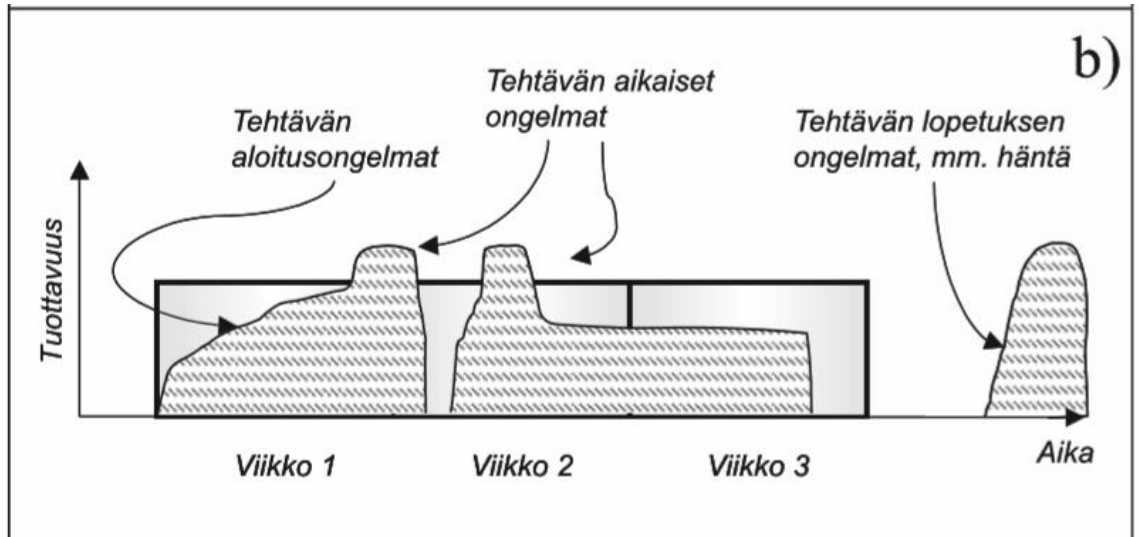
Last planner menetelmän käyttö parantaa tuottavuutta, laatua, työturvallisuutta ja luo työmaalle yhdessä tekemisen ilmapiirin. tuottavuuden parantuminen perustuu tehtävien sujuvaan aloitukseen kun aloittamisen edellytykset ovat kunnossa paremman suunnittelun vuoksi. Menetelmä

auttaa myös tehtävien loppuun saattamisessa eikä tuotannolle epäedullisia häntiä jää tehtäväksi. Last Planner parantaa tuotannon ennustettavuutta ja siten tehtävien aloitusvälejä voidaan lyhentää. Last Plannerin vaikutus työturvallisuuteen ja laatuun tulee paremman ja tarkemman tehtäväsuunnittelun kautta. Tehtävien parempi suunnittelu auttaa tekemään työn hallitusti ja edellytyksen tehtävän laadukkaalle ja turvalliselle toteutukselle on varmistettu. Yhdessä tehty viikkosuunnitelma ja siihen liittyvä keskustelu sekä jatkuvan parantamisen tavoittelu saa tekijät sitoutumaan työhönsä entistä paremmin. Menetelmässä selvitetään jatkuvasti toteutumattomien tehtävien syitä ja reagoidaan niihin tuloksen parantamiseksi. Työhönsä sitoutuneet työntekijät myös tekevät työnsä laadukkaammin ja turvallisemmin. (Rakennustieto, 2019, ss. 28-29)

Tehtävän aloitusta pyritään parantamaan kolmella tapaa. Perusperiaate on se että tehtävää ei hyväksytä viikkosuunnitelmaan jos sen edellytykset eivät ole olemassa. Toisena keinona on edellytysten aktiivinen luominen tulevien viikkojen tehtäville. Kolmantena keinona on Last Planner menetelmään sisältyvä jatkuva parantaminen ja toteutumattomien tehtävien syiden etsintä ja niihin puuttuminen. Tehtävän joutuisa ja hyvin suunniteltu aloitus tasoittaa tuotantovauhtia kun perinteiset aloitusongelmat saadaan poistettua. (Rakennustieto, 2019, s. 28)

Last Planner menetelmä edesauttaa tehtävän tasaista etenemistä varmistamalla pitkienkin tehtävien toteuttamisedellytyksiä viikoittain eikä pelkästään tehtävää aloittaessa. Ongelmien estämiseen vaikuttaa kaikkien viikon tehtävien hyvä suunnittelu ja yhteensovittaminen, joka vähentää työn edetessä ilmenevien suunnittelemattomien töiden määrää. Tavoitteena on tehdyn viikkosuunnitelman hyvä toteutuminen ja välitöiden vähäinen ilmaantuminen. (Rakennustieto, 2019, s. 29)

Tehtävien loppuunsaattaminen kerralla on tuottavuuden ja tasaisen tuotantonopeuden kannalta tärkeää. Last Planner menetelmän keinoina tehtävien loppuun saattamiseksi ovat tehtävien toteutumisen seuranta ja tekijöiden sitouttaminen työhönsä. (Rakennustieto, 2019, s. 29)



Kuva 5. Tehtävän etenemisen kuvaus. (Rakennustieto, 2019, s. 28)

## 5.2 Standardointi

Muussa teollisuudessa vakiointi on ollut arkipäivää jo pitkään. Samaan aikaan rakentaminen on pysynyt pääperiaatteiltaan pysynyt samanlaisena. Esimerkiksi autoteollisuudessa tuotevakioinnit ja tehdasvalmistaminen ovat olleet avainasemassa jo vuosisadan. Rakennuksia pidetään yksilöllisinä projekteina, joissa kaikki suunnittelusta rakentamiseen on mittatilaustyötä. Pikkuhiljaa on tapahtumassa ajattelutavan muutosta, jossa rakentamista aletaan mieltämään vakiokomponenteista tehtäväksi toiminnaksi. Nykyään on paljon mahdollisuuksia rakentamisen vakiointiin varsinkin esivalmisteiden osalta. Rakentamisen vakiointi tuo paljon etuja tuotannon tehokkuuden ja laadun suhteen. (Viljamaa, 2018)

Tahtiaikatuotannon onnistumiseksi on rakentamisen menettelyjä standardoitava. Standardointi vakiinnuttaa parhaimmat menetöt ja työtavat tehokkaiksi ratkaisuksi. Standardointia pitää pyrkiä luomaan suunnittelusta toteutukseen. Vakioidut ratkaisut tehostavat toimintaa oli tekijä sitten kuka tahansa. Toiminnot vakioimalla on virheet ja ongelmat helppo huomata koska poikkeamat tulevat selkeämmin näkyviin. (Haapasalo & Merikallio, 2009)

Työnkulun ja suoritustavan järjestelmällinen kehittämiseksi on saatava selville prosessin nykytila. Siihen oiva työväline on työnkulkukaavio jossa prosessi on jaettu viiteen eri osaan. (Vesilahti, 2018, s. 5)



kuva 6. Työnkulkukaavio

Kaavion laatimisen jälkeen tarkastellaan ja arvioidaan työvaiheiden suoritusjärjestystä, työvaiheiden hukkia, odotusaikoja ja varastointia. Pyritään löytämään työvaiheista asiakasarvoa tuottavat asiat ja poistamaan turhuuksia. Kaavion avulla voidaan laatia myös työnkuvaus, kuinka työ kuuluisi tehdä jotta se olisi tehokasta. Näitä työkaluja voi sitten hyödyntää työhönpastuksessa. (Vesilahti, 2018, s. 5)

### 5.3 Tehtävien aloitusedellytykset

Valmistavan suunnittelun aikana mietitään ja varmistetaan aloitusedellytykset. Valmistettavaa suunnittelua tehdään 4–6 viikon aikajänteellä. Tehtävien aloitusedellytykset eroavat toisistaan tehtävittäin. Tärkeintä kuitenkin on aloitusedellytysten aitous, jotta tehtävä on varmasti mahdollista toteuttaa. (Sahlsted & Koskenvesa, 2017, s. 107) Alla listaus keskeisistä varmistettavista edellytyksistä:

- tuotantonopeus
- koneet ja kalusto
- suunnitelmat
- materiaalit
- sopimukset
- olosuhteet
- työryhmä
- turvallisuus
- edeltävät työt
- jätehuolto
- liittyvät työt
- mesta

Sisävalmistusvaiheessa tuotannon etenemiselle tärkeitä on edeltävien sisävaiheen tehtävien valmius mutta sitäkin merkittävämpi asia on rungon itselleluovutus. Jos sisävaiheessa ilmenee tekemättömiä etuputsitöitä, on se merkittävä hidaste töiden etenemiselle. Kaikki piikkaukset, roiloamiset

ja paikkaukset tulisi olla tehtynä koska niiden tekeminen jo alkaneessa sisävaiheessa on hidasta, työlästä ja pölyistä. Rungon itselleluovutuksessa on tärkeitä varmistaa pintojen suoruudet ja talotekniikan oikeat paikat ja reitit ettei niitä jouduta jälkikäteen muuttamaan.

#### 5.4 Viikkosuunnitelman valvonta

Jokaisen viikon lopussa pidetään seurantapalaveri jossa tarkistetaan onko tehtävät saatu toteutettua vai ei. Kaikkien toteutumatta jääneiden tehtävien tai tehtävän osien selvitetään syyt toteutumattomuudelle. Syyt tilastoidaan jotta saadaan pohjatietoa ja oppia tuotannon ongelmista. Last Planner menetelmässä viikkosuunnitelman toteutumista mitataan TTP luvulla, joka osoittaa prosentuaalisesti kuinka suuri osa tehtävistä saatiin kokonaan valmiiksi. Alle 60 % tulosta pidetään huonona, yli 80 % hyvänä ja yli 85 % erinomaisena. eli mitä suurempi TTP sitä parempi tulos. TTP lukuun vaikuttaa projektin monimuotoisuus ja monet muut ulkoiset tekijät eli työmaiden lukuja ei voi vertailla keskenään. (Rakennustieto, 2019, ss. 18-19)

## 6 TAHTITUOTANTO

Tahtituotanto on laaja kokonaisuus, johon pitää saada sitoutettua kaikki projektiin osallistuvat riittävän aikaisessa vaiheessa. Alla oleva kuva näyttää miten tahtituotannon suunnittelu lähtee suunnitteluvaiheesta ja päättyy tiukkaan päivittäisjohtamiseen.



kuva 7. Tahtituotantoprosessi (Heinonen & Hämäläinen, 2019)

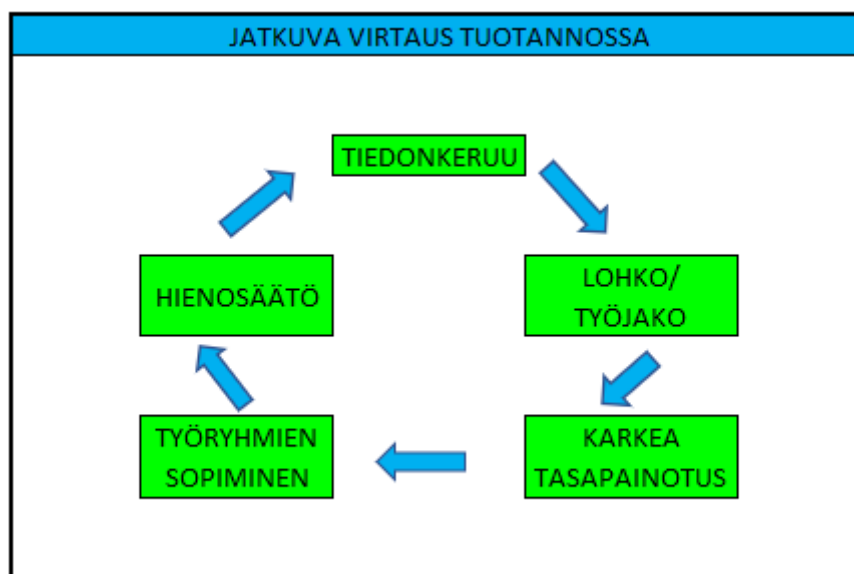
#### 6.1 Tahtiaika käsitteenä

<b>TAHTIAIKA =</b>	<b>NETTOTYÖAIKA</b>
	<b>YKSIKÖIDEN MÄÄRÄ</b>

Kuva 8. Tahtiajan määrite



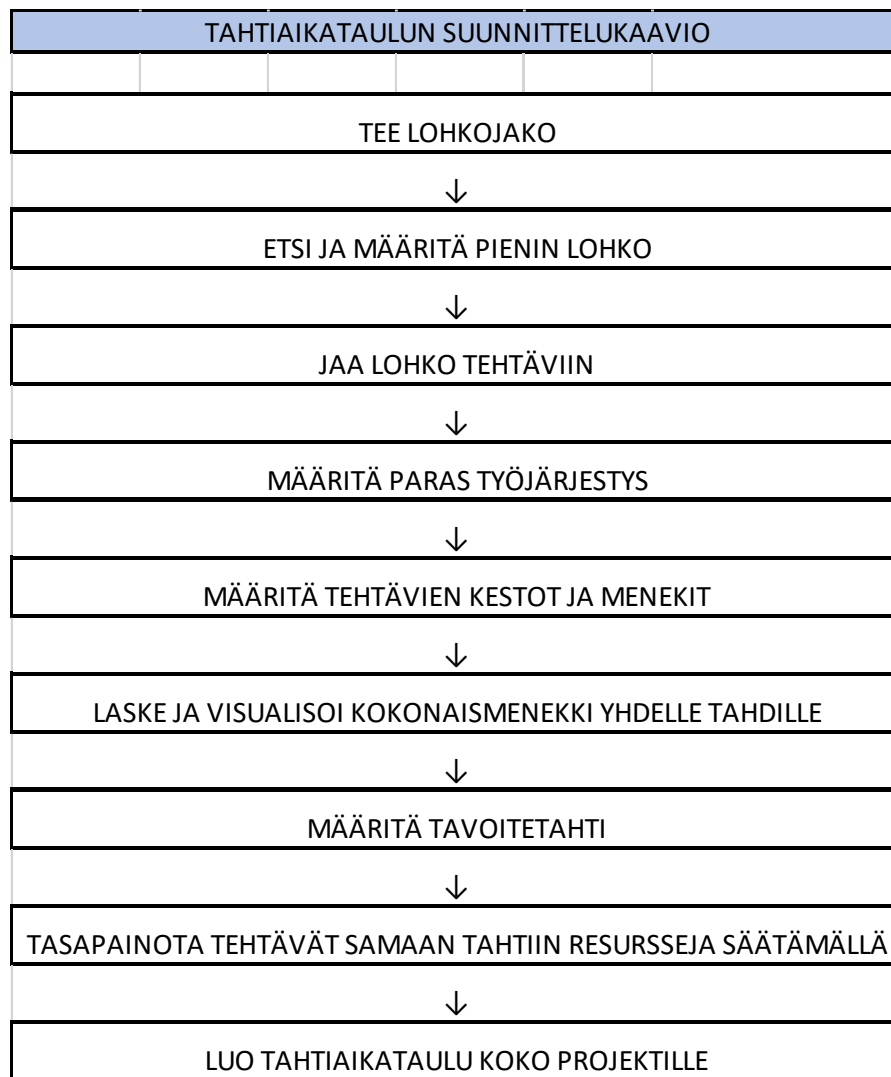
Tahtiaika on Leanin peruskäsitteitä. Se kuvaa yksittäisten työvaiheiden kestoa virtaavassa tuotannossa. Virtaus saadaan aikaiseksi mitoittamalla kaikki vaiheet saman pituiseksi muuttamalla niiden sisältöä tai resurssien määrää. Tahtiajassa kaikki työvaiheet seuraavat toisiaan välittömästi ilman puskureita. Tahtiaikasunnittelussa tuotanto viedään huomattavasti tarkemmalle tasolle kuin nykyään. Tahtiaikatuoannon tavoitteena on saavuttaa tasainen ja ennakoitava tuotanto tuotantolinjamaiseen tapaan. Loogisesti etenevä tuotanto parantaa projektinhallintaa laadun ja turvallisuuden osalta. Tahtituotantoon liittyvät tiivistä myös oikea-aikaiset toimitukset ja logistiikka. Tahtituotannon tavoitteena on poistaa hukkaa ja parantaa tuottavuutta lyhentämällä läpimenoaikaa. Leanin tahtiaikatuoannon periaatteisiin kuuluu myös jatkuva parantaminen ja oppiminen. (Lean construction Institute, 2015)



Kuva 9. Jatkuva virtaus (Tommelein, 2017, s. 3)

## 6.2 Tahtiaikataulun suunnittelu

Tahtiaikataulun suunnittelu mukautuu tietenkin projektin mukaiseksi mutta tietynlainen peruskaava sen toteuttamiseen on muotoutunut. Suunnittelu perustuu kohteen kokoon, tehtäviin ja valittuun tahtiin.



Kuva 10. Tahtiajan suunnittelujärjestys (Lange, 2016, s. 107)

### 6.2.1 Resurssit

Tahtiaikasuunnitteluun kuuluu resurssien oikeaoppinen tasapainotus. Rakentamisessa hitaampiin työvaiheisiin lisätään resursseja ja nopeista vaiheista voidaan vähentää resursseja, jotta tahdit saadaan pysymään samantapuisina. Työvaiheita voidaan tasapainottaa myös työn määrää säätämällä. Liian pitkää tahtia voidaan pilkkoa useampiin tehtäviin taikka lyhyisiin tehtäviin voidaan lisätä työtä, esimerkiksi aputoita. (Consulting Teconomark Oy, 2019)

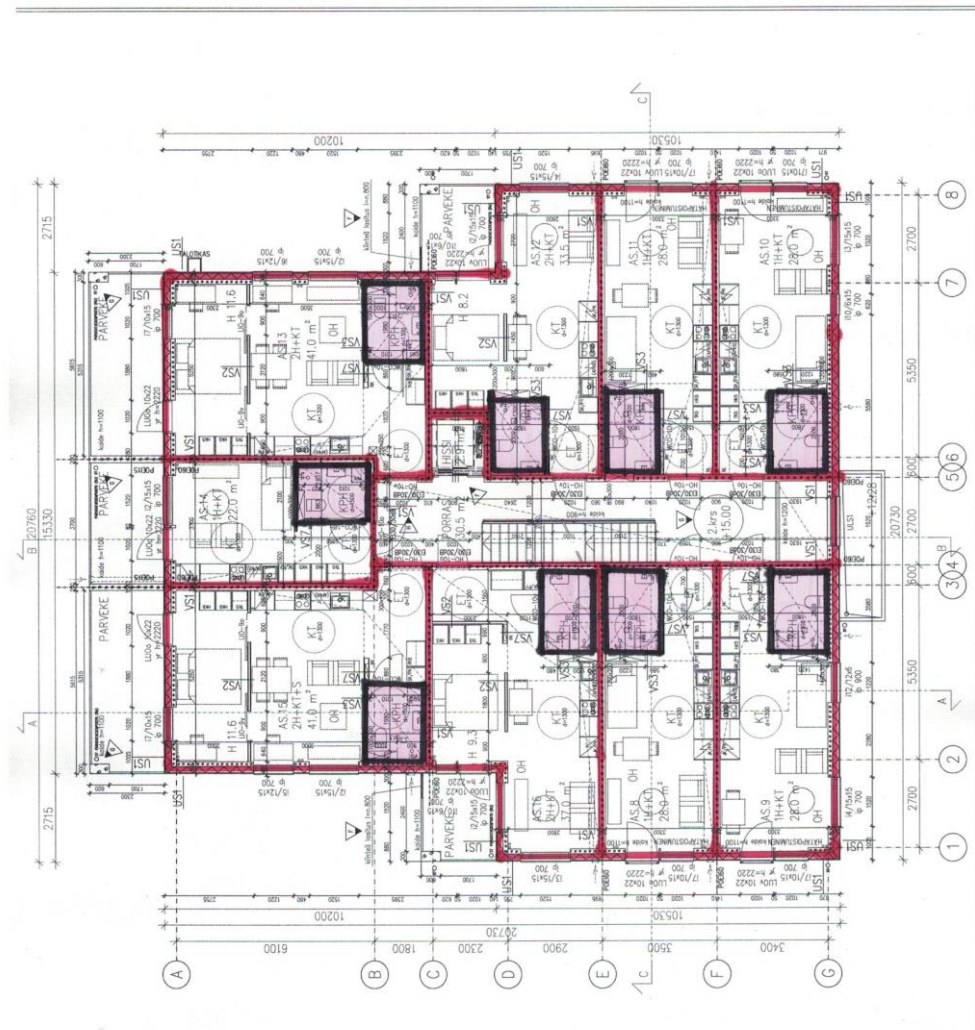


Kuva 11. Tahtien tasapainotus

### 6.2.2 Lohkojako

Työmaa jaetaan alueisiin tahtiajan määrittelemässä rajoissa. Yleisesti yksi asunto on yksi lohko. Asuntorakentamisessa kuivat ja märät tilat on jaettu erikseen. Tuotantojuna etenee lohkoista toiseen tahdissa. Lohkojaon tekemisessä pyritään samankokoisiin ja kestoisiin lohkoihin. Lohkojen jakamisessa kannattaa huomioida tuotantojunan looginen ja sujuva eteneminen paikasta toiseen.

Maailmalla toteutetuissa hankkeissa yhdeksi ongelmaksi koettiin alkuun liian suureksi suunnitellut lohkot. Liian suuret lohkot sisältävät liian paljon työtä ja ovat näin riskialttiimpia häiriöille. (Lehtovaara, ym., 2019, s. 23)



Kuva 12. Tutkimuskohteen yhden kerroksen lohkojako

Tutkimuskohteena olevan kerrostalon lohkojako on suunniteltu asunnoittain. Kuivat ja märät tilat on jaoteltu omiin taiteihinsa kuivumisaikojen vuoksi. Kuten kuvasta 12 näkee kohteen asunnot ovat hyvin samantyyppisiä pieniä asuntoja. Asuntojen koot vaihtelevat 22–41 m<sup>2</sup> välillä. Vuokra-kohteena asunnoissa ei myöskään ole muutostöitä eli materiaalit ovat vakiot läpi talon. Asuntojen kylpyhuoneet ovat hyvin samankaltaisia ja kokoisia muun asunnon koosta riippumatta. Vakioitu toistuvuus läpi talon ja tasainen lohkojako luovat hyvät edellytykset tahtituotannolle. Kuivat ja märät tilat on eritelty erilaisten kuivumisaikavaatimuksien takia ja tiloissa on myös mahdollista tehdä päällekkäisiä töitä.

Tutkimuskohteen aikataulutarkastelua tehdään väliseinävaiheesta loppusiivoukseen ja märkätilojen osalta vesieristyksestä loppusiivoukseen. Työvaiheet lueteltu alla:

- plaanolattiat
- väliseinät ja alakatot
- sähkötyöt
- tasoite- ja maalaustyöt
- kalusteasennus
- laminaattiasennus
- vesi- ja IV kalusteet
- väliovet
- listoitus
- kodinkoneet
- varusteet
- vesieristys ja laatoitus
- paneelikatot
- loppusiivous

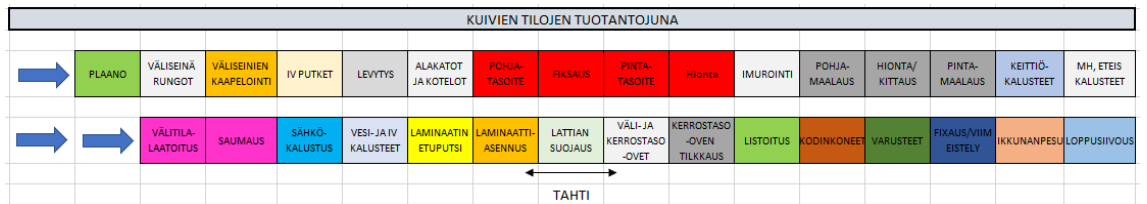
### 6.2.3 Tahti takt time

Tahtien työsisältö muodostetaan siten että kaikkien töiden kesto on suunnilleen sama. Näin tuotanto etenee samassa tahdissa. Tahti määräytyy pisimmän työvaiheen mukaan.

YIT:n pilottihankkeissa työvuoro on jaettu kahteen tai neljään tahtiin. Tässä kohteessa tarkastellaan kahteen tahtiin jaettua vuoroa eli neljän tunnin tahteja. Tämä tarkkuus on aivan riittävä työmaan sisävaiheelle.

Käytän tahtiaikataulun muodostamiseen jo olemassa olevia aikatauluja ja määrätietoja. Tarkka viikkosuunnittelu tarkentuu yhteistyössä aliurakoitsijoiden kanssa. Työn sisältö tai itse työn suorittamiseen käytetty aika ei muutu perinteisestä vaan tahtituotannossa pyritään liittämään työvaiheet yhteen saumattomasti poistamalla niiden välistä arvoa tuottamatonta työtä ja siten nopeuttaa koko prosessia.

Kohteen alustavassa yleisaikataulussa sisävaiheelle väliseinätyöstä viimeistelyyn on varattu 31 viikkoa eli 155 työvuoroa. Tätä ajanjaksoa, eli läpimeinoaikaa pyritään lyhentämään tahtiaikataulun avulla. Tavoitteena löytää aikajanalta turhia aikataulupuskureita ja virtauttaa tuotantoa poistamalla hukkaa.



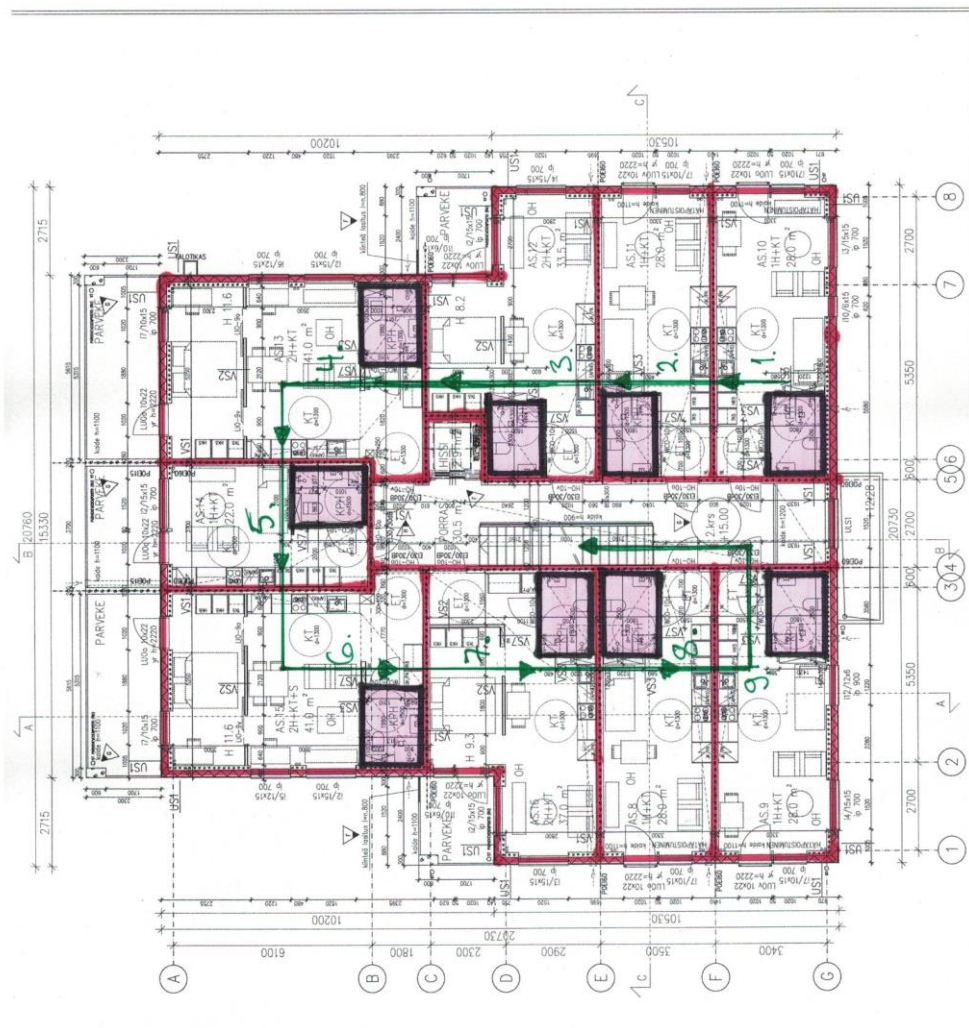
Kuva 13. Kohteen kuivien tilojen tuotantojuna

Kuvassa on esitetty sisävaiheen kuivien tilojen tuotantojuna. Vaunu on aina yksi työvaihe ja vaiheet seuraavat toisiaan tiiviisti. Juna etenee lohkoista toiseen tahdin määräämässä ajassa. Tuotantojunan etenemisessä täytyy huomioida kuivumisajat ja työvaiheen eli vaunun vaatimukset. Plaanon ja tasoitteiden ajan koko kerros on varattava työvaiheelle työn luonteesta johtuen. Tasoitteet ja maalit vaativat myös kuivumisaikaa, jolle täytyy varata aikaa tuotantoon.



Kuva 14. Kohteen märkätilojen tuotantojuna

Märkätilojen tuotantojunan etenemistä ohjaa paljolti tuotteiden kuivumisajat. Märkätilojen osalta työn suunniteltuun etenemiseen vaikuttavatkin paljon valitut materiaalit ja työmaan olosuhteet. Tämän takia kuivat ja märät tilat kannattaakin erotella tahtituotannossa.



Kuva 15. Tuotantoajan eteneminen.

#### 6.2.4 Tahdin aloittaminen

Tahtituotannon onnistumiseksi pitää olla varma kaikkien urakoitsijoiden sioutumisesta tahtituotantoon. Aliurakoitsijoilla täytyy olla valmius ja välineet vaaditun tavoitteen täyttämiseksi koska tahtituotannossa ei ole varaa jättää työvaiheita roikkumaan tai hypätä niistä ylitse. Edellytykset on luotava yhdessä koska tarkoitus on tehdä, oppia ja kehittyä yhdessä eikä kurruttaa aliurakoitsijoita. Tahtituotannon käyttöön ottoon suositellaan pehmeää aloittamista esimerkiksi vain osaa työmaasta koskevalla

tahtituotannolla. Tahtituotantoa käyttöön ottaessa voi olla myös tarpeellista aikataulupuskurin käyttäminen ennen kuin päästään vakiintuneisiin käytäntöihin. (Lange, 2016, s. 111)

### 6.2.5 Tahdin ohjauskeinot

Tahtituotanto ja aikataulussa pysyminen vaatii työmaalta tarkkaa ohjaamista ja ongelmiin reagoimista. Urakoitsijoille pakolliset viikkopalaverit ovat tärkeä osa tuotannon ohjauksesta ja onnistumista. Tahtituotanto perustuu kurinalaiseen tuotannonohjaukseen ja sen takia viikoittaiset ohjauspalaverit ja tiukka päivittäisjohtaminen ovat äärimmäisen tärkeitä. Viikoittaisissa ohjauspalaverissa seurataan tehtävien etenemistä ja valmiusasetta. Viikkopalaverissa etsitään keinoja ongelmien korjaamiseen ja jatkuvaan tuotannon parantamiseen. Palavereilla on myös tärkeä osa työmaan hengen ja yhteistyön kannalta. (Lange, 2016, s. 111)

Tahtituotannon ohjauskeinoja ja -tapoja

- visuaalinen ohjaustaulu
- päivittäinen aikataulutus
- tarkka detaljitason suunnittelu
- kaikkien prosessien optimointi
- informaation kontrollointi ja tiedonkulun varmistaminen
- reagoi ja ratkaise ongelmat ajoissa

(Theis, 2017, s. 62)

### 6.2.6 Häiriöt

Tahtiaikataulu on varsin herkkä häiriöille. Varsinkin pienillä työryhmillä työskenneltäessä tekijöiden yllättävät poissaolot tekevät heti häiriön tuotannon etenemiseen. Tämän takia tahtiaikatauluun on suunniteltava tilaa häiriöille. Häiriöihin on varauduttava ensisijaisesti kuitenkin aikataulupuskurilla vaikka niiden käyttämistä tahtituotannossa täytyykin pyrkiä välttämään. Vaihtoehtona voisi käyttää varamiestä jonka pystyisi irrottamaan varamestalta tahtijunaan tarvittaessa. Tämän toteuttaminen vaatiikin jo paljon resursseja ja työmestaa.

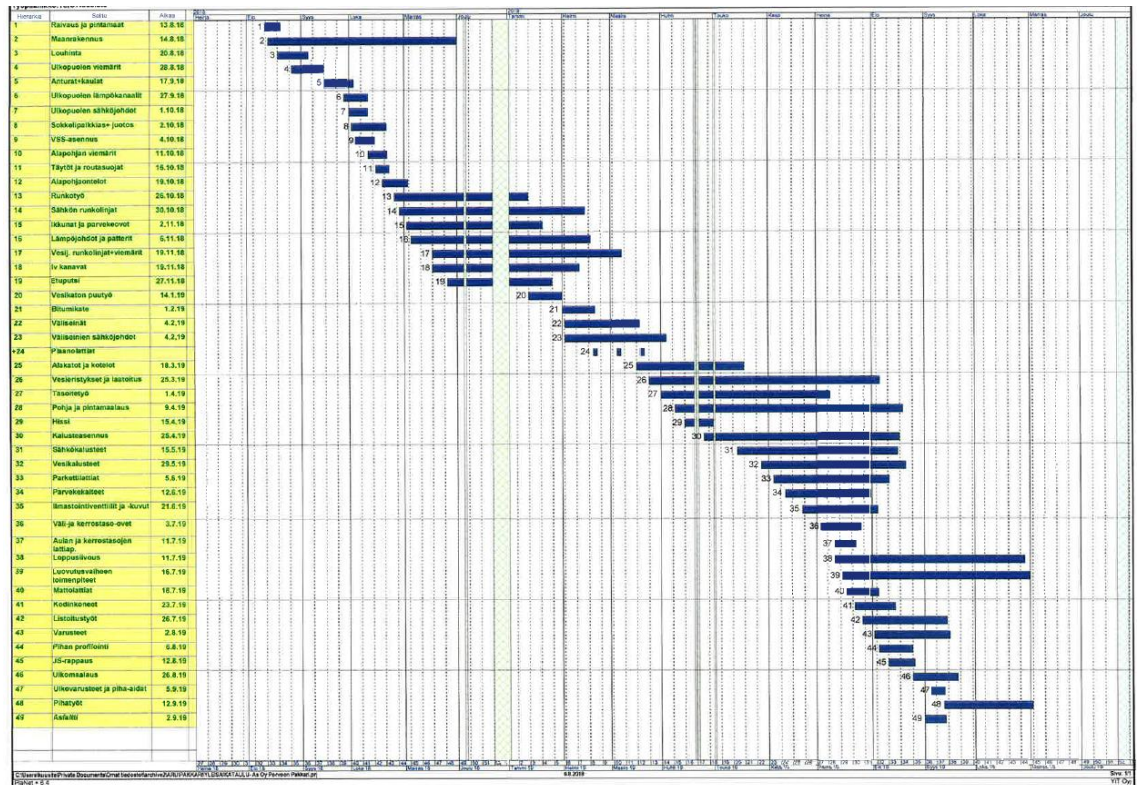
Kaliforniassa on käytetty viiden päivän tahtia jossa työ on mitoitettu tehtävän neljässä päivässä, jotta perjantai ja viikonloppu jää mahdolliseksi puskuriksi häiriöiden varalta. Samassa kohteessa oli käytössä yhdessä sovittu ongelmanratkaisumalli. Jos ongelma esiintyy, se tuli ratkaista ensisijaisesti työmaalla. Jos ongelma ei ratkennut heti työmaalla se selvitetään aliuurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan työnjohdon kesken saman päivän aikana tai viimeistään seuraavaan aamuun mennessä. Oleellisinta kuitenkin on nopea reagointi häiriöihin ja yhdessä sovittu systeemi esteiden ylittämiseksi.

(Lehtovaara, ym., 2019, ss. 32-33)

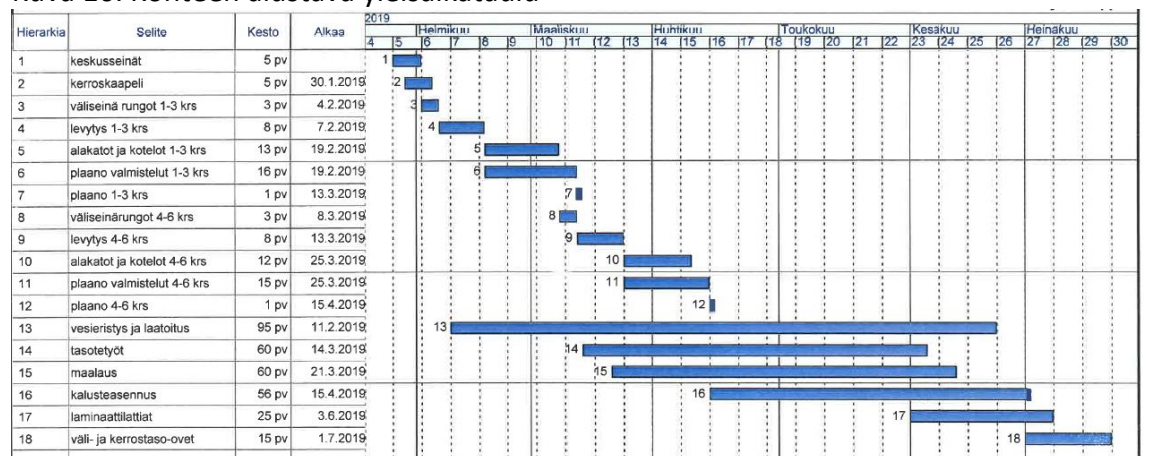


### 6.2.7 Vertailu

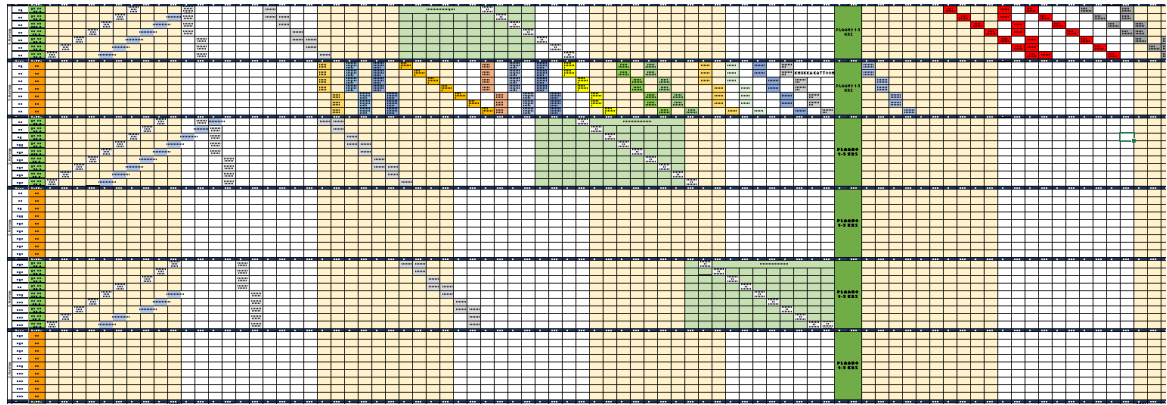
Vertailukohteen alkuperäisessä yleisaikataulussa sisävaiheelle väliseinistä viimeistelyyn on varattu 31 viikkoa. Tätä ajanjaksoa, eli läpimenoaikaa pyritään lyhentämään tahtiakataulun avulla.



Kuva 16. Kohteen alustava yleisaikataulu

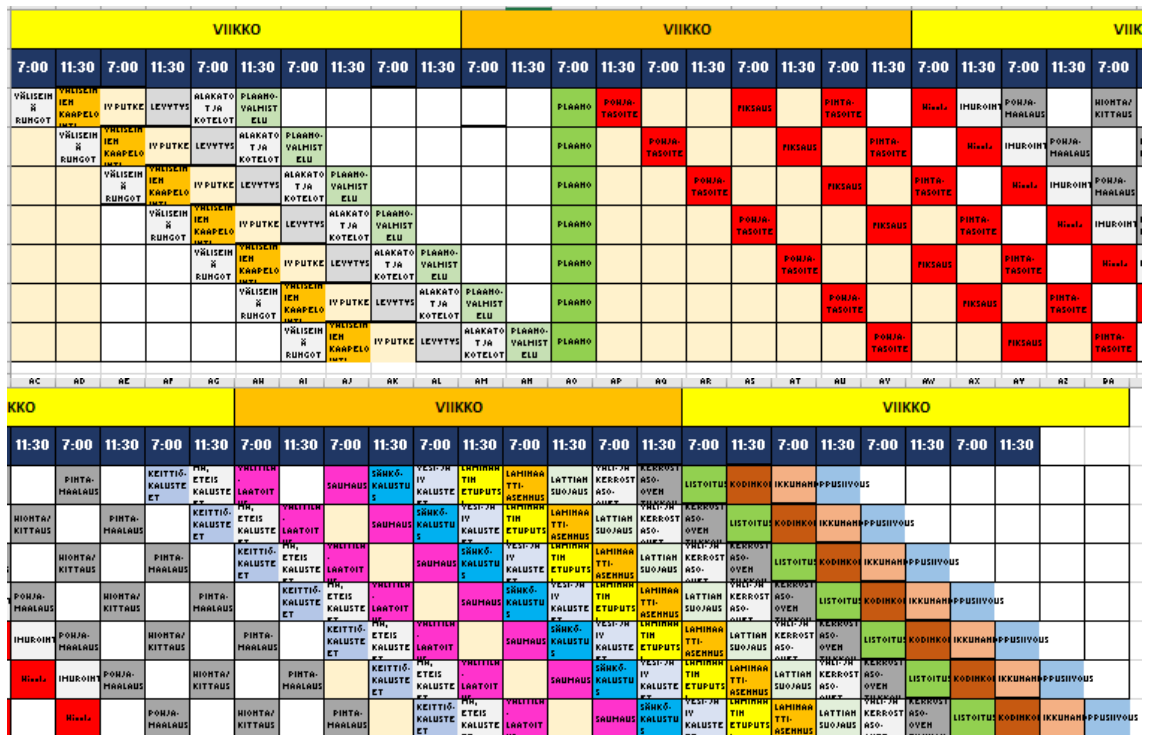


Kuva 17. Ote kohteen sisävaiheikataulusta



Kuva 18. Sisävaiheaikataulu muutettuna ”tahtiaikatauluksi”

Kun sisävaiheaikataulun muuttaa ”tahtiaikataulun” muotoon huomaa kuinka paljon tyhjää työtehtävien välissä on. Todellisuudessa nuo välit sisältävät suunnittelematonta aputyötä ja siivousta. Tahtiaikataulun tehtävät on suunniteltava niin että mesta on avoinna seuraavalle vaunulle eli siivottuna ja esteettömänä. Aputyöt voidaan sisältää vaunuun taikka niiden merkittävyyden myötä tehdä niistä oma vaununsa jolle varata tahti.



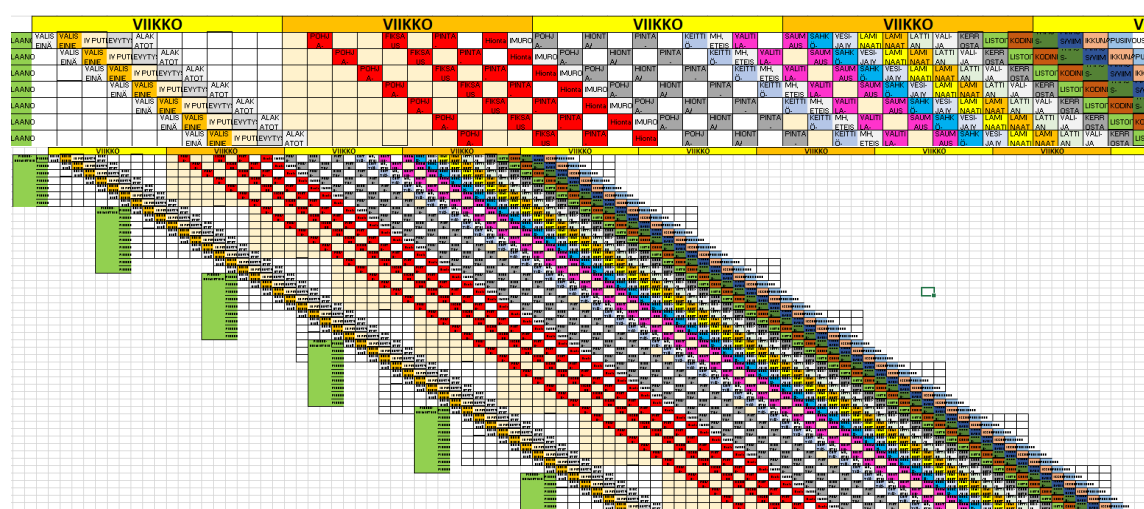
Kuva 19. Ensimmäinen versio kohteen tahtiaikataulusta

Ensimmäinen versio tiivistetystä aikataulusta ensimmäisen kerroksen asuntojen kuivien tilojen osalta. Aikatauluun on lisätty joitakin tehtäviä ja osa tehtävistä on pilkottu pienempiin osiin. Tässä versiossa ei ole lisätty minkäänlaisia puskureita ja kuivumisajatkin ovat minimissään. Tämän takia työmaan olosuhdehallinta on todella suuressa osassa aikataulun onnistumista kuivumisaikojen myötä. Tämä aikataulu vaatii myös suuria muutoksia resurssien myötä, lähinnä niiden lisäämistä. Tahtiaikataulu seuraa alku-peräistä sisävaiheaikataulua työjärjestyksen osalta. Plaanovalua ei pysty

tahdittamaan sen luonteen vuoksi ja siksi sen suorittamista ennen väliseinävaihetta kannattaa harkita. Plaanovalua siirtämällä voidaan saavuttaa lisää kuivumisaikaa ja voidaan tiivistää muita tehtäviä. Muutoksella voidaan saavuttaa päivän etu mutta tasoitetyöt vaativat kuitenkin koko kerroksen itselleen niin tiivistäminen jää marginaaliseksi.

5	tu wk 5 11:30	1.2.2019 7:00	pe wk 5 11:30	4.2.2019 7:00	ma wk 6 11:30	5.2.2019 7:00	ti wk 6 11:30	6.2.2019 7:00	ke wk 6 11:30	7.2.2019 7:00	tu wk 6 11:30	8.2.2019 7:00	pe wk 6 11:30	11.2.2019 7:00	ma wk 7 11:30	12.2.2019 7:00	ti 11:30
PLAANOVALMISTELU		PLAARO	VÄLISEINÄ RUNGOT	VÄLISEINÄ KNAPELOINTI	IVPUTKET	LEVYTYYS	ALAKATOT JA KOTELOT										
		PLAARO		VÄLISEINÄ RUNGOT	VÄLISEINÄ KNAPELOINTI	IVPUTKET	LEVYTYYS	ALAKATOT JA KOTELOT								POHJATASOITE	
		PLAARO			VÄLISEINÄ RUNGOT	VÄLISEINÄ KNAPELOINTI	IVPUTKET	LEVYTYYS	ALAKATOT JA KOTELOT								POHJATASOITE
		PLAARO				VÄLISEINÄ RUNGOT	VÄLISEINÄ KNAPELOINTI	IVPUTKET	LEVYTYYS	ALAKATOT JA KOTELOT							
		PLAARO					VÄLISEINÄ RUNGOT	VÄLISEINÄ KNAPELOINTI	IVPUTKET	LEVYTYYS	ALAKATOT JA KOTELOT						
		PLAARO						VÄLISEINÄ RUNGOT	VÄLISEINÄ KNAPELOINTI	IVPUTKET	LEVYTYYS	ALAKATOT JA KOTELOT					
		PLAARO							VÄLISEINÄ RUNGOT	VÄLISEINÄ KNAPELOINTI	IVPUTKET	LEVYTYYS	ALAKATOT JA KOTELOT				
	7:00	7:00	11:30	7:00	11:30	7:00	11:30	7:00	11:30	7:00	11:30	7:00	11:30	7:00	11:30	7:00	11:30

Kuva 20. Plaanosiirretty tehtäväksi ennen väliseiniä



Kuva 21. Kuivien tilojen tiivis tahti-aikataulu

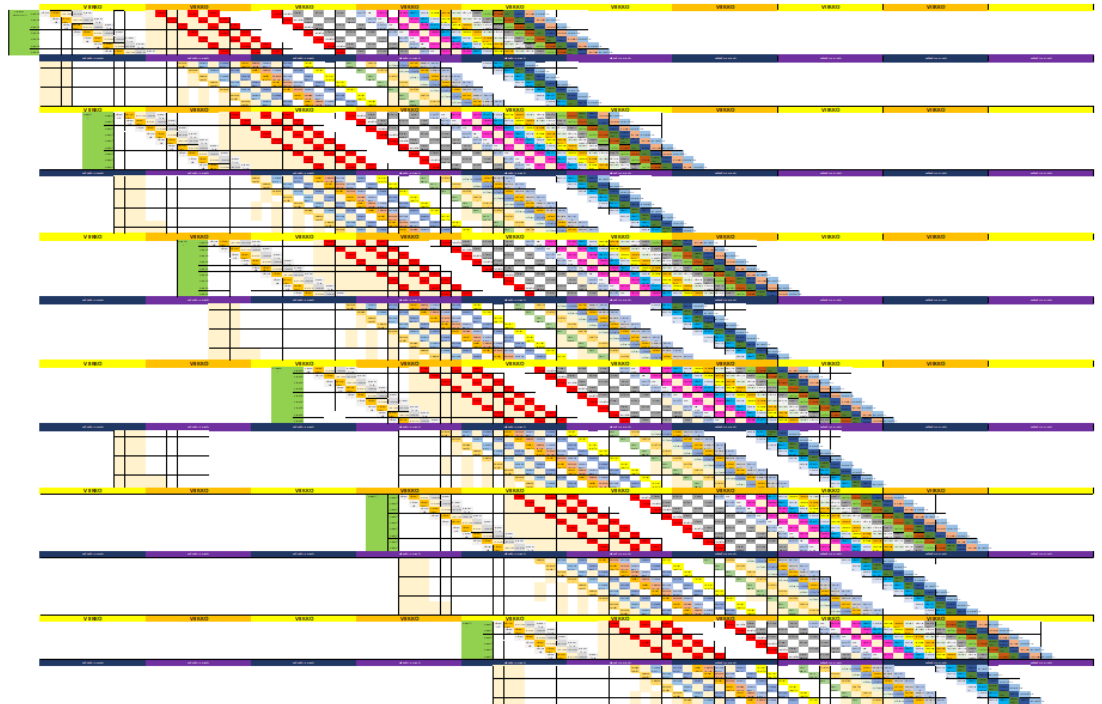
Koko kohteen 49 asunnon kuiviin tiloihin suunniteltu tiivis tahti-aikataulu ilman mitään aikataulupuskureita. Tällä tasolla suunniteltaessa kuivien tilojen läpivienti veisi kymmenen viikkoa. Tehtävien tarkempi suunnittelu tekijöiden kanssa mahdollisesti vielä lisää tehtävien kestoja. On myös vielä varmistettava mahdollisten kuivumisaikojen vaikutus ja varauduttava häiriöihin. Lisäksi märkätilojen vaikutusta kuivien tilojen tuotantojunan etenemiselle ei ole vielä huomioitu.

Kuva 22. Ensimmäisen kerroksen tahtisuunnitelma märkätilojen osalta.

Märkätilojen tahtituotanto täytyy yhdistää kuivien tilojen aikatauluun. Näin varmistetaan mestan riittävyys ja etteivät tehtävät törmää toisiinsa. Lisäksi tietyt tehtävät kannattaa yhdistää esimerkiksi loppusiivous kannattaa tehdä koko asunnossa samaan aikaan.

Kuva 23. Yhdistetty tahtiaikataulu yhden kerroksen osalta.

Kuivien ja märkien tilojen yhdistäminen tuo aikatauluun muutamia taukoja päällekkäisyyksien vuoksi. Tauoilla saadaan myös luotua kuivumisaikaa ta-soitteille sekä saadaan aikatauluun puskuria häiriöiden varalle.



Kuva 24. Koko kohteen yhdistetty tahtiaikataulu

Yhdistetyssä tahtiaikataulussa plaanosta ja vesieristyksestä loppusiivoukseen kuluisi vain kymmenen viikkoa. Näin ollen aikataulu vaikuttaa epärealistiselta toteutumisen kannalta. Plaanon ja kaatolattioiden kuivumisajat voivat siirtää sisävaiheen aloittamista paljonkin ja sisävaiheen olosuohdellista hallintaa vaikuttaa myös muiden kuivumista vaativien työvaiheiden suorittamiseen. Tällaisia ovat tasoite-, maalaus ja vedeneristystyöt. Niille kannattaakin varata aikaa tuotantoon. Yhden puskuripäivän lisääminen joka viikolle kymmenen viikon tuotantoon tuo kokonaisuuteen vain kymmenen työvuoroa lisää. Tässä tahtiaika hahmotelmassa työvaiheet on suunniteltu todella tiukasti ja vaativat suurimpaan osaan tehtävistä resurssien lisäämistä varsinkin aputöiden osalta. Siivouksen ja logistiikan hoitaminen jokaisen työvaiheen osin vaatii oman resurssinsa, jota voi olla vaikea järjestää. Tämän takia tahtiaikataulu täytyy luoda varmistettujen resurssien pohjalta ja mitoitetaan sen mukaan.

## 7 HANKINTA JA LOGISTIIKKA TAHTITUOTANNOSSA

### 7.1 Hankinta tahtituotannossa

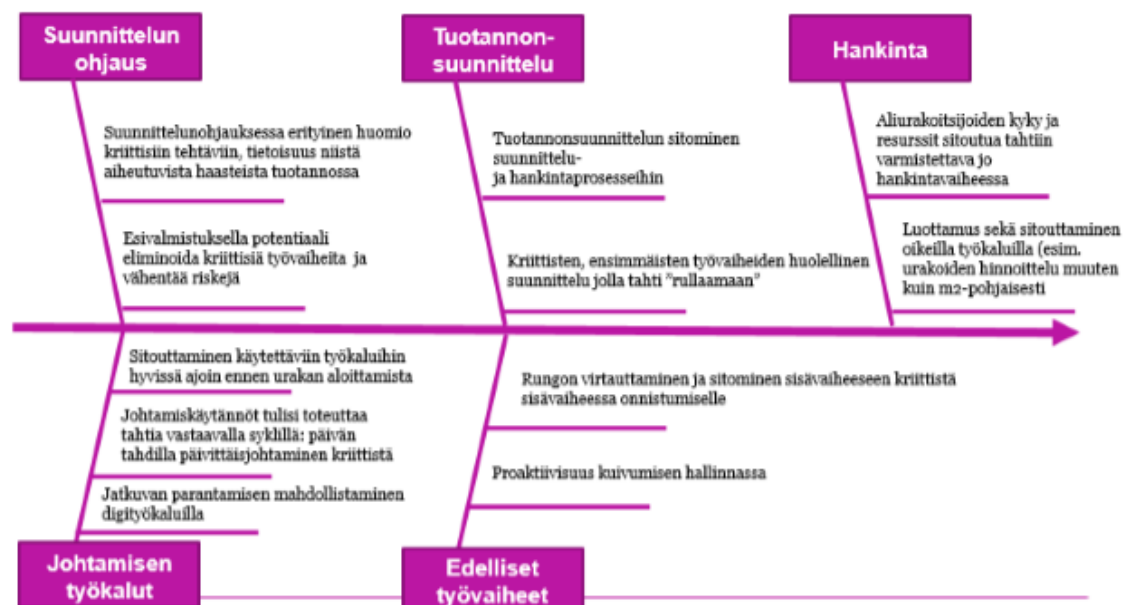
Rakennustyömaan toimituksia ohjataan hankintasuunnitelman avulla. Hankintasuunnitelman ja hankinta-aikataulun on täsmäyttävä tahtiaikatauluun. Ongelmaksi muodostuukin nykytilanteessa hankinnan epätarkka suunnittelu ja sitominen nopeasti vanhenevaan yleisaikatauluun. Myös rakentamisen aikana tulevat suunnitelmamuutokset ja muutostyöt

aiheuttavat haasteensa hankintatoimeen. Hankinnan onnistumisen kannalta tehokas yhteydenpito työmaan, hankintatoimen ja toimittajien kesken on erittäin tärkeitä. Tehokas viestintä edesauttaa ongelmiin ja muutoksiin reagoitua. (Rakennusteollisuus RT Ry; VTT; Mittaviiva Oy, 2009, s. 3)

Aliurakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien sitouttaminen oikea-aikaisiin toimituksiin lähtee jo hankintavaiheesta. Tahtiaikatuoanto vaatii urakoitsijoilta ja toimittajilta erilaista sitoutumista projektiin kuin perinteisessä tuotannonohjauksessa, johon on varattu aikataulupuskureita. Liian myöhään aloitettu hankinta aiheuttaa ongelmia niin materiaalitoimituksiin kuin aliurakoitsijoiden sitouttamisessa tahtituotantoon. Ongelmia tuo myös väärin lasketut tai kokonaan unohdetut hankintakokonaisuudet. (Rakennusteollisuus RT Ry; VTT; Mittaviiva Oy, 2009, s. 4)

Tahtituotannon suunnittelussa ja aloittamisessa hankinnalla on suuri rooli. Aliurakoitsijoiden ja toimittajien sitominen tahtituotantoon on ehto projektin suunnitellulle toteutukselle. Hankinnan täytyy olla avointa ja läpinäkyvää. Urakoitsijoiden ja toimittajien kanssa täytyy yhdessä sopia ja varmistaa riittävät resurssit ja valmiudet tahtituotannon toteuttamiseen.

Urakoitsijoille kannattaa selvittää tahtituotannon hyödyt. Tuotannon sujuva ja looginen eteneminen sekä läpimenoajan lyheneminen ovat kaikkien etu. Perinteisesti tehtävistä jää ”häntiä” syystä tai toisesta, joita käydään sitten jälkikäteen tekemässä jopa useaan kertaan. Onnistuneessa tahtituotannossa tehtävät tulevat kerralla 100 % valmiiksi ja turhat käynnit kohteessa jäävät pois. Tämä tuo aikataulullista ja taloudellista säästöä kaikille hankkeeseen osallistuville.



kuva 25. Suunnittelun ja hankinnan valmistelu (Lehtovaara, ym., 2019, s. 27)

## 7.2 Logistiikka tahtituotannossa

Toimitusten ohjauksen tarkoitus on varmistaa materiaalien oikea-aikainen saaminen työmaalle pienin kustannuksin, oikea-aikaisesti ja varastoinnin kannalta tehokkaasti. Toimitusten ja logistiikan suunnittelu on aloitettava jo hankintavaiheessa ja sen on jatkettava rakennusprosessin läpi. Suora-toimituksien lisäksi vaihtoehtoina ovat erilaiset pientarvikevarastot työmaalle. (Rakennusteollisuus RT Ry; VTT; Mittaviiva Oy, 2009, s. 11)

Logistiikan ja materiaalivirtojen paremmalla hallinnalla on huomattu olevan suuri potentiaali hukan vähentämisessä. Työmaan materiaalivirtojen hallinnan ja hankinnan täytyy lähteä päivätason suunnitelmista joissa edellytykset tahtituotannon etenemiselle on löydetty. (Lehtovaara, ym., 2019, s. 27)

Työmaan sisäiseen logistiikkaan on paljon vaihtoehtoja. Monet yritykset tarjoavat erilaisia haalauspalveluita. Työmaan sisäiseen logistiikkaan voidaan vaikuttaa jo suunnittelu ja hankintavaiheessa erilaisilla ratkaisilla, esimerkiksi esivalmisteilla.

Toimituksien ohjaamisessa työmaan kannalta tärkeitä on tilata materiaalit sopivissa erissä oikeaan aikaan. Liian isot erät väärään aikaan aiheuttavat turhaa siirtelyä ja hukkaa. Myös toimittajan virheet tuotteissa ja toimituksissa aiheuttavat ongelmia tuotantoon. (Rakennusteollisuus RT Ry; VTT; Mittaviiva Oy, 2009, s. 4)

### 7.2.1 Just in time

oikea-aikaiset toimitukset ovat erittäin tärkeä osa tahtiaikatuotantoa. Ilman oikea-aikaisia materiaalitoimituksia tuotanto sakkaa tai tulee turhaa varastointia ja tavaran siirtelyä eli hukkaa. Materiaalien ja resurssien oikea-aikaisuus vaatii tarkkaa ennakkosuunnittelua ja tarkasti ohjattua hankintatoimea.

Just-in-time periaate on on TPS:n ja Leanin peruseriaatteita. Suomessa käytetään JOT ilmaisua, juuri oikeaan tarpeeseen. Periaatteena materiaalien valmistaminen ja siirtäminen vain oikeaan tarpeeseen. (Logistiikan maailma, 2019)

### 7.2.2 Logistiikkakeskus

Yhtenä ratkaisu vaihtoehtona logistiikan järjestämiseen ja oikea-aikaisiin toimituksiin voisi olla keskitetty logistiikkakeskus. Tämä toimisi välivarastona josta materiaaleja toimitettaisiin juuri oikeakokoisina erinä työmaalle juuri oikeaan aikaan. Logistiikkakeskuksen etuna olisi varsinkin pitkällä toimitusajalla olevien tuotteiden joutuisa toimitus loppukohteeseen sekä ostovolyymien tuoma hintaetu. Nykytilanteessa pitkällä toimitusajalla olevat

tuotteet tulevat työmaalle turhankin ajoissa ja suurina erinä koska halutaan varmistaa tuotteen saatavuus. Tämä aiheuttaa turhaa varastointia, materiaalin siirtelyä ja materiaalihukkaa sen rikkoutuessa. Tuotteiden standardoinnin myötä logistiikkakeskukseen voidaan hankkia perusmateriaaleja isoja eriä joita jakaa työmaille. Tämä tuo ostoetua koko yksikölle.

Sisävaiheen materiaaleja voitaisiin toimittaa kohteeseen päiväkohtaisina setteinä juuri oikeaan paikkaan. Keskeistä tämän kaltaisen logistiikan toteutuksessa on suunnittelun, työmaan ja logistiikkakeskuksen tiivis yhteistyö. Materiaalitulokset täytyy suunnitella hyvin yksityiskohtaisesti ja tarkasti koskien materiaalistauksia ja toimituspisteitä. tehtäväkohtaiset materiaalit tilattaisiin logistiikkakeskukseen, jossa niitä mahdollisesti vielä jaotellaan mestakohtaisiksi ja sitten toimitettaisiin työmaalle. Logistiikkakeskus mahdollistaa myös materiaalien palautuksen käyttämättömien materiaalien osalta. Kun materiaali ei jää työmaalle pilaantumaan materiaalihukka pienenee ja työmaalla on enemmän tilaa. Materiaalien jaottelu soveltuu erityisesti tehtäviin joissa tilaa on vähän ja materiaalit herkkiä, esimerkiksi laatoitus. Logistiikkakeskuksen ja jaottelun käyttö luo materiaalivirtaan vakautta ja tuo säästöjä materiaalisäästön, turhan logistiikan vähenemisen ja tuotannon nopeutumisen kautta. (Peltokorpi;Lavikka;& Tetik, 2019, s. 9)

### 7.2.3 Sisähaalaus

Asuinrakennuksen sisävaiheessa logistiikan määrä on iso. Asuntoihin pitää saada jaettua iso määrä herkästi särkyvää materiaalia kolhimatta paikkoja. Myös sisävaiheessa asuntoihin varastoitu tavara särkyä herkästi ja riski materiaalihukalle kasvaa mitä kauemmin materiaali seisoo paikallaan. Materiaalihankintaa tahtituotannossa kannattaakin tehdä pienissä asuntokohtaisissa erissä helpottaen työmaalla tehtävää haalausta.

Tahtituotannolla toteutettavan sisävaiheen logistiikan ohjauksessa on hyvä olla siitä vastaava henkilö ja oma haalausryhmä, joka on perehdytetty tehtäväänsä niin että materiaalit ovat oikeassa paikassa oikeaan aikaan ja ehjinä. Haalausryhmä logistiikkakeskukseen yhdistettynä luo pohjan oikea-aikaisille toimituksille ja selkeyttää työmaan logistiikkaa. Logistiikasta vastaava henkilö ohjaa haalausryhmää tahtiaikatauluun pohjautuvalla logistiikka-aikataululla. Logistiikka aikataulussakin kannattaa pyrkiä hyvään viisuuteen ja selkeyteen määrien ja paikkojen suhteen.

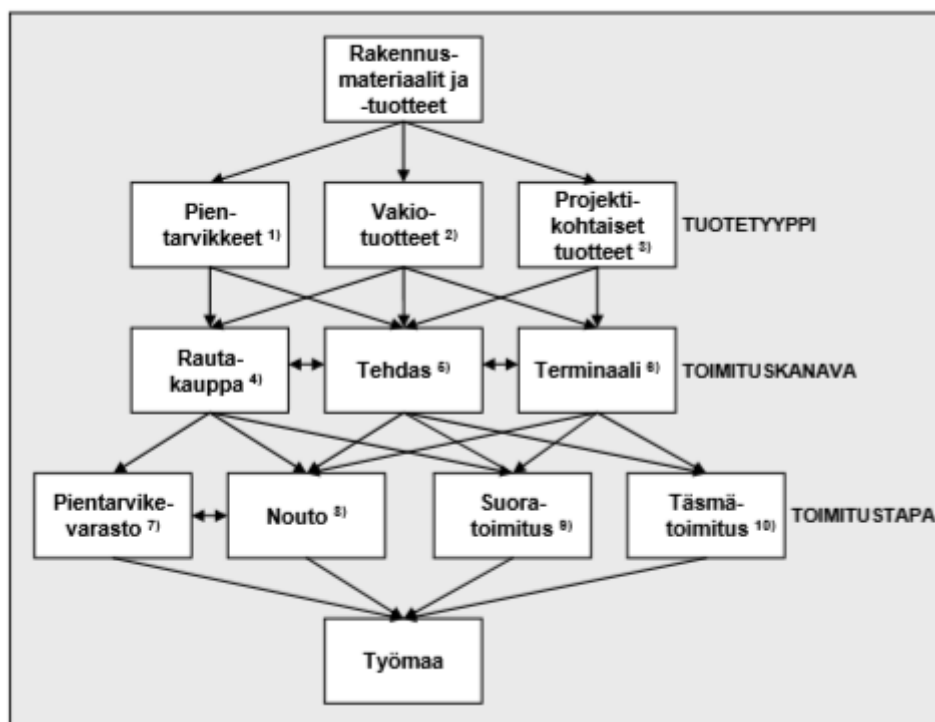
Sisävaiheen rakentamisesta syntyy paljon jätettä, kipsilevyistä pakkausjätteeseen. Lajitteita siis syntyy sisävaiheessa paljon. Jätehuollon pitää olla suunniteltua ja keskitetty tietyille ryhmälle, jotta mestat saadaan pidettyä kunnossa seuraavalle ryhmälle ettei tuotantona pysähdy. Jätteet olisikin viisain lajitella jo kerroksissa työvaiheen aikana jotta jätehuolto olisi mahdollisimman sujuvaa ja nopeata.



Sisävaiheessa tarvitaan myös paljon kalustoa, jota kuljetetaan miesvoimin. Työryhmä kuljettaa tarvittavia työkaluja mukanaan ja pysyville työpisteille esimerkiksi listoittajan sirkkelille on suunniteltava paikkansa kerroksessa. Kerroksissa on sisävaiheessa vielä lämmitys-, kuivaus-, ja kaidekalustoa, joka pitää pyrkiä suunnittelemaan mahdollisimman häiriöttömästi tahtituotantoa ajatellen. Väliaikaiset sähköt ja vedet on oltava helposti saatavilla ja poissa työn edestä koska kaikki häiriöt arvoa tuottavalle työlle on pyrittävä minimoimaan. Kalusto- ja väliaikaisten rakenteiden hallinta kannattaakin erotella tahtituotannosta omalle ryhmälle jotta häiriöitä tulee mahdollisimman vähän.

#### 7.2.4 Toimitusketju

Projektissa käytettävät tuotteet voidaan hankkia itse tai ne voivat kuulua aliurakkaan tai tuoteosatoimitukseen. Myös näissä tapauksissa urakoitsijan on osallistuttava toimitusten suunnitteluun ja valvontaan. (Rakennusteollisuus RT Ry; VTT; Mittaviiva Oy, 2009, s. 5)



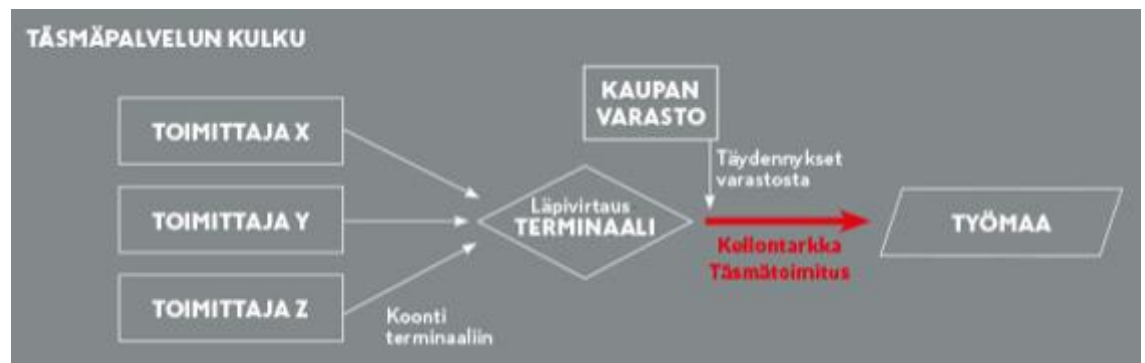
Kuva 26. Toimitusten jaottelu tuotetyypin, toimituskanavan ja toimitustavan mukaan (Rakennusteollisuus RT Ry; VTT; Mittaviiva Oy, 2009, s. 5)

Materiaalihankinnan voi jakaa ryhmiin:

- Pientarvikkeet ovat tuotteita joiden menekkiä ja toimitusajankohtaa ei yleensä suunnitella erityisen tarkasti.
- Vakiotuotteita ovat esimerkiksi välivet ja laatat.
- Projektikohtaiset tuotteet suunnitellaan ja valmistetaan juuri kyseiseen kohteeseen esimerkiksi kalusteet.

Toimitustavat ja pakkauskoot tulee suunnitella tarpeen mukaan. Tahtituotannon yhteydessä tulisi suosia mahdollisimman paljon täsmätoimituksia turhan varastoinnin välttämiseksi ja haalauksen minimoimiseksi. Täsmätoimituksien järjestäminen juuri oikeaan tarpeeseen pienissä erissä ei ole käytännössä mahdollista. Esimerkkinä vaikkapa pienen asunnon lamiinaatti. 20 neliön erän saaminen suoraan toimittajalta kohteeseen on vaikeata ja tuotteet otetaan isoissa erissä ja jaetaan työmaalla kohteisiin. Monet rakennustarvikeliikkeet tarjoavat täsmätoimituspalvelua minuuttitarkkuudella.

Täsmäpalvelujen etuina on ulkoistettu logistiikka joka toimii tarvittaessa vuorokauden ympäri. Täsmäpalvelu toimittaa tuotteet työmaalle haluttuun paikkaan sovitussa erissä. täsmäpalvelun avulla välivarastointi kulut pienenevät ja työmaan tilankäyttö paranee. Etua saadaan myös rahteja yhdistelemällä, näin pinennetään rahtikustannuksia ja vähennetään työmaaliikennettä. (K Rauta, 2019)



Kuva 27. Täsmätoimituksen kaavio (K Rauta, 2019)

## 8 HAASTATTELUT

Haastattelut suoritettiin kyselylomaketta käyttäen As Oy Porvoon Pakkarin työmaatoimistossa. Haastatteluun osallistui kolme toimihenkilöä ja yksi kokenut kirvesmies. Haastattelun tavoitteena oli selvittää mielipiteitä omasta työstä ja tahtituotannosta. Kysytyjä kysymyksiä oli neljä kappaletta.

Haastatteluissa kävi ilmi että tahtituotanto oli suurimmalle osalle käsitteenä tuttu mutta käytännön kokemusta siitä ei ollut yhdelläkään haastatelluista. Yhdellä haastatelluista oli koulutusta Leanista ja tahtituotannosta. Pääasiallinen mielipide tahtituotannon toiminnasta oli varovaisen positiivinen. Kaikkien mielestä tahtituotanto vaatisi laajaa koulutusta ja valmennusta kaikille osapuolille. Tarvittaisiin myös täysin vakio työporukka jonka kanssa tehdä ja kehittää toimintaa. Myös erittäin tarkkaa ennakkosuunnittelua ja hyvää motivointia korostettiin. Ongelmiksi koettiin

porukan vaihtuvuus ja koulutuksen puute. (Romppanen;Forsblom;Huovinen;& Linden, 2019)

Haastateltujen mielipide aliurakoitsijoiden ja työn toteuttajien käyttämisestä tuotannon suunnitteluun oli yhtenevä. Tuli ilmi että tekijöitä pitäisi osallistaa ongelmien poistamiseen jo ennen suunnitteluvaihetta ja heidän osaamistaan käyttää hyväksi koko prosessin ajan. (Romppanen;Forsblom;Huovinen;& Linden, 2019)

Viimeisenä kysyttiin mitä ongelmia näet työsi etenemiselle valmistumiselle? Ongelmia löydettiin suunnittelusta, ammattitaidon puutteesta, aikataulusta ja yhteispeleistä. Suunnitteluvirheet saattavat pysäyttää työn tai estää sen lopullisen valmistumisen. Liian tiukat aikataulut koettiin ongelmaksi varsinkin jos edellisen työvaiheen urakoitsijat myöhästelevät. Yhteispeliä tarvitaan kaikissa tilanteissa kaikkien tekijöiden kesken. (Romppanen;Forsblom;Huovinen;& Linden. haastattelu (2019)

## 9 YHTEENVETO

Toimiva tahtituotanto on monen tekijän summa, joka vaatii erityisen tarkkaa ennakkosuunnittelua ja avointa yhteispeliä kaikkien tekijöiden kesken. Uutena asiana sillä on luonnollisesti olemassa vastarintaa mutta toisaalta rakennusala kaipaa muutosta kiristyvässä kilpailutilanteessa ja uusia tapoja tuotantoon on kehitettävä. Myös pehmeämmät johtamiskeinot ja tekijöiden osallistaminen tuotannon suunnitteluun ovat löytäneet paikkansa rakennusosalta jo laajalti.

Tahtituotanto kaikkienensä tähtää tarkkaan ennakkosuunnitteluun ja ennakoitavaan tuotantoon samalla pyrkimyksenä poistaa hukkaa ja lyhentää läpimenoaikaa. Tahtituotannon ehdottomia etuja on etenkin että se ajaa väkisin tarkkaan ja laadukkaaseen ennakkosuunnitteluun ja siten miettimään tuotannon toimintaa kellontarkasti. Tämä tarkentaa taloutta ja aikataulua sekä parantaa laatua ja työturvallisuutta kun asiat on mietitty läpi. Tuotannon läpinäkyvyys hankintavaiheesta valmiiksi tuotteeksi helpottaa kaikkien osapuolien toimintaa parantaen työmaan ilmapiiriä. Tahtituotanto ei siis ole pelkästään aikatauluja vaan osa Lean-filosofian johtamistapaa jossa avoimuus ja kaikkien osapuolien kuunteleminen tehostaa tuotantoa poistamalla hukkaa ja nopeuttamalla ongelmiin reagoimista.

Tahtituotannon suunnitteleminen ja järjestäminen täytyy ehdottomasti alkaa jo hankintavaiheesta jotta kaikki aliurakoitsijat ja toimittajat saadaan luotettavasti ja suunnitellusti mukaan tahtituotantoon. Tahtituotanto vaatii urakoitsijoilta muutoksia työtapoihin, viestintään ja resursseihin. Tuotannon avoimuus ja yhdessä suunnittelu on pitkäaikaisessa yhteistyössä kaikkien etu. Tahtituotannon onnistuminen vaatii sitoutumista kaikilta hankkeeseen osallistuvilta tahoilta.

Tutkimani mukaan sisävaiheen läpimenoaika pystytään tahtituotannolla lyhentämään merkittävästi jopa puolittamaan. Vaikka itse tahtiaikataulu ei sellaisenaan toimisikaan niin etuja saadaan hyvin suunnitelluista tehtävistä joka on omiaan parantamaan hankkeen taloutta ja laatua.

Tahtiaikataulun suunnitteluun ja ongelmien ratkaisuun kannattaa käyttää aikaa. Tahtiaikataulu on hyvin haavoittuvainen systeemi jos esteisiin ei ole varauduttu. Vaikka tahtituotannon tavoitteena on poistaa hukkaa ja aikataulupuskureita niin inhimillisistä syistä, esimerkiksi sairastumiset on tahtiaikatauluunkin varauduttava esteille. Koska korvaavien resurssien saaminen paikalle heti mukaan tahtiin on käytännössä mahdotonta, on haasteisiin varauduttava aikataulupuskureilla.

## LÄHTEET

Arrow engineering (2016). Lean-filosofian 7+1 tuottamatonta *toimintoa*. Haettu 17.9.2019 osoitteesta <https://blogi.arroweng.fi/lean-filosofian-71-tuottamatonta-toimintoa>

Consulting Teconomark Oy (2019). Teconomark.fi. haettu 15.10.2019 osoitteesta Teconomark.fi Lean ja logistiikka - Standard Work: <http://www.teconomark.fi/index.php/lean-ja-logistiikka?start=3>

Fira (2019). Bim perusteinen big-room prosessi suunnittelussa. (P. Sakari, Tuottaja) Haettu 10.9.2019 osoitteesta [http://ril.easypage.fi/media/files/tapahtumat/tietomallit\\_sakari-pesonen.pdf](http://ril.easypage.fi/media/files/tapahtumat/tietomallit_sakari-pesonen.pdf)

Haapasalo, L. & Merikallio, H. (2009). Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohteet kiinteistö- ja rakennusalalla. Rakennusteollisuus; LCI Finland. Haettu 2.10.2019 osoitteesta [http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20\(2009\)%20Projektituotantojärjestelmän%20strategiset%20kehittämiskohdet%20kiinteistö-%20ja%20rakennusalalla.pdf](http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20(2009)%20Projektituotantojärjestelmän%20strategiset%20kehittämiskohdet%20kiinteistö-%20ja%20rakennusalalla.pdf)

Heinonen, A. & Hämäläinen, R. (2019). Tahtituotanto-workshop. Tahtituotanto-workshop materiaali (s. 105). Helsinki: YIT SUOMI OY. Haettu 7.11.2019 osoitteesta <https://yitgroup.sharepoint.com/sites/g-Fl-bothn-123/folders/Tuotanto/Aikataulut/Tahtiaikataulu%20-%202007-10%20Rakentaminen/Tahtivalmennus%203.6.2019%20LCI%20kongressi.pdf#search=tahtituotanto%20workshop>

K Rauta (29. 10 2019). Täsmäpalvelu. Haettu 29.10.2019 osoitteesta <https://www.k-rautamalmi.fi/palvelut/tasmapalvelu>

Lange, A. (2016). *Lean Construction*. Hamburg: Impressum.

Lean construction Institute (2015). Tahtiaikatuotanto uudistaa tuotannonohjauksen. Haettu 26.9.2019 osoitteesta <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuotanto/>

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Heinonen, A., Tomunen, L., Kulta, I., Kujansuu, P. & Grönvall, M. (2019). Building 2030 - Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti. Helsinki: Aalto-yliopisto. Haettu 28.10.2019 osoitteesta [https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-02/building\\_2030\\_tahti\\_suunnittelussa\\_ja\\_tuotannossa\\_loppuraportti\\_2.1.201.pdf](https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-02/building_2030_tahti_suunnittelussa_ja_tuotannossa_loppuraportti_2.1.201.pdf)

Logistiikan maailma (2019). Logistiikan maailma. Haettu 11.9.2019 osoitteesta JIT (Just-in-time) ja imuohjaus: <http://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>

Lohilahti, O. (2017). Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko allianssista tai leanista apua? *Rakennuslehti*. Haettu 4.10.2019 osoitteesta <https://www.rakennuslehti.fi/2017/09/rakennusalalla-tyon-tuottavuus-ei-ole-kasvanut-40-vuodessa-onko-allianssista-tai-leanista-apua/>

Mflow (2016). Kahdeksan hukkaa. haettu 20.10.2019 osoitteesta <https://mflow.fi/kahdeksan-hukkaa/>

Peltokorpi, A., Lavikka, R. & Tetik, M. (2019). Rakentamisen logistiikkaratkaisut. Helsinki: Aalto-yliopisto. Haettu 28.10.2019 osoitteesta [https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-10/loppuraportti\\_rakentamisen\\_logistiikkaratkaisut\\_23.10.2019.pdf](https://www.aalto.fi/sites/g/files/flghsv161/files/2019-10/loppuraportti_rakentamisen_logistiikkaratkaisut_23.10.2019.pdf)

Rakennusteollisuus RT Ry; VTT; Mittaviiva Oy (2009). Rakennustyömaan toimitusten ohjaus Helsinki: VTT. Haettu 24.9.2019 osoitteesta [https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2009/Rakennustyomaan\\_toimitusten\\_ohjaus\\_091116.pdf](https://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2009/Rakennustyomaan_toimitusten_ohjaus_091116.pdf)

Rakennustieto (2016). aikataulukirja 2016. A. Koskenvesa., Kivimäki, C., Mäki, T. & Sahlstedt, S. *aikataulukirja 2016* Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS.

Rakennustieto (2019). Last Planner – toimiva tuotannonohjaus työmaalla. haettu 24.10.2019 osoitteesta <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040502.pdf>  
Sahlstedt, S. & Koskenvesa, A. (2017). Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Helsinki: Talonrakennusteollisuus ry ja Rakennustietosäätiö RTS sr.

Theis, P. (2017). Takt Planning in Building Construction. LCM® Takt Planning in Building Construction. Berkeley: Drees&Sommer. Haettu 24.10.2019 osoitteesta <http://p2sl.berkeley.edu/wp-content/uploads/2017/08/Theis-2017-09-2627-Takt-Planning-in-Building-Construction-P2SL-LCM-170922.pdf>

Tommelein, I. D. (2017). Takt Planning using Work Density. Takt Planning using Work Density. Berkeley: University of California, Berkeley, USA. Haettu 25.10.2019 osoitteesta <http://p2sl.berkeley.edu/wp-content/uploads/2017/08/Tommelein-2017-09-27-Takt-Planning-with-Work-Density-Method.pdf>

Vesilahti, K. (2018). Tuotannon työmenetelmien, työtapojen ja työn organisoinnin kehittäminen. Helsinki: Palkkataito Oy. Haettu 2.10.2019 osoitteesta <https://www.tsr.fi/documents/20181/860652/117411-loppuraportti-Miilux+Oy+menetelmäkehityksen+loppuraportti+julkaistavaksi+rahoittajalle.pdf>

Viljamaa, K. (2018). Lapwall. Haettu 2.10.2019 osoitteesta <https://www.lapwall.fi/rakentaminen-siirtyy-tyomailta-tehtaisiin-oletteko-valmiita-muutokseen/>

YIT (2018). As Oy Pakkarin ARK suunnitelmat.

YIT (2019). YIT tietoa YITistä. Haettu 22.11.2019 osoitteesta YIT tietoa YITistä: <https://www.yitgroup.com/fi/tietoa-yitsta>

## HAASTATTELUT

Romppanen, H (2019) vastaava työnjohtaja YIT Suomi Oy. Haastattelu 19.11.2019.

Forsblom, O (2019) työnjohtaja YIT Suomi Oy. Haastattelu 19.11.2019.

Huovinen, J (2019) kirvesmies YIT Suomi Oy. Haastattelu 19.11.2019.

Linden, S. (2019) työnjohtaja Espoon elementtiasennus Oy. Haastattelu 19.11.2019.