



**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# TAHTITUOTANTOSUUNNITTELU KERROSTALON SISÄVALMISTUSVAIHEESSA

TEKIJÄ: Aino Tissari

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Rakennusmestarin tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä Aino Tissari	
Työn nimi Tahtituotantos suunnittelu kerrostalon sisävalmistusvaiheessa	
Päiväys 18.11.2020	Sivumäärä/Liitteet 39/6
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Skanska Talonrakennus Kuopio	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä tahtiaikataulu valmiin rakennushankkeen sisävalmistusvaiheeseen ja vertailla sitä kohteen rakentamisvaihe aikatauluun. Kohteena toimi Hatsalankatu 37 toimisto- ja asuinrakennus, ja opinnäytetyö käsitteli asunto-osan sisävalmistusvaihetta. Opinnäytetyön tilaajana toimi Skanska Talonrakennus Oy ja toimeksiantajana toimi Niko Nousiainen ja Juho Eronen.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin Lean-ajatteluun, Last Planner -tuotannonohjaukseen ja tahtituotantos suunnitteluun. Näiden pohjalta laadittiin kohteen tahtiaikataulu, jota vertailtiin rakentamisvaihe aikatauluun. Opinnäytetyössä käsiteltiin lisäksi hieman tahtituotantoa modulaarirakentamisessa, sekä Fira Sitedrive -ohjelmiston käyttöä tuotannonohjauksen apuna. Tahtiaikataulun perustana käytettiin laskettuja määriä kohteesta, sekä Rakennustöiden menekit 2020 -kirjaa sekä Aikataulukirja 2016 -kirjaa, sekä Vico Schedule Planner -ohjelmalla tehtyä aikataulua. Opinnäytetyön aikana tehtiin määrälaskentaa ja sitä myötä aikataulusuunnittelua ja töiden tahdistusta työryhmiä muokkaamalla.</p> <p>Opinnäytetyön tuotoksena tehtiin tahtiaikataulu kaksirappuiseen viisikerroksiseen asuintaloon, jossa asuntoja oli yhteensä 37. Tahtiaikataulua vertailtiin rakentamisvaihe aikatauluun, ja tahtiaikataululla saavutettiin teoriassa kahden viikon aikatauluetu. Kahden viikon aikatauluetu tarkoittaa huomattavaa rahallista hyötyä, mutta tahtiaikataulua ei päästy toteuttamaan käytännössä, joten ei tiedetä olisiko kahden viikon aikatauluetu ollut käytännössä toteutettavissa. Opinnäytetyölle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin ja yhteistyö tilaajan ja opinnäytetyön ohjaajan kanssa sujui hyvin.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>Tahtiaikataulu, tahtituotanto, aikataulusuunnittelu, aikataulu, Lean-ajattelu, Last Planner, resurssitehokkuus, virtaustehokkuus, tuotannonohjaus</p>	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Construction Management	
Author Aino Tissari	
Title of Thesis Planning takt production at the indoor manufacturing stage of an apartment building	
Date <i>18 November 2020</i>	Pages/Appendices 39/6
Client Organisation /Partners Skanska Talonrakennus Kuopio	
<p>Abstract</p> <p>The objective of the final project was to make a takt schedule to internal building works for a finished building and to compare it with the construction phase schedule of the project. The site was an office and residential building in Hatsalankatu 37 and the project focused on internal building works. The project was commissioned by Skanska Talonrakennus Kuopio and as the clients were Niko Nousiainen and Juho Eronen.</p> <p>In the final project, <i>Lean-production, Last Planner</i> - production management and takt production planning were investigated. Takt schedule of the site was drawn up based on them and compared with the construction phase schedule. Takt production planning in modular construction and the use of <i>Fira Sitedrive</i> - browser program as a schedule monitoring tool were also discussed. Calculated quantities, <i>Rakennustöiden menokit 2020</i> -book, <i>Aikataulukirja 2016</i> -book and the schedule made with <i>Vico Schedule Planner</i> was used as the base of the takt schedule planning. In the course of the project quantity surveying, schedule planning and work timing based to the quantities were made.</p> <p>As an outcome of the thesis, takt schedule for a five-storey building with two staircases and 37 apartments was made. Takt schedule was compared to the construction phase schedule and theoretically two weeks of scheduling advantage was achieved with the takt time, which in theory means a considerable financial benefit. However, it was not possible to use the takt schedule in practice and therefore it is not clear whether the scheduling advantage would be reached.</p>	
<p>Keywords</p> <p>takt schedule, takt production, scheduling, schedule, lean production, Last Planner - production management, resource efficiency, flow efficiency, production management</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
2	TAHTITUOTANTO RAKENTAMISESSA.....	8
2.1	Tahtituotannon periaatteet.....	8
2.2	Resurssitehokkuus vs. virtaustehokkuus .....	9
2.3	Tahtiaikasuunnittelu .....	10
2.4	Tahtituotannon suunnittelun vaiheet .....	12
3	RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUT.....	14
3.1	Hanke-aikataulu .....	14
3.2	Yleisaikataulu .....	15
3.3	Rakentamisvaiheaikataulu .....	16
3.4	Viikkoaikataulu .....	17
4	AIKATAULUJEN ESITYSMUODOT .....	18
4.1	Paikka-aikakaavio .....	18
4.2	Tuotantokaavio.....	19
4.3	Jana-aikataulu .....	20
4.4	Valvontavinjetti.....	21
5	LEAN RAKENNUSTUOTANNOSSA .....	22
5.1	Lean historia .....	23
5.2	Last Planner tuotannonohjaus .....	24
6	TAHTIAIKATAULU JA MODULAARINEN RAKENTAMINEN .....	26
7	TAHTIAIKATAULUN LUOMINEN .....	28
7.1	Kohteen esittely.....	28
7.2	Työvaiheiden järjestys ja kestot.....	28
7.3	Lohkojako .....	29
7.4	Tahdin määrittäminen ja työvaiheiden tasaus.....	29
7.5	Aikataulun luominen.....	30
8	TAHTIAIKATAULUN VERTAILU RAKENNUSVAIHEAIKATAULUUN .....	32
9	FIRA SITEDRIVE -OHJELMISTO TAHTITUOTANNON OHJAUKSESSA.....	35
10	YHTEENVETO.....	37
11	POHDINTA.....	38
	LÄHTEET .....	39

LIITE 1: VALMIS TAHTIAIKATAULU.....	40
LIITE 2: MÄÄRÄLASKENTA .....	41
LIITE 3: VICO SHEDULE PLANNERILLA TEHTY AIKATAULU.....	42
LIITE 4: TUOTANTOJUNAT JA TYÖJÄRJESTYKSET .....	43
LIITE 5: FIRA SITEDRIVELLA TEHTY AIKATAULU.....	44
LIITE 6: LOHKOJAKO.....	45

## KUVALUETTELO

KUVA 1 (Tissari 2020) .....	10
KUVA 2. Aikataulun ja laadun seuranta tilaisuus (Skanska) .....	11
KUVA 3. Esimerkki porrastetusta (Skanska).....	12
KUVA 4. Esimerkki eri urakamuotojen hankeajankalusta (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 41).....	14
KUVA 5. Esimerkki viiden kerrostalon alustavasta yleisaikataulusta jana-aikatauluna (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 44) .....	15
KUVA 6. Ajallisen suunnittelun kulku (Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2015, 20) .....	15
KUVA 7. Paikka-aikakaavion toimintaperiaate (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 25.) .....	18
KUVA 8. Tuotantoaika- ja valvontakaavio esimerkkejä ( Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.) .....	19
KUVA 9. Yhden tehtävän valvontaa tuotantokaavion avulla (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.) .....	20
KUVA 10. Esimerkki jana-aikataulusta (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 21.).....	20
KUVA 11. Matrisimuotoisessa valvontavainjennissä hyödynnetty myös värejä (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus,30.).....	21
KUVA 12. aluesuunnitelmaan tehty valvontavainjenti (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 30.) .....	21
KUVA 13. Lean ajattelun periaatteet (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 10.).....	22
KUVA 14. Lean filosofian historia (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 14.) ....	23
KUVA 15. Esimerkki kuiluasenteisen kylpyhuonemuodulin asennuksesta (Firamodules.com).....	26
KUVA 16. Työmenekien ja työntekijätuntien laskentataulu esimerkki (Tissari 2020) .....	28
KUVA 17 Asuntojen lohkojako pohjakuvassa (Tissari 2020).....	29
KUVA 18 Huoneistojen kuiva- ja märkätilojen tuotantojuna (Tissari 2020) .....	30
KUVA 19 Kohteen tahdistettu paikka-aikakaavio (Tissari 2020).....	30
KUVA 20 Kohteen aikataulun osa jana- ja valvontakaavion muodossa (Tissari 2020).....	31
KUVA 21. Kuva kohteen rakentamisaikataulusta 1/2 (Tissari 2020) (CC BY) .....	32

KUVA 22. Kuva kohteen rakentamisvaiheaikataulusta 2/2 (Tissari 2020) .....	33
KUVA 23. Kohteesen tehty valmis tahtiaikataulu (Tissari 2020) .....	34
KUVA 24. Fira Sitedrivella tehty aikataulu (Tissari 2020) .....	36
KUVA 25. Fira Sitedrivella tehty aikataulu viikkonäkymässä yhden tehtävän osalta (Tissari 2020) .....	36

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla meneillään olevan rakennushankkeen sisävalmistusvaiheen rakentamisvaihe aikataulua ja tehdä kohteeseen vertailutiedoksi tahtiaikataulu. Lisäksi tavoitteena on tutkia voisiko tahtiaikataululla saavuttaa merkittävää aikatauluhyötyä. Tutkitaan myös soveltuisko tahtiaikataulu tämän tyyppiseen rakennukseen ja mihin rakennusvaiheeseen sitä olisi järkevintä soveltaa.

Tahtiaikataulun laatimisen perustana kohde jaetaan samankokoisiin lohkoihin ja määritellään työvaiheet. Seuraavaksi työvaiheet tahdistetaan lohkoittain hitaimman työvaiheen mukaan. Teoriassa hyvin suunniteltu ja johdettu tahtiaikataulu lyhentää rakentamisaikaa ja parantaa rakentamisen laatua. Tahtiaikataulun haasteita ovat aliurakoitsijoiden motivointi tahtituotannon vaatimuksiin sekä sujuvan työn edellytyksien luominen. Tahtiaikataulun avainasemassa on suunnittelu, johon aliurakoitsijat osallistutetaan mukaan.

Tilajana toimii Skanska Talonrakennus Oy Kuopio ja toimeksiantajana Niko Nousiainen, työpäällikkö ja 1. ohjaajana työmaan puolelta Juho Eronen, vastaava työnjohtaja. Aihe opinnäytetyöhön tuli tilaajalta ja opinnäytetyön aihe on ajankohtainen rakennustuotannossa. Kohteena on Hatsalankatu 37 toimisto- ja asuinrakennus, jonka asunto-osan sisävalmistusvaihetta seurataan opinnäytetyössä.

Työssä laaditaan tahtiaikataulu olemassa olevalle kohteelle ja vertaillaan sitä kohteen rakentamisvaihe aikatauluun. Ennen tahtiaikataulun laadintaa lasketaan määrät ja sitä kautta menekit ja työntekijätunnit töille ja tahdistetaan ne toisiinsa nähden saman pituisiksi. Apuna käytetään Rakennustöiden menekit 2020 -kirjaa sekä Aikataulukirja 2016 -kirjaa. Laskut tehdään Excel-ohjelmalla ja siirretään Vico Shedule Planner -ohjelmaan sekä tahtiaikataulu Exceliin.

## 2 TAHTITUOTANTO RAKENTAMISESSA

### 2.1 Tahtituotannon periaatteet

Lean tuotannon peruskäsitteisiin liittyvä tahtiaikataulu kuvaa yksittäisten työvaiheiden kestoja virtausperiaatteeseen perustuvassa tuotannossa. Tahtiaikataulussa määritetty virtaus saadaan aikaan mitoittamalla työvaiheet toistensa kanssa samanpituisiksi ja välittömästi toisiaan seuraaviksi. Samaa pyritään tämän hetken rakentamisessa paikka-aika kaaviolla, jossa työvaiheiden eteneminen tasautetaan toisiinsa nähden, ja pyritään tasaamaan kulmakertoimet aikataulussa. Käytännössä työnsuunnittelu on vielä kuitenkin ylimalkaista ja aikataulun sisältämät puskurajat, ja tuotannon vaihtelu estävät tahtituotannon toteutumisen. Tahtiaikataulussa juuri nämä puskurajat on minimoitu ja tuotanto pyritään vakiinnuttamaan häiriöiden poistamiseksi. Teollisuudesta lähtöisin olevat tahtituotanto ja Lean-johtamistyökalut ovat lupaavia työkaluja myös rakentamiseen ja tarjoaa mahdollisuuden uudistaa nykyisiä tuotannonohjauksen periaatteita. (Lean Construction Institute Finland 2015.)

Tahtituotanto on yksi osa tehdasmaailmasta tuttua Lean-filosofiaa ja tuotantotapaa, jossa rakentamisen työvaiheet pyritään tasapainottamaan ja suunnittelemaan työpaketit saman kestoiseksi. Samanpituisia tehtäviä on helpompi hallita ja tekeminen on ennakoitavampaa. Ihannetilanteessa koko tuotanto etenee saman tahdin mukaisesti. Tahtituotannon avainsana on ennakkosuunnittelu ja kaikkia osapuolia haastetaankin suunnittelemaan työt mahdollisimman huolellisesti etukäteen tiiviissä vuorovaikutuksessa eri toimijoiden kanssa. Tällainen yhdessä toimiminen ja aikataulusuunnittelu pakottaa miettimään ongelmakohtia ja niiden ratkaisuja jo ennen kuin työt on aloitettu. Lisäksi aikataulutus auttaa tarkastelemaan kokonaisuutta tuotannon sujuvuuden ja töiden jatkumon kannalta, eikä pelkästään parhaan resurssitehokkuuden näkökulmasta. (Fira sitedrive, onnistu tahtiajalla opas, julkaisuaika tuntematon.)

Tahtiaikataulun edut Lean Construction Institutun mukaan ovat seuraavat:

- Hyvin suunniteltuna lyhentää rakennusvaiheen läpimenoaikaa.
- Helppo seurata eteneekö työt tahdissa.
- On visuaalinen työkalu tuotannon ohjaukseen.
- Helpottaa ongelmiin puuttumista heti niiden huomattua.
- Aikataulun läpinäkyvyys ja tavoitteet ovat selkeitä kaikille.
- Parantaa tuottavuutta ja vähentää hukkaa.
- Osallistuttaa urakoitsijat suunnitteluun.
- Suunnittelu on läpinäkyvää.
- Ongelmat pystytään havaitsemaan jo suunnitteluvaiheessa.

Korjaus- ja saneerauskohteissa on lisäksi paljon sellaisia työvaiheita, joissa uudisrakentamisen tapaan on paljon toistuvuutta. Putkiremontit, saneeraukset ja myös hotellit ovat sellaisia kohteita, joihin voidaan soveltaa Lean-tuotannon tahtiperiaatetta. Mitoittamalla tarkkaan kohteen työvaiheet ja tekemällä niistä ”tuotantojuna”, työ etenee ja työvaiheet seuraavat toisiaan kuin junan vaunut. (Lean Construction Institute Finland.)



Tahtiaikataulun haasteet Lean Construction Institutun mukaan ovat

- tiukat urakoitsija- ja ammattikuntarajat
- aliurakoitsijoiden sitoutuminen ja sitouttaminen
- muuttuvat olosuhteet ja häiriöt tahdissa pysymisessä
- resurssien vaihtelevuus
- varamestojen järjestäminen
- kuivumisajat
- jatkuva seuranta ja häiriöiden poisto

## 2.2 Resurssitehokkuus vs. virtaustehokkuus

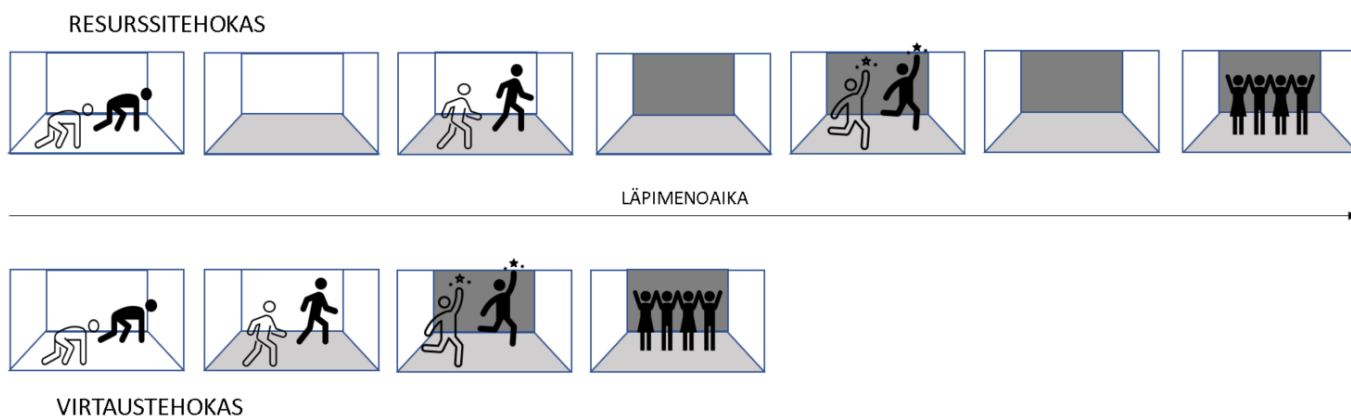
### Resurssitehokkuus

Resurssitehokkuuden näkökulmasta jokainen keskittyy oman tehokkuutensa maksimointiin. Resurssitehokkuus on perinteisin muoto tarkastellessa tehokkuutta. Teollisuudessa on yli kahden vuosisadan ajan pyritty parantamaan resurssien hyödyntämistehokkuutta. Kehityksen periaatteena tehtävät pilkotaan pienempiin osiin ja osien toteutus annetaan eri organisaatioiden tai ihmisten toteutettavaksi. Resurssitehokkuus ajattelussa huomio kiinnittyy tuotteen tai palvelun tuottamiseen tarvittavat resurssit kuten henkilöstöön, toimitiloihin, koneisiin, työkaluihin, tietokoneisiin ja liiketoimintajärjestelmiin. Resurssitehokkuuden näkökulmasta jokainen tekee koko ajan töitä ja ajatellessa työtä resurssitehokkaasti työ voi odottaa tekijäänsä. (Modig & Åhlström 2013, 9.)

### Virtaustehokkuus

Virtaustehokkaassa työskentelyssä keskitytään asiakkaan kokeman arvon maksimointiin. Taustalla virtaustehokkuudessa on kaksi tärkeää ulottuvuutta arvo ja tarve. Virtaustehokkuutta tarkastellessa huomio kohdistuu organisaatiossa jalostettavaan yksikköön. Teollisuudessa yksiköitä ovat jalostettavat tuotteet, jota jalostetaan erilaisia materiaaleja käyttämällä. Tässä tehokkuuden lajissa päähuomio on yksikkö joka "virtaa" organisaation läpi. Virtaustehokkuus ja sen seuranta on jatkuvaa ja se mittaa virtausyksikön jalostumista tietyn ajan puitteissa. Tarkastellessa tuotantoa virtaustehokkuuden näkökulmasta, arvo määräytyy sen ajan mukaan, jona virtausyksikkö saa arvoa. Organisaatio tasolla virtaustehokkuus osoittaa, miten hyvin organisaatio jalostaa virtausyksiköitään ja saavatko yksiköt arvoa vai ovatko ne "tyhjän panttina". Ajatellessa työtä virtaustehokkaasti tekijä voi odottaa työtä. (Modig & Åhlström 2013, 13.)

Tahtituotannossa keskitytään nimenomaan virtaustehokkuuteen ja pyritään siihen, että virtausyksikkö eli rakentamisessa rakennettava kohde ja vielä tarkemmin lohko saa mahdollisimman paljon arvoa ja tila on jatkuvasti käytössä, eikä odota tyhjiillään. Tähän perustuu pitkälti tahtiaikataulutus, jossa työvaiheet tasataan toistensa kanssa samanpituisiksi kokonaisuuksiksi ja ne etenevät lohokosta toiseen niin, että tila on mahdollisimman tehokkaasti käytössä.



KUVA 1 (Tissari 2020)

### 2.3 Tahtiaikasuunnittelu

Tahtiaikasuunnittelussa tuotannonsuunnittelu viedään nykyistä tarkemmalle tasolle ja tuotantoa ohjataan jatkuvasti työmaan sisäisen viestinnän sekä visuaalisten menetelmien avulla. Ensisijaisesti tavoitteena on saavuttaa tasainen ja ennakoiva tuotantotahti, joka toteutuessaan mahdollistaa myös tarkan logistiikan sekä toimitusten suunnittelun, joka vähentää varastointitarvetta, ja tavaran liikutteluun kuluva-aikaa. Näillä toimenpiteillä poistetaan hukkaa ja parannetaan tuottavuutta, kun käytettävä aika ja energia pyritään suuntaamaan tahdistavan työn suorittamiseen. Tuotannon jatkuvalla tarkkailulla ja parantamisella pyritään poistamaan pullonkauloja ja tätä kautta lyhentämään läpimenoaika. (Lean Construction Institute Finland.)

Tahtiaikataulun suunnittelu lähtee työkuormien laskennasta ja sen määräyksestä, mitä kunkin kokonaisuuden toteutukseen kuluu aikaa. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää tunnistaa päätehtävien lisäksi myös tahtialueella tapahtuvat avustavat työt. Kun tehtävät on määritetty, pystytään tahtiaika suunnittelemaan mahdollisimman todenmukaiseksi. Suunnitteluvaiheessa on hyvä vielä tarkistaa huolellisesti työkuormien yhtenäinen koko ja pilkkoa isommat kokonaisuudet pienemmiksi, jos työkuorma on liian suuri. Urakoitsijat on syytä osallistuttaa mukaan työkuormien suunnitteluun ja sitouttaa heidät toimimaan yhteisten tavoitteiden mukaisesti. Urakoitsijoiden osallistuminen aikataulusuunnitteluun varmistaa sen, että suunnitelmat on mahdollisimman pitkälle vietyjä ja päällekkäisyyksiltä välttytään. Suunnitteluvaiheessa on myös tärkeä miettiä, miten ja millä työkaluilla reagoidaan poikkeamiin ja miten aikataulu otetaan tarvittaessa kiinni. Työkaluja poikkeamien hallintaan on olemassa paljon ja niiden nopea käyttöönotto arjessa vaatii harjoittelua, siksi on tärkeää että nämä työkalut olisivat kaikkien tiedossa jo hankkeeseen ryhdyttäessä. (Fira sitedrive, julkaisuaika tuntematon.) Kuvassa 2 tulostettu tahtiaikataulu seinällä ja käynnissä aikataulun ja laadun seuranta tilaisuus.



KUVA 2. Aikataulun ja laadun seuranta tilaisuus (Skanska)

### Sopimukset

Jotta työt lähtevät käyntiin halutulla tavalla, on tehtävä yhteistyökumppaneiden kanssa sopimukset aikatauluun perustuen ja sitoutettava heidät jo suunnitteluvaiheessa mukaan. Pidetään aikataulu-neuvotteluja yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa ja tehdään tavoitteet kaikille selkeiksi ja sitoudutaan yhteisiin toimintatapoihin. Yhteistyöllä ja yhteisellä suunnittelulla saadaan tahtiajan edut, parhaat opit ja neuvot jaettua projektiin osallistuvien kesken. (Fira sitedrive, julkaisuaika tuntematon.)

### Toteutus ja seuranta

Tahtiaikataulu vaatii jatkuvaa työn seuranta ja työkuormia tulee seurata koko ajan hankkeen edetessä. Kuormia voi tasapainottaa ajan kuluessa, siksi vuorovaikutus ja johtamistavat ja -taidot ovat tärkeässä roolissa. Hankkeen suunnitteluvaiheessa mietityt työkalut aikataulun poikkeamien hallintaan ja työkuormien tasaamiseen tulee olla kaikilla tiedossa. Lisäksi kaikkien osapuolten tiedossa tulisi olla yhteiset työkalut ja rutiinit muun muassa vaunujen tahdistamiseen, etenemisjärjestyksen muuttamiseen, resurssien ja puskurien lisäämiseen sekä mahdollisten ongelma-asuntojen eriyttämiseen tahtiajan piiristä. Lisäksi on tärkeää määrittää aika, jossa ongelmiin ja poikkeamiin tullaan reagoimaan. Yleensä poikkeamiin reagoidaan tahdin pituuden mukaan, tahdin ollessa neljä tuntia, ongelman ratkaisemiseen on neljä tuntia aikaa. Poikkeamista tulee pystyä ilmoittamaan helposti ja ajantasaisesti. Kun tieto liikkuu nopeasti työmaalta toimistolle ja toisinpäin pystytään ongelmat ratkomaan sovituksessa ajassa. Tahtituotannossa ongelmat tulevat nopeasti esille ja ne on pakko ratkaista tehokkaasti, jotta tahti ei häiriintyisi. Tehtäville tulee suunnitella rauhallinen aloitus ja varmistaa, että työn edellytykset toteutuvat. Aikataulussa on myös syytä huomioida puskurit, jotka antavat aikaa mahdollisten ongelmien ratkaisuun. Puskureihin voi sisällyttää siivous-/raivaustöitä, tarkistus-

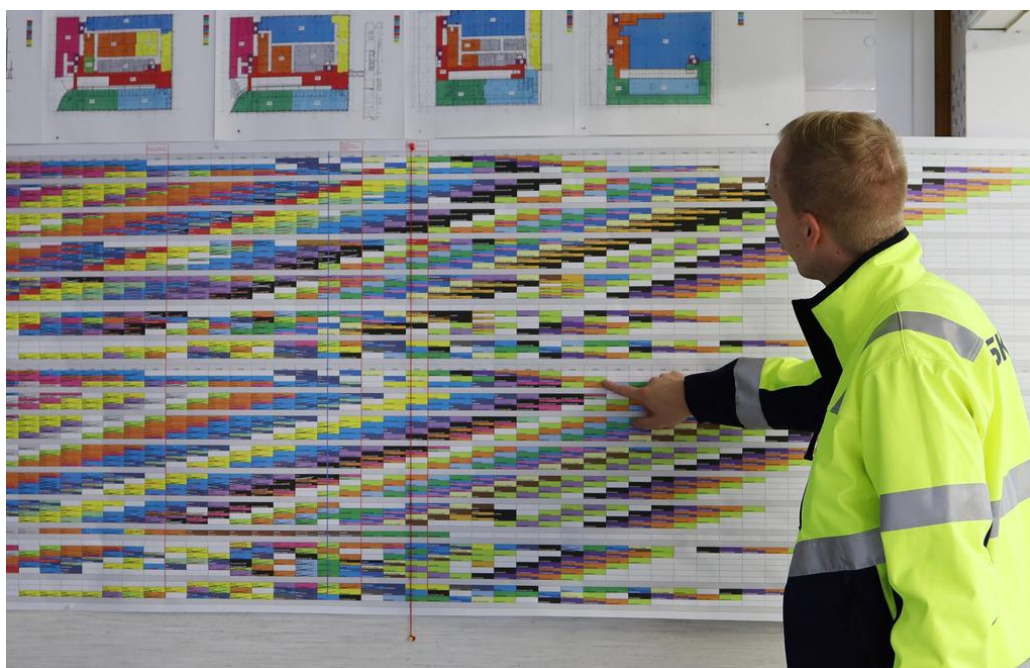
kierroksia tai tyhjää aikaa esimerkiksi kuivumiselle. Vasta kun edeltävän vaunun työvaiheet on valmistunut, voi seuraava vaunu saapua samaan tilaan suorittamaan seuraavaa vaihetta. (Fira si-tedrive, julkaisuaika tuntematon.)

#### 2.4 Tahtituotannon suunnittelun vaiheet

Tahtituotannon suunnittelun vaiheet ovat tietojen kokoaminen, lohkojen määrittäminen, tahdin määrittäminen sekä työvaiheiden tasaus.

1. Tietojen kokoaminen - Kootaan tieto tuotantoprosessin vaiheista. Määritellään työvaiheiden järjestys ja riippuvuudet ja lasketaan niiden kestot.
2. Lohkojako- Jaetaan työmaa sopivan pieniin ja samanlaisiin toistuviin lohkoihin, esim. asuntotuotannossa yleisesti 1 asunto= 1 lohko
3. Tahdin määrittäminen- Määritetään työlle etenemistahti hitaimman työvaiheen perusteella. (Onko hitainta työvaihetta mahdollista nopeuttaa lisäämällä resursseja / jakamalla tehtäviä?)
4. Työvaiheiden tasaus- Tasataan työvaiheet samanpituisiksi lisäämällä/ vähentämällä resursseja ja jakamalla töitä pienempiin osiin. Aliurakoiden sanktiot tulisi sitoa etenemisnopeuteen, eikä vain välitavoitteisiin. (Lean Construction Institute Finland)

Tahtituotannossa on oleellista tuotantoprosessin avoimuus ja seurattavuus niin, että kaikilla osapuolilla on selkeät tavoitteet ja tieto, miten tavoitteisiin päästään ja että kaikki ovat sitoutuneet samoihin tavoitteisiin. Tuotannon suunnitteluun ja jatkuvaan parantamiseen voidaan käyttää työntutkimuksesta tuttuja mittaus- ja seurantamenetelmiä. Tahtituotannossa ja siihen liittyvässä seurannassa ja tiedottamisessa käytetään visuaalisia menetelmiä. (Lean Construction Institute Finland.) Kuvassa 3 esimerkki tulostetusta porrastetusta työmaasta seinällä.



KUVA 3. Esimerkki porrastetusta työmaasta (Skanska)

### Tulosten arviointi/seuranta

Todenmukainen ja hyvin suunniteltu aikataulu helpottaa tuotantoprosessin seuraamista. Seuranassa keskitytään ensisijaisesti etenemisnopeuden tasaisuuteen, jos siinä huomataan poikkeamia, voidaan heti puuttua asiaan. Lisäksi tuottavuutta voidaan seurata ja nykyisin käytössä olevat kulunvalvontajärjestelmät mahdollistavat eri työsuoritusten työsaavutusten mittaamisen helposti yleisellä tasolla. (Lean Construction Institute Finland 2015.)

### Vakiinnuttaminen käytäntöön

Periaatteena tahtituotanto on selkeä ja ymmärrettävä ja siinä on paljon hyviä yksityiskohtia tuotannon tehostamiseksi ja hukan pienentämiseksi, mutta käytäntöön otto rakennusalalla tuottaa haasteita. Tiukat urakoitsija- ja ammattikuntarajat sekä perinteisen tuotannosuunnittelun ylimalkaisuus tekevät töiden tasaamisesta ja siirtelystä vaikeaa. Lisäksi haasteita tuottaa monesti liian vähäinen aika tuotannon suunnittelulle ja valmistelulle. (Lean Construction Institute Finland 2015.)

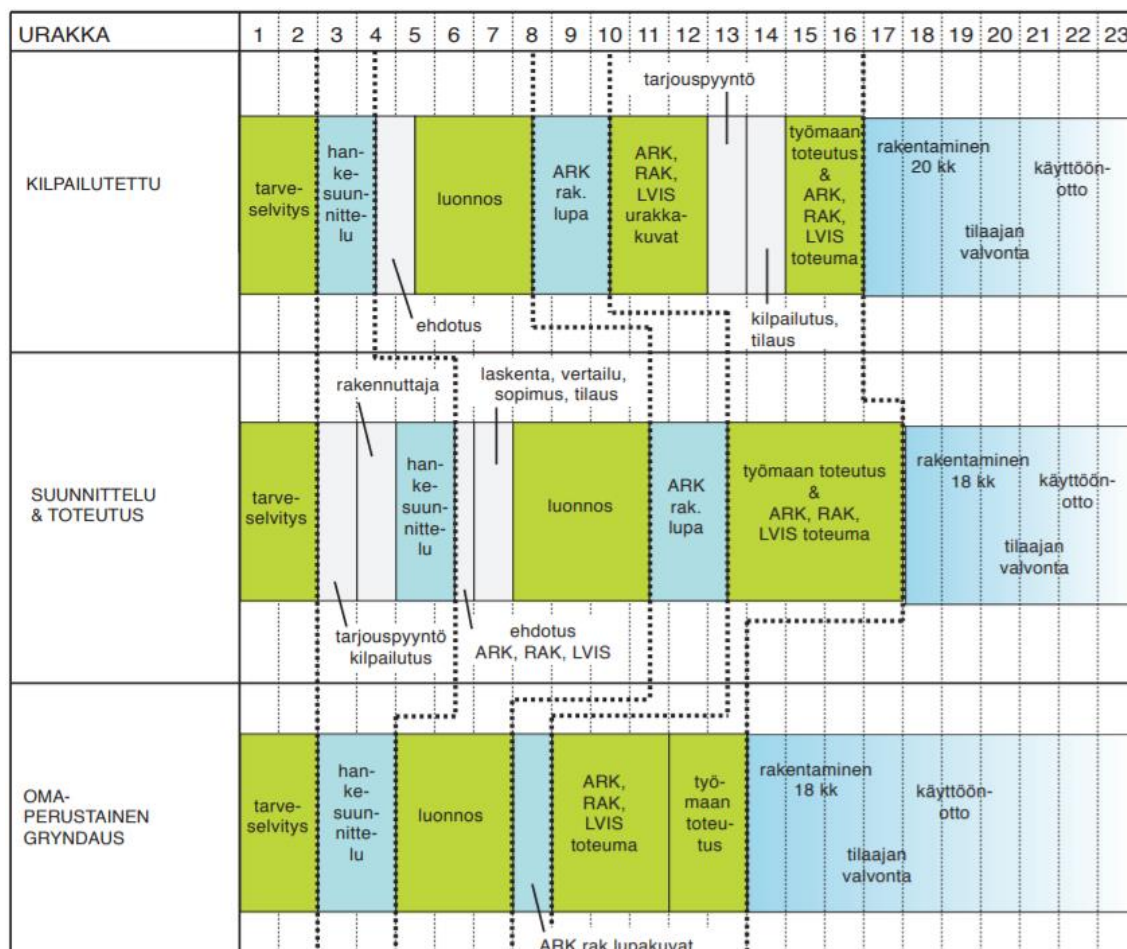
Jotta tahtituotanto voitaisiin ottaa käyttöön koko rakennushankkeessa, tai sen osassa, suunnittelu pitäisi integroida jo rakennussuunnitteluvaiheeseen ja tuoda hankintasopimuksissa ja urakkaneuvotteluissa jo esille se, että hanke toteutetaan tahtiaikataululla ja että kaikkien aliurakoitsijoiden on sitouduttava tahtituotantoon. Tuotantovaiheessa tahtituotannon käyttöönotto tuottaa hankaluuksia, mutta ei ole täysin mahdotonta. (Lean Construction Institute Finland 2015.)

### 3 RAKENNUSHANKKEEN AIKATAULUT

#### 3.1 Hanke-aikataulu

Hankkeen kannalta tehtävät ratkaisut, kuten hankkeen ajalliset reunaehdot sekä tavoitteet laaditaan rakennuttajan toimesta jo hankesuunnitteluvaiheessa. Lisäksi rakennuttaja laatii hankeaikataulun, joka tarkentuu hankkeen edetessä ensin yleisaikatauluksi, sitten rakentamisvaiheikatauluksi ja siitä viikkoaikatauluiksi. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 41.)

Hankeaikataulu laaditaan, jotta voidaan selvittää, onko projekti toteutettavissa normaalissa rakentamisajassa. Hankeaikataulussa kuvataan hankkeen koko eteneminen. Rakennuttajalle aikataulu on tärkeä kohteen suunnittelun valmistumisen kannalta. Oikein tehty ja realistinen aikataulu on tärkeä myös kohteen laadun kannalta ja antaa edellytykset, että luovutus saadaan myös valmisteltua kunnolla. Epärealistisesti tehty aikataulu ja korjaustoimenpiteet aiheuttavat ongelmia rakennusvaiheessa sekä huonosti suunnitellusta aikataulusta seuraa laatuvirheitä. Hankeaikataulu helpottaa myös tilaajaa hoitamaan oman osuutensa esimerkiksi. rahoituksen, tarvittavat suunnitelmat sekä sivu-urakat sovitulla tavalla. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 41.) Alla kuvassa 4 esimerkki eri urakkamuotojen hankeaikatauluista.

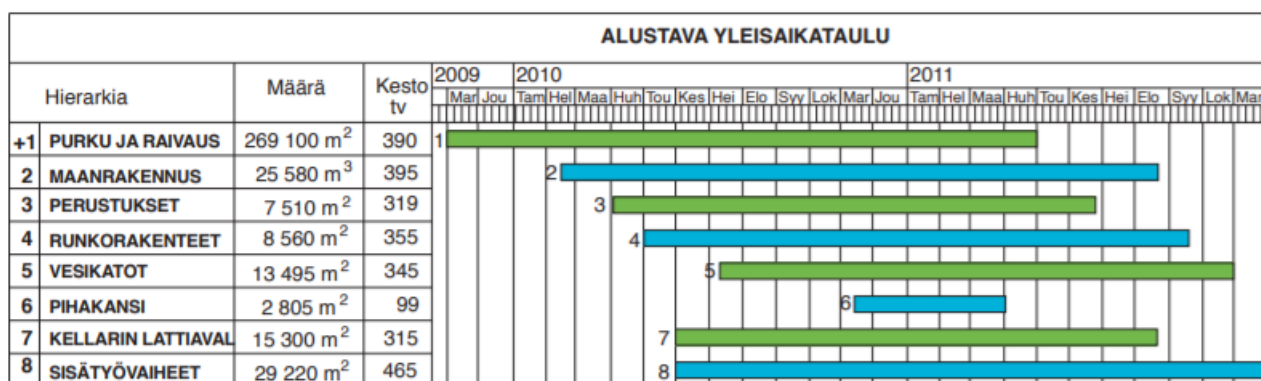


KUVA 4. Esimerkki eri urakkamuotojen hankeaikatauluista (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 41)

### 3.2 Yleisaikataulu

Yleisaikatauluja on kolmea eri muotoa, joita päivitetään ja tarkennetaan hankkeen edetessä. Yleisaikataulun eri muotoja ovat yleisaikataulu, sopimusyleisaikataulu ja työaikataulu. Työmaalla työaikatauluja kutsutaan yleensä yleisaikatauluksi. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 43.)

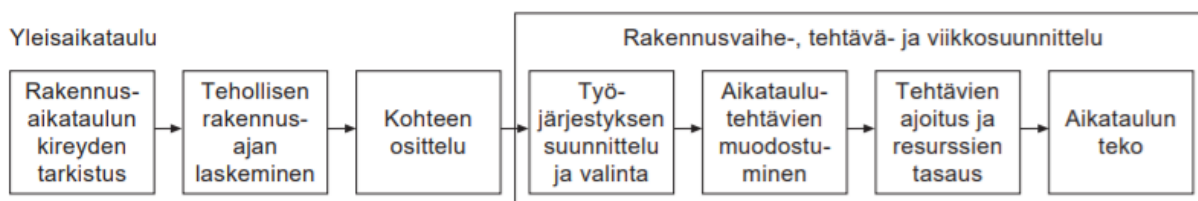
Alustava yleisaikataulu laaditaan hankkeelle päätoteuttajan toimesta ennen rakentamispäätöstä tai urakkatarjousten antamista. Alustavassa yleisaikataulussa käydään läpi ja tarkastetaan töiden sopivuus rakennuttajan aiemmin määrittelemään rakennusaikaan ja sen mukaan selvitetään, mikä on hankkeen ajallinen kireystaso. Alustavassa yleisaikataulussa kuvataan vain päätyövaiheet ja se laaditaan yleensä melko karkealla tasolla ja sitä voidaan hyödyntää tarjouslaskennan mallina töiden ajoituksen sekä aikasidonnaisten kustannusten laskentaperusteena. Alla kuvassa 5 on esitetty viiden kerrostalon alustava yleisaikataulu jana-aikatauluna (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 43.)



KUVA 5. Esimerkki viiden kerrostalon alustavasta yleisaikataulusta jana-aikatauluna (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 44)

Sopimusneuvotteluissa käydään läpi alustava yleisaikataulu ja tarvittaessa yleisaikataulu muokataan ja tarkennetaan tarpeen vaatiessa. Sopimusosapuolten tarkentama ja hyväksymä yleisaikataulu liitetään sopimuksen sopimusyleisaikatauluksi. Sopimusyleisaikataulu sekä alustava yleisaikataulu perustuu T4 kokonaisaikoihin. (Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2015, 30.)

Päätoteuttajan tehtävänä on tarkentaa vielä sopimusyleisaikataulu työaikatauluksi työmaan ja eri urakoitsijoiden yhteensovittamista varten. Työaikataulu on rakennuskohteen toteuttamisprosessissa tärkeässä asemassa. Työaikataulu laaditaan heti, kun talotekniset työt on saatu mukaan. Työaikataulu perustuu tehollisiin T3 työvuoroaikoihin ja erilaisiin pelivaroihin. Alemmassa kuvassa 6 on kuvattu ajallisen suunnittelun kulku. (Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2015,30.)



KUVA 6. Ajallisen suunnittelun kulku (Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2015, 20)

### 3.3 Rakentamisvaihe aikataulu

Rakentamisvaihe aikataulun tarkoituksena on tarkentaa työaikataulua ja varmistaa työaikataulun tavoitteiden saavuttaminen. Rakentamisvaihe aikataulu voidaan laatia tietyille ajanjaksoille esimerkiksi 2-6 kuukaudeksi. Rakentamisvaihe aikataulu voidaan laatia myös tietyille rakennusvaiheille. Perinteisiä rakentamisvaiheen aikatauluja ovat

- maarakennus- ja perustusvaiheen aikataulut
- runko- ja vesikattovaiheen aikataulut
- sisävalmistusvaiheen aikataulut sekä
- viimeistely- ja luovutusvaiheen aikataulu

(Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017, 55).

Laskiessa rakentamisvaihe aikataulua käytetään T3-aikoja. T3 on tehollinen aika, joka ei sisällä yli tunnin kestäviä keskeytyksiä työssä. Tehollista T3 rakennusaikaa käytetään rakentamisvaihe aikataulujen lisäksi viikkoaikataulujen ja tehtäväsuunnitelmien keston laskennassa. (Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2015, 9.)



### 3.4 Viikkoaikataulu

Viikkoaikataulun tarkoituksena on varmistaa asettaa työlle tavoitteet ja varmistaa niiden toteutuminen sekä resurssien tehokas käyttö ja niiden riittävyys. Aika- ja määrätavoitteet määrittämällä voidaan arvioida tarvittavat resurssit ja verrata niitä käytössä oleviin resursseihin. Viikkoaikataulu toimii lisäksi sivu- ja aliurakoitsijoille ohjenuorana sekä tietolähteenä kärkimiehille. (Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2016, 34.)

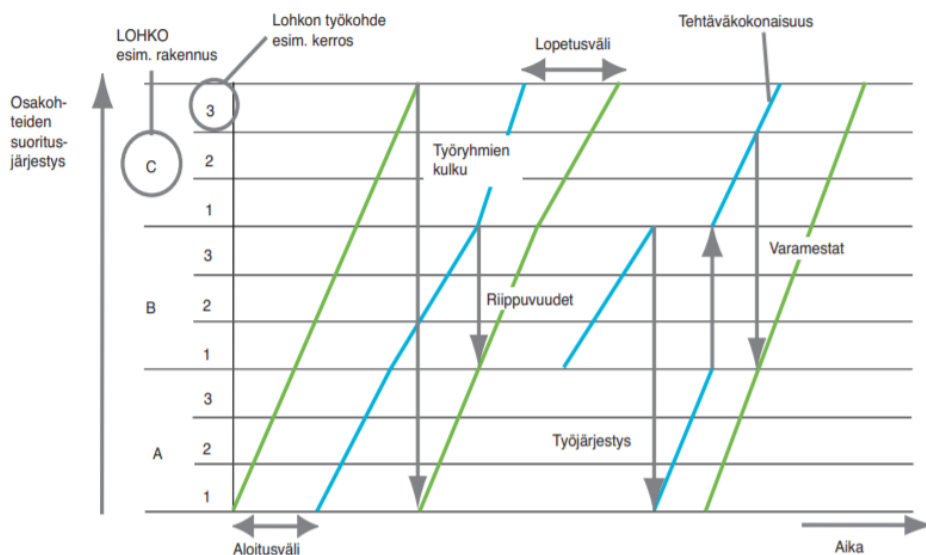
Vastaavan työnjohtajan tai työpäällikön tulee selvittää viikkoaikataulun tavoitteet rakentamisvaihe tai yleisaikataulun perusteella. Tavoitteeksi asetetaan yleisesti tietty alue esimerkiksi kerros tai huoneisto, ja määritetään sille valmiusaste. Viikkoaikataulua tehdessä selvitetään ja varmistetaan miten tavoitteisiin päästään ottaen huomioon resurssin ja niiden lisätarpeen sekä työntekijöiden vapautukset. Viikkoaikataulua tehdessä yhteistyö muiden työnjohtajien kanssa on tärkeää, että ei tölle ei tule päällekkäisyyksiä, josta seuraa häiriöitä ja sitä kautta aikatauluviivettä. (Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2016, 34.)

Viikkosuunnitelman teolla varmistetaan ja seurataan eri töiden tavoitteiden toteutumista. Viikkosuunnitelma tehdään viikoittain 1 - 3 viikoksi eteenpäin toteutettavissa olevien tehtävien mukaan. Viikkosuunnitelman laadintaan vaikuttaa työmaan tilanne sekä rakentamisvaihe- sekä yleisaikataulun tavoitteet. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 58.)

## 4 AIKATAULUJEN ESITYSMUODOT

### 4.1 Paikka-aikakaavio

Suomessa käytettyjä vinoviiva-aikatauluja ovat paikka-aikakaavio ja tuotantokaavio. Paikka-aikakaaviossa kuvataan tuotannon eteneminen suhteessa aikaan, paikkaan sekä tuotannon määrään. Paikka-aikakaaviossa tehtävät kuvataan kaavioon piirretyillä vinoviivoilla. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 25.) Kuvassa 7 on esitetty paikka-aikakaavion toimintaperiaate.



KUVA 7. Paikka-aikakaavion toimintaperiaate (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 25.)

Paikka-aikakaavio helpottaa seuraamaan, mitä tehtäviä tehdään ja missä työkohteessa ja kuinka paljon eri tehtävillä on puskuria häiriöiden korjausta varten. Paikka-aikakaaviota valvotaan vinjentin avulla. Valvontatieto merkataan paikka-aikakaavioon toteutuneen työn mukaan katkoviivalla, tai erilisellä toteutumaviivalla. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 26.)

Paikka-aikakaaviota käytetään yleensä kuvaamaan koko hankkeen yleisaikataulua. Paikka-aikakaavio-  
vion etuna on tuotannon ajallinen valvonta ja ohjaus. Paikka-aikakaaviolla voidaan todeta tuotanto-  
nopeudessa, aloitusajankohdissa ja suoritusjärjestyksessä ilmenevät poikkeamat. (Ratu KI-6031 Ra-  
kennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 26.)

Paikka-aikakaavio-  
vion etuna on juuri tuotantonopeuden havainnollistaminen ja paikan yhdistäminen  
aikatauluun ja tämän kautta mahdollisuus tahdistaa työt keskenään. Paikka-aikakaavio auttaa myös  
varmistamaan, että osakohteet riittävät suunnitelluille töille. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajalli-  
nen suunnittelu ja ohjaus, 26.)

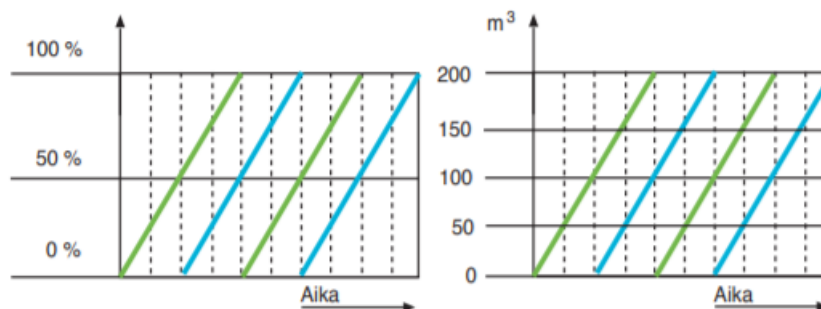
## 4.2 Tuotantokaavio

Tuotantokaavion vaaka-akseli kuvaa toteutusaikaa ja pystyakseli valmistuneen tuotannon määrää tai valmiusastetta. ( Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.)

Valmiusprosentti (VA%) kuvaa tietyn aikataulutehtävän suunnitellun tai toteutuneen määrän suhdetta kokonaistyömäärään  $VA\% = \text{tehty määrä} / \text{kokonaistyömäärä} \times 100\%$  (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.)

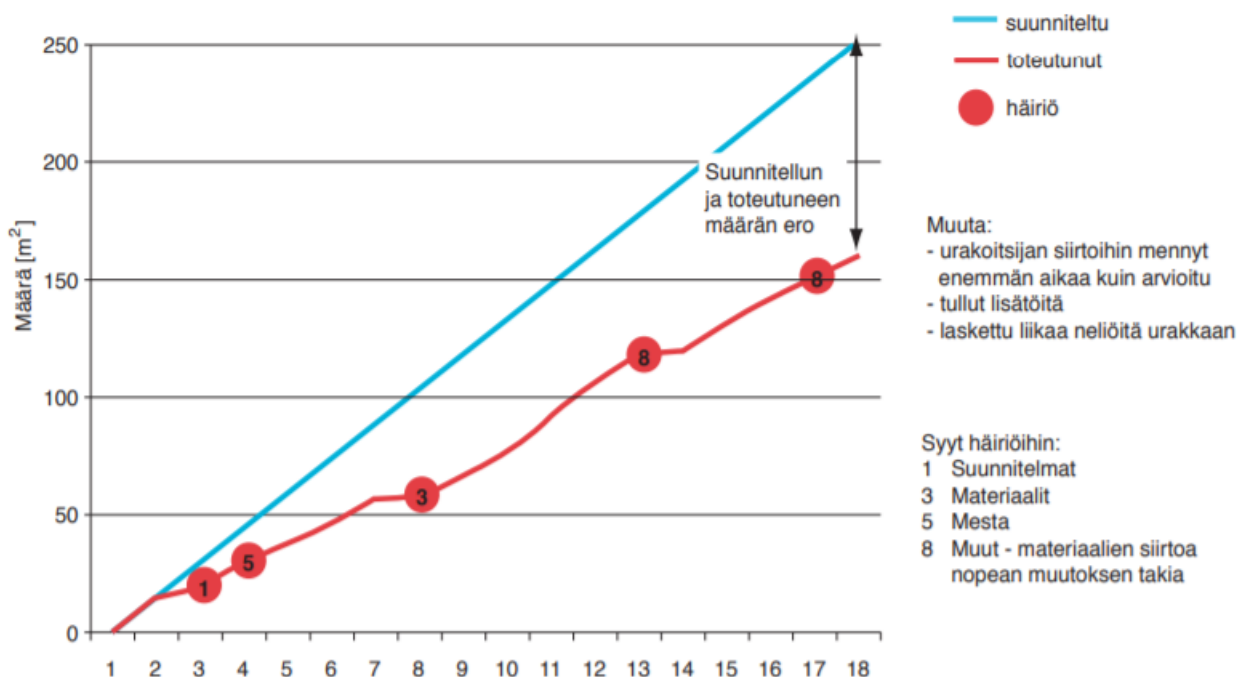
Tuotantokaavion olennaisena lähtötietona toimii määrätieto ja se sopii hyvin työvaiheiden tai yksittäisten tehtävien nopeuden valvontaan. Tuotantokaaviosta voidaan nähdä helposti jäljellä oleva työmäärä sekä onko tuotanto aikataulussa, tai poikkeako esimerkiksi tuotannon nopeus tai aloitushetki suunnitellusta. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.)

Tuotantoaikakaaviota käytetään tuotannon nopeuden ja tuotannon vaiheiden seuraamiseen. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.) Alemmassa kuvassa 8 esimerkkejä tuotantoaikakaavioista, jossa voidaan merkata toteutumaa esimerkiksi prosentuaalisesti tai toteutuneiden neliöiden kautta.



KUVA 8. Tuotantoaikakaavio esimerkkejä ( Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.)

Alemmassa kuvassa 9 kuvattu tuotantokaavion käyttöä yhden tehtävän seurannassa. Sinisellä viivalla on kuvattu työn suunniteltu toteutus. Punaisella viivalla on kuvattu toteutuma ja punaisella pisteellä on havainnollistettu häiriöitä ja merkattu, mistä häiriöt ovat johtuneet.

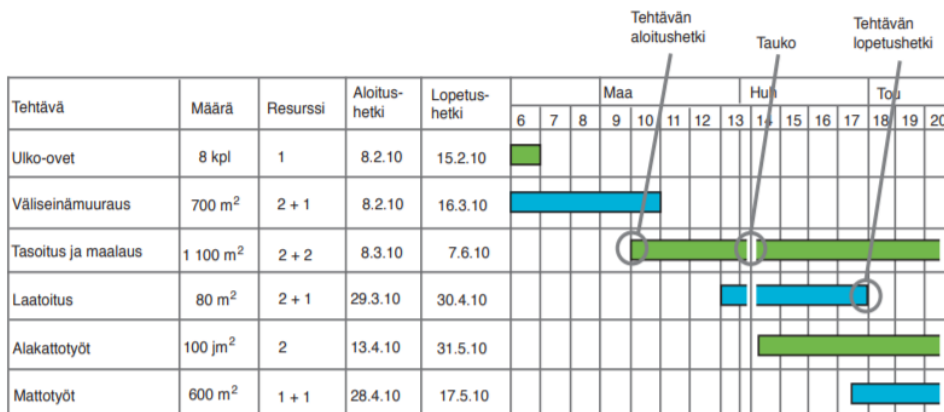


KUVA 9. Yhden tehtävän valvontaa tuotantokaavion avulla (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 27.)

#### 4.3 Jana-aikataulu

Jana-aikataulu esittää työvaiheen keston aikatauluun piirrettyinä janoina. Työvaiheet on luettelointuna aikataulun vasempaan ylänurkkaan ja ylärivillä on esitetty aika. Jana-aikataulun viivat perustuu kokemusperäiseen tai laskettuun työmenekkitietoon. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 21.)

Kuvassa 10 esimerkki jana-aikataulusta, jonka vasemmassa reunassa on lueteltu aikataulutettavat tehtävät, määrät, resurssit sekä aloitus ja lopetushetki.



KUVA 10. Esimerkki jana-aikataulusta (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 21.)

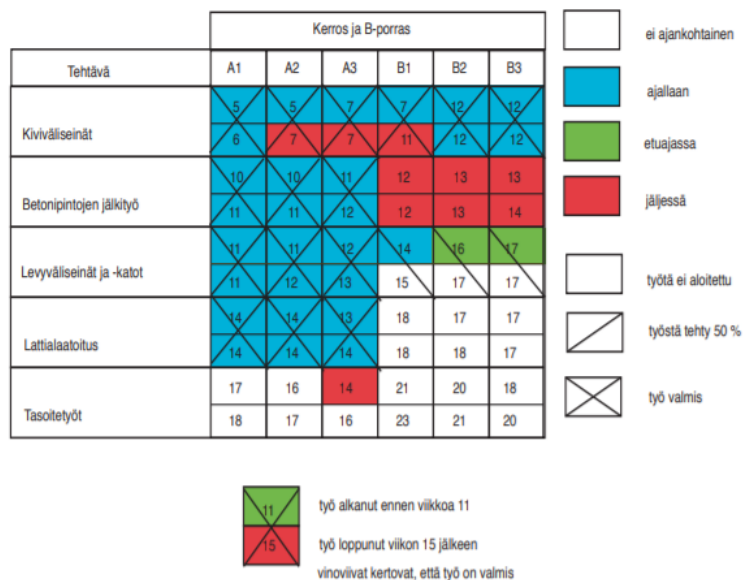
#### 4.4 Valvontavinjetti

Valvontavinjetti on visuaalinen esitystapa työvaiheiden ja työkohteiden valmiusasteille. Töiden eteneminen voidaan esittää matriisimuotoisena tai se voidaan merkitä myös pohjakuvaan tai aluesuunnitelmaan. (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 30.)

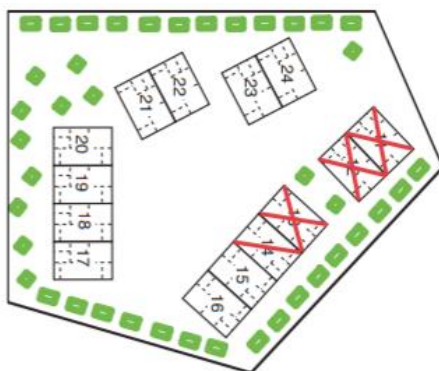
Matriisin reunoilla on lueteltu työvaiheet ja työkohteet. Vinjentin matriisiruudussa esitetään kohteelle suunniteltu aloitus- ja lopetusajankohta. (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 30)

Työn etenemistä voi seurata rastitusperiaatteella sekä värien avulla. Kun työtehtävä on aloitettu ja se on edennyt osakohteessa yli puolenvälin, vedetään tehtäväruudun yli viiva. Osakohteen valmistuttua rastitetaan tehtäväruutu kokonaan. Väreillä kuvataan, onko työvaihe etujassaa, ajallaan tai jäljessä. (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 30)

Kuvassa 11 matriisimuotoinen valvontavinjetti sekä kuvassa 12 aluesuunnitelmaan tehty valvontavinjetti



KUVA 11. Matriisimuotoisessa valvontavinjentissä hyödynnetty myös värejä (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus,30.)



KUVA 12. aluesuunnitelmaan tehty valvontavinjetti (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 30.)

## 5 LEAN RAKENNUSTUOTANNOSSA

Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus julkaisun mukaan Lean ajattelun syntyminen kanalta merkittäviä teoksia on ollut autoteollisuusohjelma (International Motor Vehicle Program, IMVP) sekä The Machine That Changed the World-teos. Lean on filosofia yrityksen toimintatapojen oragnisoimiseen ja parhaiden toimintatapojen löytämiseen sekä joukko työkaluja ajattelun soveltamiseen käytäntöön. Lean-ajattelun taustalla on nähtävillä Henry Fordin ja Taiichi Ohon ajatuksia. Lean ajattelun kolme tärkeintä periaatetta ovat (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 10.):

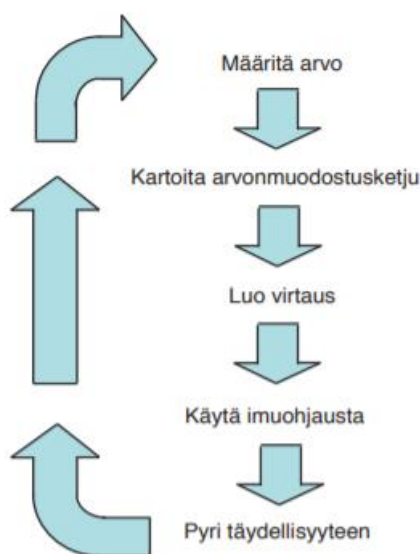
**Luoda virtaus** (flow), joka kulkee systeemin läpi ilman häiriöitä tai ylimääräistä aikaa

**Kulttuuri**, jossa kaikki yhteisön jäsenet ovat jatkuvasti parantamassa toimintaa

**Imuohjaus**, jossa toiminnot tapahtuvat tarpeen vaatiessa tai tilauksesta.

Leanin periaatteena on suunnitella ja toteuttaa ennustettavaa ja tasaista tuotantovirtaa, jonka valvonta on selkeää ja tavoitteet yhteiset. Tätä kautta projektin kustannukset ja aikataulu saadaan pitämään paremmin. Ennustettavuuden ja tasaisen tuotantovirran kautta päästään parempaan tuottavuuteen, mikä johtaa alhaisempiin kustannuksiin sekä nopeuteen. ( Lean Construction Institute Finland )

Kuvassa 13 esitetty Lean-ajattelun periaatteet, jotka ovat arvon määrittely, arvoketjun tunnistaminen, virtauksen luominen, imuohjaus sekä pyrkiminen täydellisyyteen ja jatkuva toiminnan parantaminen. Kun kierros on saatu päätökseen, voidaan se aloittaa uudestaan.



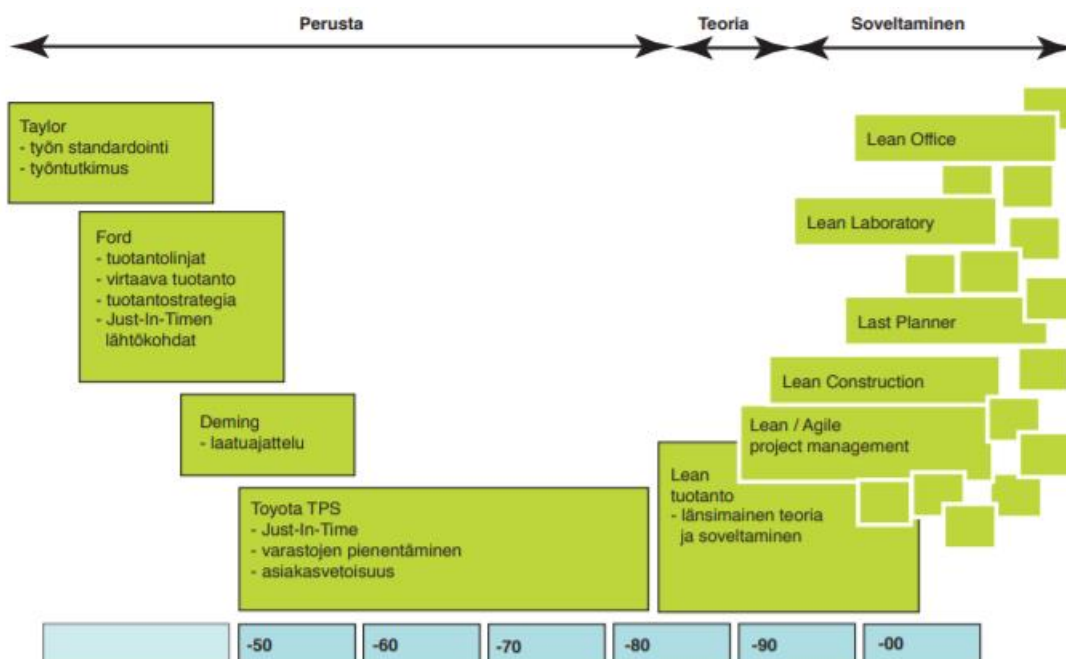
KUVA 13. Lean ajattelun periaatteet (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 10.)

## 5.1 Lean historia

Lean ajattelun taustalla on 1900-luvun jälkipuolella kehittynyt toisenlainen tuotannonohjauksen keino, jonka taustalla on Toyotan tuotantofilosofia (Toyota Production System, TPS). TPS perustuu juuri ajallaan tapahtuvaan toimintaan JIT (Just In Time) ja jatkuvaan laadunparantamiseen Jidoka (automation with a human touch). (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 13.)

Lean- ajattelu on yrityksen tehokkuuteen ja kannattavuuteen tähtäävä johtamistapa. Lean toiminnasta on kehittynyt ajansaatossa tuotannon, laadun ja tehokkuuden parantamiseksi tähtäviä menetelmiä. Leanin keskeisiä periaatteita on jo aiemmin mainittujen JIT:n ja Jidokan lisäksi jatkuva parantaminen (Kaizen), ihmisten kunnioittaminen (Respect for people), tasainen tuotanto (Heijunka) ja vakioitu työ (Standard work). Näiden työkalujen avulla on tarkoitus luoda tehokkaita prosesseja ja keskittyä asiakkaalle lisäarvoa tuottavaan toimintaan ja poistaa hukkaa. (Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 13.)

Alemmassa kuvassa 14 esitetty Lean-filosofian historiaa ja sen soveltamista ja kehittymistä nykypäivän rakennustuotantoon.



KUVA 14. Lean filosofian historia (Ratu KI-6031 rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, 14.)

## 5.2 Last Planner tuotannonohjaus

Last Planner on Yhdysvalloissa 1990-luvulla kehitetty tuotannon ohjauksen menetelmä, jonka lähtökohtana on huomio, että vain noin puolet viikkosuunnitelman tehtävistä saadaan suoritettua suunnitellusti kyseisen viikon aikana. Menetelmää kokeiltiin ja kehitettiin rakennushankkeissa suoritetuissa kokeissa. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Perinteisen tuotannonohjauksen lähtötilanteena ositellaan tuotanto pienempiin palasiin. Tuotannonohjauksen lähtökohdaksi tehdään eritasoisia suunnitelmia, kuten yleisaikataulu, hankinta-aikataulu, rakentamisvaiheaikataulu ja viikkoaikataulu. Perinteistä tuotannonohjausta ohjaa työntöperiaate, jossa suunnitelmat työntävät työntekijöitä työmaalle ja siten työmaatoiden valmistumista. Alimman tason suunnitelmat johdetaan ylemmän tason suunnitelmista, ja näin tehtävät saadaan periaatteessa toteutettua suunnitellusti. Hankkeen valvonta tapahtuu vertaamalla aika- ja kustannustoteutumaa suunniteltuun ja kun poikkeamia havaitaan, ryhdytään toimenpiteisiin, jolla on tarkoitus saada aikataulu kiinni. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Perinteisen tuotannonohjauksessa on kuitenkin kolme keskeistä ongelmaa: puutteelliset suunnitelmat, työntekijän sitoutumattomuus tehtävän valmiiksi saattamiseen sekä puutteellinen tehtävänanto ja puutteellinen valvonta sekä ongelmien juurisyiden löytäminen ja niihin puuttuminen. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Puutteelliset suunnitelmat ilmenevät usein työmaalla, kun yleisaikataulu vanhenee työn kuluessa ja vaatisi päivitystä, mutta päivittämisessä on puutteita. Tuotannonjohdon aika menee tässä tilanteessa häiriöiden selvittämiseen, eikä aikaa jää tuotannon suunnittelulle tai parantamiselle. Työmaalta puuttuu realistinen ja järjestelmällinen menettely siitä, miten laaditaan toteutuskelpoisia viikkotason suunnitelmia. Työtä aloittaessa huomataan, että aloitusedellytykset ei ole kunnossa tai jokin tuotannontekijä puuttuu. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Toisena ongelmana työntekijöiden sitoutumattomuus ja puutteellinen tehtävänanto, jossa oletetaan, että tehtävät saadaan toteutetuksi määrittämällä tekijä tai ilmoittamalla kyseisen tehtävän käynnistämisestä. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Kolmas ongelma liittyy vahvasti puutteelliseen tehtävänantoon ja oletukseen, että työ etenee ja saadaan aloitettua odotetulla tavalla. Valvontaan liittyy ongelma, jossa keskitytään vertaamaan toteutuneita kustannuksia ja aikataulua suunniteltuihin kustannuksiin ja aikatauluun. Tällaisessa valvonassa, kun poikkeamia havaitaan, suoritetaan korjaustoimia, mutta ei pureuduta ongelman syihin. Tuotannonohjaus on tilannekohtaista ja epäjärjestelmällistä ja työn ohjaus saattaa jäädä jopa työntekijöiden omien päätösten varaan. Tällaisessa toimintamallissa menetetään järjestelmällisen suunnittelun hyödyt sekä oppiminen ja jatkuva parantaminen on vähäistä, ja tuottavuus kärsii. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)



Last Planner tuotannonohjaus koostuu havaittuihin ongelmiin puuttumisesta. Viikkosuunnitelma on keskeinen osa Last Planner tuotannonohjausta. Laadukkaassa viikkosuunnitelmassa kukin tehtävä on oikein määritetty sekä työjärjestys tarkoituksen mukainen ja toteutettava, työmäärä oikein arvioitu/laskettu, tehtävien aloitusedellytykset on olemassa ja varmistettu. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Viikkosuunnitelmat tulisi laatia niin, että palaverissa olisi läsnä kaikki mestarit ja työryhmien edustajat. Tehtävät otetaan viikkosuunnitelmaan vain, jos tehtävän vastuhenkilö katsoo voivansa luvata sen toteutumisen. Tällaisella osallistuttamisella sitoutetaan osapuolet viikkosuunnitelmien läpiviintiin. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Viikon lopussa tarkastetaan, onko viikkosuunnitelmassa olleet tehtävät saatu toteutettua. Toteutuksista mitataan PPC luvulla, joka osoittaa kuinka paljon kyseisen viikon tehtävistä on saatettu suunnitellusti toteutettua kyseisen viikon aikana. Mitä suurempi PPC, sitä korkeampi tuottavuus.

”Nyrkkisääntönä voidaan sanoa että rakennus- työmaan ohjauksessa alle 60 %:n PPC edustaa huonoa suoritustasoa, yli 80 %:n PPC edustaa hyvää suoritustasoa ja yli 85 %:n PPC erinomaista suoritustasoa” (Howell & Macomber 2002, Koskelan & Koskenvesan mukaan).

Valmisteleavassa suunnittelussa luodaan edellytykset seuraavien viikkojen tehtäville. Valmisteleava suunnittelu tehdään 4-6 viikoksi eteenpäin, jossa varmistetaan että alkavien töiden aloitusedellytykset kuten piirustukset, materiaalit ja kalusto on kunnossa. Jos aloitusedellytyksissä havaitaan puutteita voidaan niihin vielä hyvissä ajoin puuttua. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Useamman viikon seurannan jälkeen saadaan jo hyvää tietoa, kun selvitetään häiriöiden syyt ja puututaan niihin ja ryhmitellään syyt toteutumatta jäämiselle. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Vaikuttaminen syihin, kun syyt on saatu selville. Pyritään vaikuttamaan esiintyneisiin ongelmiin niiden osapuolten kanssa, jotka voivat vaikuttaa asiaan. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Rakentamisvaihesuunnittelu tehdään yhdessä eri osapuolten kanssa ja tehtävien paras toteutumisenjärjestys valitaan yhdessä. Kukin ilmaisee työlleen ajan, jonka puitteissa työ voidaan toteuttaa ja aikapuskurit sijoitetaan häiriöherkimpien tehtävien yhteyteen. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

Last Plannerin toiminta perustuu siihen, että ongelmat selvitetään ja pyritään poistamaan ennen tehtävän aloitusta. Ongelmat tehtävän kuluessa ja tehtävien loppuun saattamisessa pyritään minimoimaan realistisella viikkosuunnittelulla ja osapuolten sitoutumiselle työn valmistumiseen. (Koskela & Koskenvesa julkaisuaika tuntematon.)

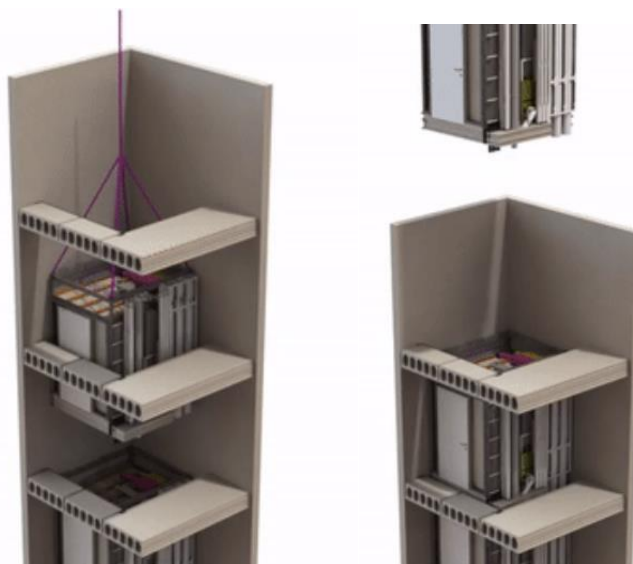
## 6 TAHTIAIKATAULU JA MODULAARINEN RAKENTAMINEN

Moduulirakentamisen ytimessä on hankkeen pilkkominen tietynsuuruiseksi moduuleiksi/osiksi sekä eri työvaiheisiin ja niihin liittyviin tehtäviin. Moduulirakentamisessa tunnistettuja hyötyjä ovat esimerkiksi mahdollisuus viikkotasolla tahtiaikasuunnitteluun, kokonaisaikataulun merkittävä lyheneminen, samanlaisten moduulien rakentaminen luo edellytykset toteutuksen kehitykselle rakentamisen aikana ja edetessä, moduulien rakenteet saadaan standartoitua, sekä samanlaiset rakenteet saadaan hankittua halvemmalla. (Ratamäki 2015.)

Modulaarisen rakentamisen etuna on tehtaalla hallituissa olosuhteissa tehdyt moduulit, joiden kautta työturvallisuus ja työympäristö paranee sekä ylimääräinen liike työkaluja etsiessä ja työkohteesta toiseen siirtyessä vähenee. Ergonomiset ja hyvät työolosuhteet parantavat tuotteen laatua sekä lyhentävät huomattavasti rakennushankkeen aikataulua, kun esivalmistusaste kasvaa ja työmaalla tehtävien työvaiheiden määrä vähenee. (Tiusanen 2018.)

Kylpyhuoneen rakentaminen työmaalla perinteisin menetelmin vaatii useita työvaiheita, ammattilaisia, työkaluja sekä materiaaleja työmaalla. Logistiikan, aikataulujen sekä tekijöiden yhteensovittaminen vaatii paljon aikaa ja suunnittelua. Valmiin moduulin myötä eri osapuolten, työnjohton ja logistiikan tarve vähenee huomattavasti työmaalla. Moduuleina toteutetut kylpyhuoneen vähentävät keskimäärin 27 ylimääräistä käyntiä kylpyhuonetta kohden. (Purtola 2018.)

Kuvassa 15 esimerkki kuiluasenteisesta kylpyhuonemoduulien asennuksesta.



KUVA 15. Esimerkki kuiluasenteisen kylpyhuonemoduulin asennuksesta (Firamodules.com)

Kylpyhuonemoduuli voidaan asentaa joko holvin päälle rungon edetessä tai erilliseen jokaisen kerroksen läpäisevään kuiluun. Ylemmässä kuvassa on havainnollistettu juuri kuiluasennusta. Kuiluasennus mahdollistaa sen, että yhden kuilun kaikki kylpyhuoneet voidaan asentaa jopa saman päivän aikana. Rakennuksen runko ja kerrokset rakennetaan valmiiksi ja kuiluasennusta varten suunnitellaan jokaisen kerroksen läpäisevä kuilu, johon kylpyhuonemoduulit voidaan asentaa rungon valmistuttua. Kylpyhuonemoduulien asentaminen jälkeensä säästää aikaa työvaiheiden lisäksi esimerkiksi logistiikan suunnittelusta, kun eri kylpyhuoneen osia asentavien työntekijöiden ja materiaalisien aikataulua ei tarvitse sovittaa yhteen muuhun rakentamiseen. (Fira Modules 2019.)

Tehdasvalmisteinen kylpyhuonemoduuli sisältää hormiston, johon tarvittava talotekniikka on kytketty. Hormissa on kanavat ilmanvaihdolle, kylmälle ja lämpimälle vedelle ja sähkölle. Kylpyhuoneen talotekniikkasuunnittelu on yksi suunnitteluvaiheen vaikeimpia vaiheita ja aikaa säästyy, kun tarvittava ja toimiva talotekniikka liitetään kokonaisuuteen mukaan ja voidaan kylpyhuonemoduulin asennuksen yhteydessä kytkeä rakennuksen muuhun tekniikkaan. (Fira Modules 2019.)

Tahtiaikataulusuunnittelussa kylpyhuoneen työt pelkästään veivät 16 viikkoa kohdetyömaan sisävalmistusvaiheesta, joka oli kokonaisuudessaan 25 viikkoa. Jos kylpyhuoneet olisi toteutettu kylpyhuonemoduuleista, olisi kokonaisaika sisävalmistusvaiheen osalta lyhentynyt huomattavasti. Esimerkiksi kuiluasenteiset kylpyhuone-elementit voidaan asentaa koko rappuun yhdessä päivässä, niin se lyhentää jo sisävalmistusvaihetta 8 viikkoa. Kahden päivän työ siis kaksi rappuisessa kohteessa lyhentäisi työmaalla tehtäviä töitä 16 viikkoa eli 4 kuukautta. Tässä opinnäytetyössä ei otettu vielä kantaa kustannuksiin elementtiasenteisen kylpyhuoneen ja perinteisen kylpyhuoneen kannalta.

## 7 TAHTIAIKATAULUN LUOMINEN

### 7.1 Kohteen esittely

Kohteena aikataulutuksessa toimi uudiskerrostalo, jonka sisävalmistusvaiheen kestoksi oli suunniteltu 7 kuukautta. Kohteessa on A- ja B- rappu, joissa kummassakin on viisi kerrosta ja n. 4 - 5 asuntoa per kerros, kooltaan asunnot ovat 39 - 73,5 m<sup>2</sup>. Poikkeuksena B-rapun 1. kerros, jossa on vain taloyhtiön kerhotila, sekä A-rapun 1. kerros, jossa on kaksi asuntoa ja A-rapun 5. kerros, jossa on vain kolme asuntoa. Kohteessa on 37 asuntoa, joista jokainen on vuokra-asuntoja, joten asukasmuutoksia ei tule. Teoreettisesti tahtiaikataulu sopisi hyvin tällaiseen hankkeeseen, jossa asunnot ovat suurinpiirtein samankokoisia ja kaikkiin tulee samanlaiset pintamateriaalit, eikä asiakasmuutoksia tule.

### 7.2 Työvaiheiden järjestys ja kestot

Aloitin tahtiaikataulun kokoamalla tiedot hankkeen sisävalmistusvaiheesta, johon tahtiaikataulu oli tarkoitus tehdä. Ensin laskin materiaalmäärät ja sitä kautta tehtävien kestot. Materiaalmäärät laskin piirustuksista. Tehtävien keston määrittelyn jälkeen määrittelin työvaiheiden järjestyksen ja työvaiheiden väliset riippuvuudet.

Kuvassa 18 vasemmalla ensin lasketut määrät. Työmenekit on saatu rakennustöiden menekit 2020 kirjan mukaan. Työvuoroaika T3 on neliömäärä kerrottuna työmenekillä, esimerkiksi väliseinärungoissa  $627,6 \text{ m}^2 \times 0,23 \text{ tth/m}^2 = 144 \text{ tth}$ . Työvuoron työsaavutus lasketaan jakamalla työntekijätunnit työvuoron työmenekillä, esimerkiksi väliseinärunkotyöhön on ajateltu 2 rakennusammattimiestä, joten työsaavutukseksi saadaan  $16 \text{ tth} / 0,23 \text{ tth/m}^2 = 69,6 \text{ m}^2/\text{tv}$ . Tehtävään kuluva kokonaisaika saadaan jakamalla kokonaisneliömäärä työsaavutuksella työvuorossa esimerkiksi  $627,6 \text{ m}^2 / 69,6 \text{ m}^2/\text{tv} = 9 \text{ tv}$  eli 1,8 viikkoa. Ja viimeisenä tahtiaika saadaan vielä jakamalla työntekijätunnit lohkojen määrällä. Kuvassa 16 esimerkki laskuista.

Väliseinärungot ja toisen puolen levytys						
			Työryhmä	Työmenekki	tth	aika
Huoneist:VS 12 - '1 Kerros	34,6		2 RAM	0,23	144	9,0 tv
Huoneist:VS 12 - '2 Kerros	155,5					1,8 vko
Huoneist:VS 12 - '3 Kerros	155,5					
Huoneist:VS 12 - '4 Kerros	155,5					
Huoneist:VS 12 - '5 Kerros	126,5					
	<b>627,6 m2</b>				<b>Työsaavutus</b>	<b>tahtiaika</b>
					69,6 m2/tv	4 h
Väliseinien sähkötyöt						
			Työryhmä	Työmenekki	tth	aika
Huoneist:VS 12 - '1 Kerros	34,6		2 RAM	0,18	113	7,1 tv
Huoneist:VS 12 - '2 Kerros	155,5					1,4 vko
Huoneist:VS 12 - '3 Kerros	155,5					
Huoneist:VS 12 - '4 Kerros	155,5					
Huoneist:VS 12 - '5 Kerros	126,5					
	<b>627,6 m2</b>				<b>Työsaavutus</b>	<b>tahtiaika</b>
					88,9 m2/tv	3 h
Tuplaus ja eristys						
			Työryhmä	Työmenekki	tth	aika
Huoneist:VS 12 - '1 Kerros	34,6		2 RAM	0,16	100	6,3 tv
Huoneist:VS 12 - '2 Kerros	155,5					1,3 vko
Huoneist:VS 12 - '3 Kerros	155,5					
Huoneist:VS 12 - '4 Kerros	155,5					
Huoneist:VS 12 - '5 Kerros	126,5					
	<b>627,6 m2</b>				<b>Työsaavutus</b>	<b>tahtiaika</b>
					100,0 m2/tv	3 h
Sileät kipsilevykatot						
		Pinta-ala	Työryhmä	Työmenekki	tth	aika
Tyyppi Kerros			2 RAM	0,30	164	10,3 päivää
Huoneist:AK1 1 Kerros	25,59					2,1 vko
Huoneist:AK1 2 Kerros	79,76					
Huoneist:AK1 3 Kerros	79,76					
Huoneist:AK1 4 Kerros	79,76					
					<b>Työsaavutus</b>	<b>tahtiaika</b>
					26,7 m2/tv	4,4 h

KUVA 16. Työmenekkien ja työntekijätuntien laskentataulu esimerkki (Tissari 2020)

### 7.3 Lohkojako

Lohkojaon periaatteena työmaa jaetaan sopivan pieniin, samanlaisiin toistuviin osiin. Tässä kohteessa asunnon kuivat tilat= yksi lohko ja asunnon märkätilat= yksi lohko, jotta päällekkäisiä toisistaan riippumattomia työvaiheita voidaan suorittaa asunnon märkätiloissa ja kuivissa tiloissa samanaikaisesti. Alun perin käytävät olivat oma lohkonsa, mutta aikataulun suunnittelun edetessä päätin jättää käytävät lohkomatta ja niissä tehtävät työvaiheet tehtäisiin samaan aikaan kerroksen muiden työvaiheiden kanssa. Esimerkiksi tasoitus ja maalaustyöt on tarkoitus suorittaa koko kerroksessa 1. viikon aikana. Lohkojaossa ei ole otettu mukaan kellarikerrosta, eikä siellä tehtäviä töitä, koska kellarikerroksen lohkotus osoittautui hankalaksi. Lisäksi kellarikerroksessa tehtäviä töitä voidaan käyttää varamestoina siltä varalta, että joku työvaihe ei etene tahdissa, ja seuraava työvaihe on jo tulossa perästä, tai lohkoissa ei voi juuri silloin jostain muusta syystä työskennellä. Kuvassa 17 kohteeseen tehty lohkojako.



KUVA 17 Asuntojen lohkojako pohjakuvassa (Tissari 2020)

### 7.4 Tahdin määrittäminen ja työvaiheiden tasoitus

Hitaimpana työvaiheena oli laatoitus, jolle laskin 614 tth aikaa kahdella työntekijällä. Määritin tahdiksi 16 tuntia/lohko koko laatoitukselle sisältäen vedeneristyksen, lattian ja seinän laatoituksen, sekä saumaukselle ja silikonin laitolle. Se tarkoittaisi sitä, että laatoitukseen menisi 2 viikkoa/kerros. Tämä tarkoittaa sitä, että laatoitustyö olisi vienyt kaksi peräkkäistä tahtia aikataulusta. Opinnäytetyön ohjauspalaverissa käytyjen keskustelujen perusteella, sekä kokemukseen perustuvan tiedon mukaan päätin kuitenkin vaihtaa laatoitukselle 8 tuntia/lohko, eli noin viikko per kerros. Määritin tahdiksi 8 tuntia/lohko, joka on esimerkiksi B-rapun 2. – 4. kerroksessa 5 työvuoroa/kerros. A-rapun 1. kerroksessa on kaksi asuntoa, joten siihen menisi vain kaksi työvuoroa. Mutta näissä väleissä on aikataulussa nähtävissä puskuria, joten uskon myös, että 8

tuntia/ lohko laatoitustöille on riittävästi. Seuraavaksi tasain työvaiheet niin, että työskennellessä lohossa 8 tuntia, aikataulu sisältäisi sellaiset työvaiheet, jotka voidaan sen ajan puitteissa suorittaa lohossa.

Kuvassa 18 esitetty huoneistojen, sekä märkätilojen tuotantojunat. Ylempi rivi kuvaa huoneistojen tuotantojunaa ja alempi rivi märkätilojen tuotantojunaa. Pällekkäin kaaviossa olevat työvaiheet tapahtuvat lohossa samanaikaisesti esimerkiksi kolmantena oikealta väliseinärungot sekä toisen puolen levytys ja väliseinien kaapelointi tapahtuu huoneiston kuivissa tiloissa yhden tahdin aikana, samaan aikaan huoneiston märkätiloissa tehdään kallistusvaluja tahdin puitteissa.

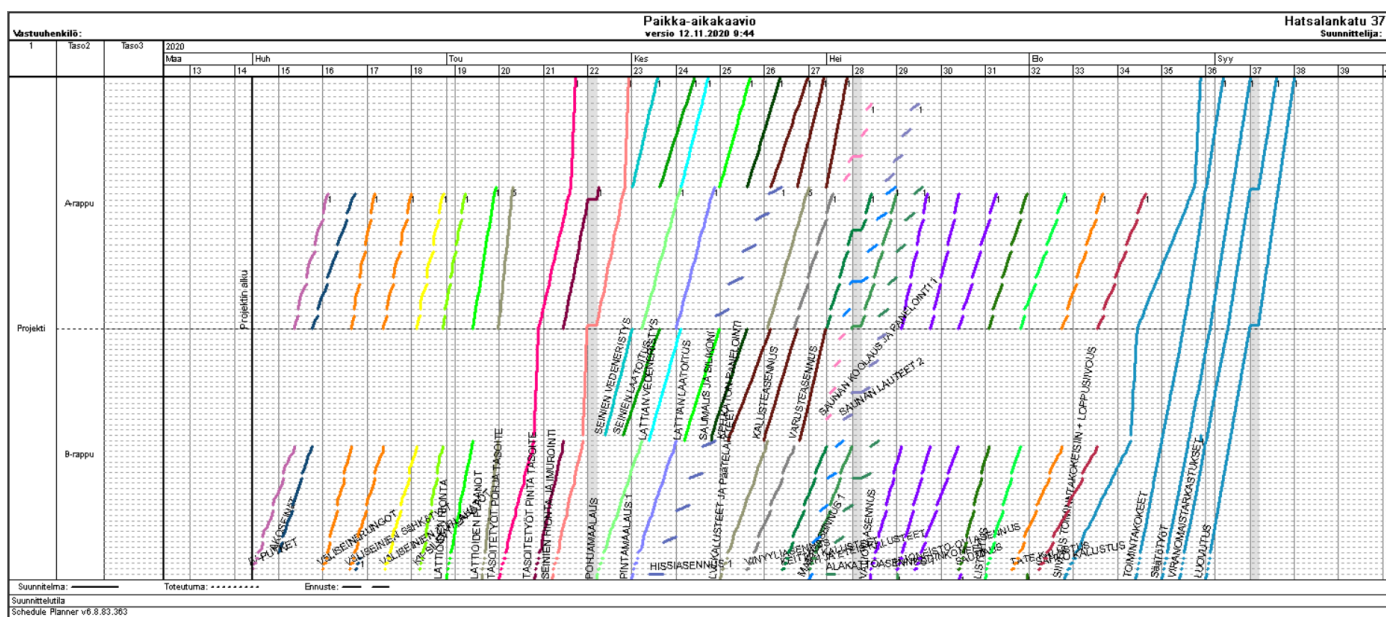
HUONEISTOJEN TUOTANTOJUNA															
IV-PUTKET	AKO SEINÄT JA PUTSIYO	VS RUNGOT JA TOINEN PUOLI LEVITYS + VALISEINEN KAAPELOINTI	VS TUPLAUS JA KIPSILEVYLAKATOT	LATTIOIDEN HIONTA JA ETUPUTSI	TASOITUSTYÖ	PLAANOT	MAALAUS	KALUSTEET	VÄLITAHTI	VINYYLI ASENNUS	VÄLIOVET, ULKO-OVET JA KODINKONEET	SAUMALUS JA LISTOITUS	SIVOUS TOIMINTA KOKOISIN + LOPPUSIVOUS	AUTOMATIKAN TOIMINNAN TARKASTUS + MITTAUS JA SÄÄTÖ	LUOVUTUS
MÄRKÄTILOJEN TUOTANTOJUNA															
IV-PUTKET	AKO SEINÄT JA PUTSIYO	KALLISTUS VALUT	LAATOITUS	VÄLITAHTI	KROONIHAIJOTUKSET	PLAANOT	VÄLITAHTI	KPH ALAKATOT	SAUNAN KOOULAUUS, PANELOINTI JA LAUTEET	KPH KIINTOKALUSTUS JA VARUSTE ASENNUS	TATE JA SÄHKÖ KALUSTUS	SAUMALUS JA LISTOITUS	SIVOUS TOIMINTA KOKOISIN + LOPPUSIVOUS	AUTOMATIKAN TOIMINNAN TARKASTUS + MITTAUS JA SÄÄTÖ	LUOVUTUS

KUVA 18 Huoneistojen kuiva- ja märkätilojen tuotantojunat (Tissari 2020)

## 7.5 Aikataulun luominen

Tein tahtiaikataulun ensin Vico Scedule Planner -ohjelmalla, jossa ei ole erillistä aikatauluosiota tahtiaikataululle, joten aikataulu muistutti enemmän normaalia sisävalmistusvaiheen aikataulua. Aikataulutukseen käytin apuna määrien mukaan exelin avulla työmenekkien kautta laskettuja työntekijätunteja. Tahdistin sen jälkeen aikataulun tehtävät toisiinsa nähden niin, että kaikilla töillä oli paikka-aikakaaviossa samat kulmakertoimet, eikä työt olleet päällekkäin missään lohossa.

Kuvassa 19 kohteen tahdistettu aikataulu paikka-aikakaavio muodossa. Kuvassa 20 kohteen aikataulu janakaavio muodossa.



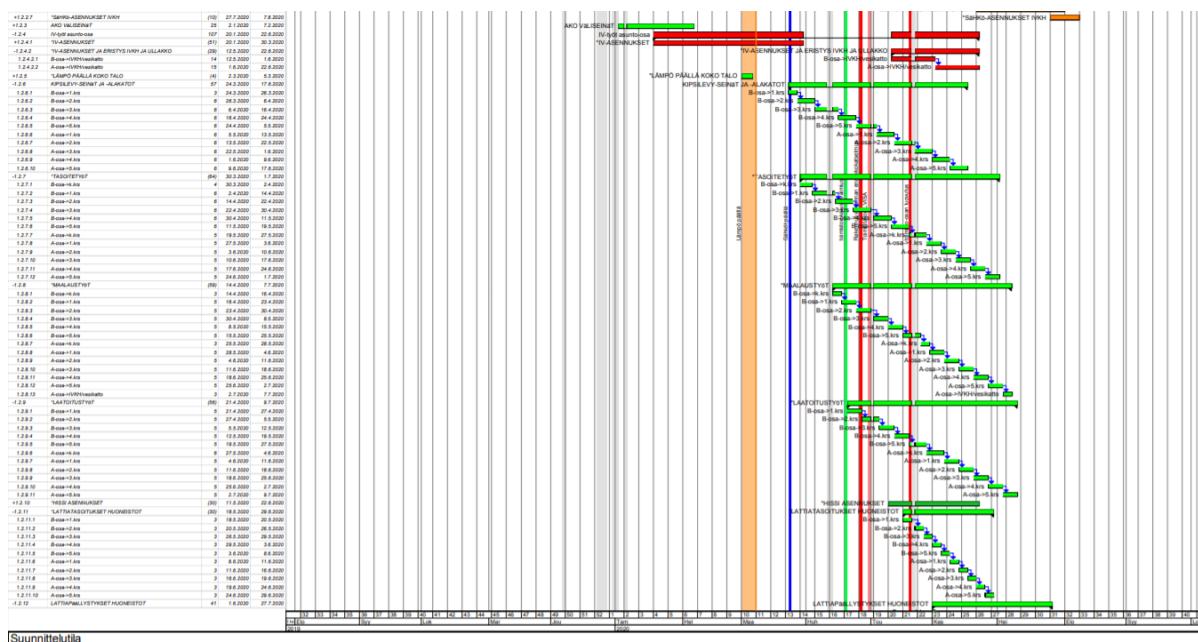
KUVA 19 Kohteen tahdistettu paikka-aikakaavio (Tissari 2020)



## 8 TAHTIAIKATAULUN VERTAILU RAKENNUSVAIHEAIKATAULUUN

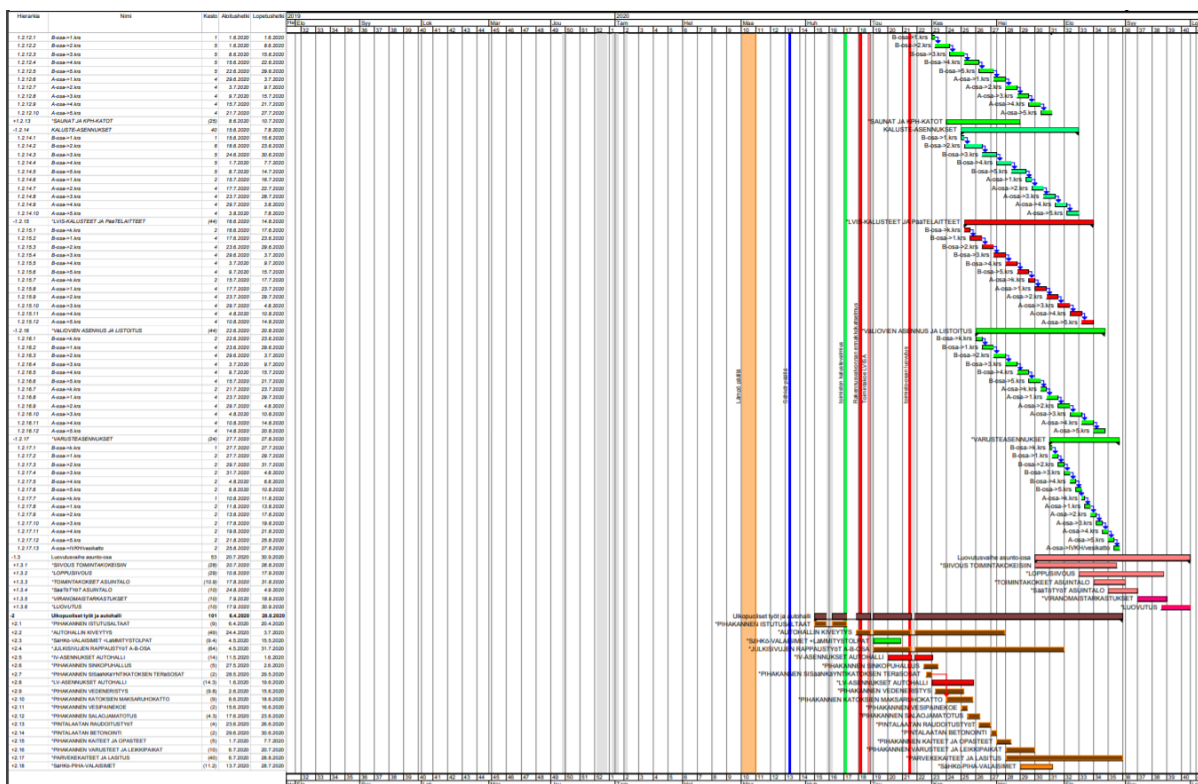
Kohteen rakentamisvaiheikataulun sisävalmistusvaihe sijoittui maaliskuusta viikolta 13 syyskuuhun viikolle 40. Rakentamisvaiheikataulun mukaan sisävalmistusvaiheelle oli varattu 27 viikkoa aikaa, eikä se sisältänyt Ako-seinien asennusta, joka alkuperäisessä aikataulussa oli suunniteltu tehtäväksi jo tammikuussa ja sille varattu kestoksi viisi viikkoa.

Rakentamisvaiheikataulussa oli sisävalmistusvaiheen osalta suunniteltu ensin tehtäväksi kipsilevyseinät ja alakatot ja niille oli varattu aikaa 12,5 viikkoa. Viikko kipsilevyasennuksien jälkeen oli suunniteltu alkavaksi tasoitetyöt, joille aikaa varattu 13,5 viikkoa. Tasoitetyölle oli varattu puskuria 2 viikkoa ennen maalaustöitä, jotka oli suunniteltu alkavaksi viikolla 16 ja kestoksi oli suunniteltu 12,5 viikkoa. Viikko maalaustöiden jälkeen alkavaksi suunnitellulle laatoitustyölle oli suunniteltu n.12 viikkoa aikaa. Laatoitustöiden jälkeen kolmen viikon jälkeen oli suunniteltu alkavaksi hissiasennukset sekä neljän viikon jälkeen lattiatasoiukset, joille molemmille oli varattu n. 6 viikkoa aikaa. Lattiatasoiusten jälkeen kesäkuun ensimmäisellä viikolla 23 on suunniteltu lattiapäällystykset alkavaksi ja kesto niille 8 viikkoa. Saunat ja kph-katot oli suunniteltu aloitettavaksi viikolla 24 ja kesto 5 viikkoa. Viikolla 25 alkaville kalusteasennuksille oli suunniteltu 8 viikkoa aikaa. LVIS-kalusteet ja päätte-laitteet suunniteltu alkavaksi heti kalusteasennuksen jälkeen ja sille ajaksi on suunniteltu 9 viikkoa. Viikko LVIS-kalustuksen aloituksen jälkeen alkoi välivien asennus ja listoitus, jolle oli suunniteltu myöskin 9 viikkoa aikaa. Viimeisenä ovat varusteasennukset ennen luovutusvaihetta. Näille oli varattu 5 viikkoa. Luovutusvaiheelle loppuun oli varattu 11 viikkoa ja se sisälsi toimintakoesiivouksen, toimintakokeet ja säädöt, loppusiivouksen, viranomaistarkastukset sekä luovutuksen. (kuva 21 ja 22.)



KUVA 21. Kuva kohteen rakentamisvaiheikataulusta 1/2 (Tissari 2020) (CC BY)





KUVA 22. Kuva kohteen rakentamisaikataulusta 2/2 (Tissari 2020)

Tahtiaikataulu on tehty Vico Schedule Planner ohjelmalla tehdyn aikataulun perusteella Skanskan tahtiaikataulu-Excel pohjaan. Aikataulussa yksi ruutu tarkoittaa yhtä viikkoa/ kerros, eli kun kerroksessa on 5 asuntoa, niin se tarkoittaa 8 tuntia per lohko. Työt etenevät järjestyksessä niin, että ensimmäisenä on iv-putkien asennukset ja niiden jälkeen alkaa Ako-seinien asennukset ja putsityöt, Ako-seinien jälkeen alkaa väliseinärungot ja sähköputkitukset. Seuraava tahti on väliseinien tuplaus ja alakatot sekä laatoitus, ja nämä voivat tapahtua yhtä aikaa samassa huoneistossa, koska toinen tapahtuu märkätiloissa ja toinen kuivissa tiloissa. Väliseinien tuplauksen ja laatoituksen jälkeen seuraava tahti on lattioiden hionta ja etuputsi. Lattioiden hionnan ja etuputsin jälkeen on suunniteltu välitahti sekä plaanot tehtäväksi kolmena eri viikkona. Plaanojen jälkeen on suunniteltu tasoitetyöt ja kromihajoitukset alkavaksi.

Maalaustyöt alkavat tasoitettujen jälkeen. Maalaustöitä seuraa kalusteasennukset sekä kylpyhuoneiden alakattoasennukset. Kaluste- sekä alakattoasennusten jälkeen tulee saunan koolaus, panelointi ja lauteet -tahti. Saunan töiden jälkeen alkaa vinyylasennus ja kylpyhuoneiden kiintokalustus ja varustus, jolle on varattu yksi tahti. Plaanon jälkeen ennen vinyylasennusta on kolme viikkoa aikaa plaanolle kuivua ennen kuin vinyylasennus alkaa. Vinyylasennuksen jälkeen alkoi oviaasennus, kodinkoneet sähkö ja tate kalustus. Oviaasennuksen jälkeinen viimeisenä työvaiheena ennen luovutusvaiheen töitä alkoi saumaus ja listoitus. Saumauksen ja listoituksen jälkeen alkoi toimintakoesiivoukset ja loppusiivoukset. Toimintakoesiivousten jälkeen automatiikan toiminnan tarkastus sekä tarvittavat mittaukset ja säätö, jonka jälkeen luovutus. Tahtiaikataulun mukaan luovutus oli viikolla 38 ja alkuperäisen aikataulun mukaan viikolla 40 joten aikataulusäästöä tuli teoreettisesti tahtiaikataulun teolla 2 viikkoa.



## 9 FIRA SITEDRIVE -OHJELMISTO TAHTITUOTANNON OHJAUKSESSA

Fira Siterdrive -ohjelmisto on työkalu päivittäisjohtamiseen työmaalla kaikille rakentamisen sidosryhmille. Ohjelma auttaa johtamaan aikataulua yhteistyössä läpi rakennushankkeen. (Fira sitedrive, julkaisuaika tuntematon.)

Digit työkalut eivät ole yksin ratkaisu aikatauluongelmaan, työkalusuunnittelun perustana on auttaa työnjohtajaa onnistumaan päivittäisessä aikataulujohtamisessa ja aikataulun tekemisestä läpinäkyväksi työntekijöille. Päivittäisjohtamisen tasolla tavoitteena on aikataulusuunnittelun lisäksi, osallistaa tiimit kommunikoimaan tehtävän tilasta ja mahdollisista viivästyksistä työnjohdolle, joten työnjohto osaa reagoida suunnitelmien muutokseen mahdollisimman ajoissa. (Fira sitedrive, julkaisuaika tuntematon.)

Sitedrive sopii suunnittelunohjauksen, tuotannon, taloteknisten- tai takuutöiden johtamistyökaluksi. Sitedrive auttaa visuaalisen tilannekuvan luomisessa ja tekemään sen pohjalta jatkuvaa uudelleensuunnittelua. Työntekijät voivat raportoida tehtävien esteet ja etenemisen puhelimellaan ja tiedot tulevat heti työnjohtajalle. Työnjohtaja voi reagoida muutoksiin nopeasti ja nopea reagointi ja esteiden poistaminen auttaa lyhentämään läpimenoaika ja parantaa rakentamisen laatua. (Fira sitedrive, julkaisuaika tuntematon.)

Haastattelin Fira Sitedriven asiakkuuspäällikköä Tuomas Hakulista perjantaina 13.11.2020 koskien Sitedrivea, sen käyttöä sekä sen sopivuutta tietynlaisiin hankkeisiin sekä käyttäjäkokemuksia. Lisäksi sain opiskelijaoikeudet Sitedriven käyttöön ja kävimme läpi aikataulun tekoa ja tiimien lisäystä aikatauluun sekä aikataulun seuranta ja aikataulun muokkaamista muutosten tai viivästysten myötä.

Fira Sitedrive on työkalu tuotannonohjaukseen, ja aikataulujen laadintaan ja niiden seurantaan. Ohjelman etuna on sen visuaalinen ilme ja selkeys siitä, mitä tehdään ja missä minäkin päivänä ja kuka työn tekee. Työntekijöillä on mahdollisuus ilmoittaa häiriöistä ja työn etenemisestä ja työn valmistumisesta mobiiliaplikaatiolla työnjohdolle. Työntekijöillä tai työporukan kärkimiehellä on puhelimesaan Sitedriven mobiiliaplikaatio, jolla hän voi tehdä ilmoituksen, josta työnjohto saa ilmoituksen ja on velvollinen puuttumaan esteisiin ja niiden poistamiseen tietyn ajan kuluessa riippuen esimerkiksi tahdin pituudesta. Jos työmaalla tahti on vaikka 8 tuntia, on työnjohdolla velvollisuus reagoida esteisiin 4 tunnin kuluessa, tai miten työmaalla on paikallisesti sovittu. Sitedrive olisi mielestäni hyvä tuotannonohjauksen työkalu nimenomaan tahtiaikatauluun. Haastattelussa Hakulinen (2020) kuitenkin painotti, että mikään digitaalinen työkalu tai sen käyttö ei itsessään lyhennä rakennushankkeen läpimenoaika tai varmista tahtiaikataulun toimintaa tuotannossa, jos työvaihetta ei ole suunniteltu kunolla eikä kaikki osapuolet ole sitoutuneita aikatauluun.

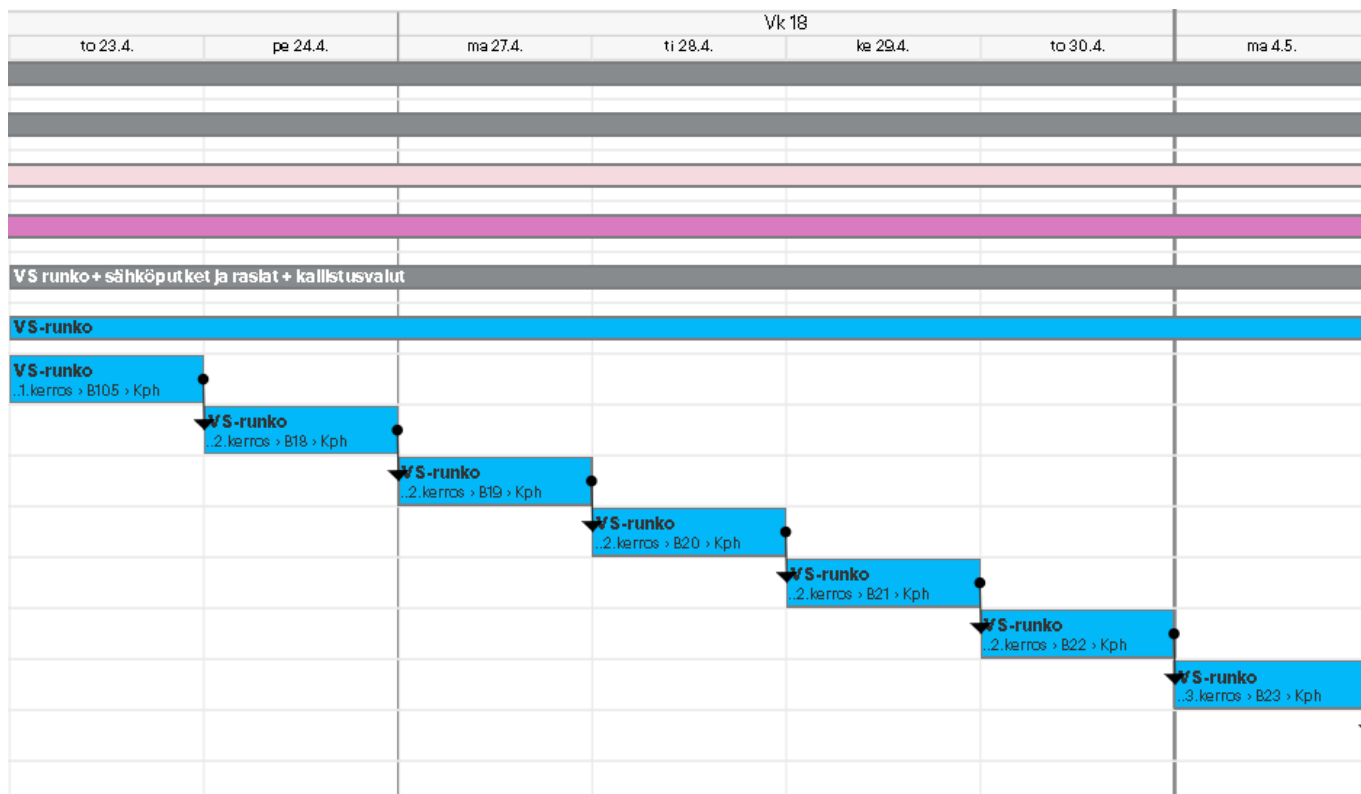
Tein Sitedrive ohjelmalla aikataulun kohteeseen. Lisäsin ensin paikat, missä työ tehdään ja laitoin paikat aikatauluun huonetarkkuudella, joten nähdään, että mitä työtä tulisi milloin olla tekemässä missä huoneistossa. Seuraavaksi lisäsin työtehtävät ja työryhmät ja määritin tietyt työryhmät tekemään tietyt työvaiheet. Seuraavaksi laitoin yhden tehtävän kestoksi aiemmin määritetyn 8h/lohko ja

jaoin tehtävät paikkoihin. Kuvassa 24. Fira sitedrive ohjelmistolla tekemäni aikataulu pelkistetyssä muodossa.

▼	NIMI	- +	PAIKKA	TIIMI	KESTO	ALKUPÄIVÄ...	Q	2020											
								huhti	touko	kesä	heinä	elo	syys	loka	maras				
1	Hatsalankatu		Hatsalankatu		976t	3.4. [pe]		Hatsalankatu											
2	Iv-putket				304t	3.4. [pe]		Iv-putket											
3	Akoseinät ja putsityö				304t	15.4. [ke]		Akoseinät ja pu											
4	VS runko + sähköputket ja rasiat ...				304t	23.4. [to]		VS runko + sähkö											
5	Vs-tuplaus, kipsilevyalakatot ja l...				304t	4.5. [ma]		Vs-tuplaus, kips											
6	Lattioiden hionta & etuputsi				304t	12.5. [ti]		Lattilojen hion											
7	Välitahti				304t	20.5. [ke]		Välitahti											
8	Plaanot				304t	20.5. [ke]		Plaanot											
9	Tasoitustyö+ kromi hajotukset				304t	29.5. [pe]		Tasoitustyö+ kr											
10	Maalaus				304t	8.6. [ma]		Maalaus											
11	Kalusteet ja kph alakatot				304t	16.6. [ti]		Kalusteet ja kph											
12	Saunan koolaus, panelointi ja lau...				304t	25.6. [to]		Saunan koolaus											
13	Vinyylisennus + KPH kiinto kal...				304t	3.7. [pe]		Vinyylisennus											
14	Oviasennus, kodinkoneet sähkö ...				304t	13.7. [ma]		Oviasennus, ko											
15	Saumaus ja listoitus				304t	21.7. [ti]		Saumaus ja list											
16	Toimintakoosiivous + loppusiivous				304t	29.7. [ke]		Toimintakoosiiv											
17	Luovutus				304t	6.8. [to]		Luovutus											

KUVA 24. Fira Sitedrivella tehty aikataulu (Tissari 2020)

Alemmassa kuvassa 25. näkymä päivätasolla. Esimerkiksi väliseinärungot tulisi olla tehtynä 2 kerroksessa viidessä päivässä. Samaan aikaan lohkossa on menossa sähköputkitukset ja rasioiden laitto, sekä märkätiloissa kallistusvalut.



KUVA 25. Fira Sitedrivella tehty aikataulu viikonäkymässä yhden tehtävän osalta (Tissari 2020)

## 10 YHTEENVETO

Tahtiaikatuotanto on tullut teollisuudesta rakennustuotantoon ja siitä puhutaan nykyään paljon. Rakennusalan kilpailu painostaa miettimään enemmän töiden tehokkuutta ja arvoa tuottavaa työtä. Hyvin laadittu tahtiaikataulu auttaa teoriassa lyhentämään rakentamisen läpivientiaikaa, mutta se vaatii osallistuttavaa suunnittelua, sopimuksia, sekä jatkuvaa valvontaa sekä häiriöihin puuttumista sekä vakiintuneita tapoja, miten häiriöt poistetaan ja päästään takaisin alkuperäiseen tahtiin. Jokaisen osapuolen sitoutuminen on tärkeää. Tahtiaikataulun suunnittelu vie paljon aikaa ja vaatii suunnittelijalta ammattitaitoa ja kokemusta töiden etenemisestä. Lisäksi suunnittelussa on hyvä olla mukana aliurakoitsijoita, jotka suunnitteluun osallistumalla sitoutuvat toteuttamaan työn suunnittelun aikataulun mukaan.

Tahtiaikataulu voidaan soveltaa uudiskohteen esimerkiksi kerrostalo, toimistorakennus, hotelli, rivitalo lisäksi korjaushankkeisiin esimerkiksi putkiremontteihin. Tahtiaikataulun vaatimukset tulee täyttää, että tahtiaikataulua voidaan käyttää eli kohteessa tulee olla toistuvia lohkoja, jossa suoritetaan toistuvia peräkkäisiä töitä. Tulevaisuudessa modulaarinen rakentaminen ja kylpyhuone-elementit ja esirakennusasteen kasvaminen mahdollistaa myös tahtiaikasunnittelua niin työmaalla kuin elementitehtaalla ja työmaalla tehtäviä työvaiheita jää paljon pois. Työmaalla tehtävien työvaiheiden poistuminen lyhentää rakennusaikaa huomattavasti. Tuotannonohjaukseen on tahtituotannossa kiinnitettävä paljon huomiota ja häiriöihin on puututtava heti ne huomattua eikä esimerkiksi viikon päästä. Tahtituotannonohjaukseen on olemassa paljon erilaisia työkaluja ja menetelmiä. Jos on sitoutunut viemään tahtituotannolla rakennushankkeen läpi, on aikataulun läpinäkyvyys, yhdessä suunnittelu ja työntekijöiden ja työnjohdon välinen yhteistyö ensiarvoisen tärkeää.

Työn tuloksesta ilmenee, että tahtiaikataulun tuoma aikatauluhyöty olisi kaksi viikkoa. Tahtiaikataulu tehtiin kuitenkin vain teoriatasolla, eikä sitä päästy toteuttamaan käytännössä, koska opinnäytetyön teon aikaan rakennus oli jo luovutettu. Lisäksi jos tahtiaikataulu olisi otettu käyttöön vasta sisävalmistusvaiheen alkaessa olisi se ollut liian myöhäistä ja aliurakoitsijoita ei oltaisi saatu enää sitoutettua aikatauluun, jos aikataulu ei olisi ollut jo sopimusvaiheessa valmis. Teoriassa kahden viikon aikatauluhyöty työmaalla tuo huomattavasti kustannushyötyä.

## 11 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä tahtiaikataulu kohteen sisävalmistusvaiheeseen käyttämällä apuna Vico Shedule Planner -ohjelmaa, sekä Skanskan tahtiaikataulu -Exceliä. Tahtiaikataulu sovellettiin tähän kohteeseen hyvin, koska tiloissa tehtävät työt toistuivat ja tilat olivat suuruudeltaan suurinpiirtein samankokoisia.

Tahtiaikataulu ei ollut minulle ennestään tuttu käsite ennen opinnäytetyötä ja opin paljon uutta työtä tehdessä. Tahtiaikataulun suunnittelussa oli monta eri vaihetta ja aikataulu kehittyi viimeiseen muotoonsa monen muokkauksen ja työvaiheiden yhdistämisen jälkeen. Työ oli opettavainen ja opin paljon aikataulutuksesta, tehtävien kestojen laskennasta, työvaiheiden tahdistuksesta sekä tahtiaikataulun laadinnasta.

Tahtiaikataulun vieminen käytäntöön ja käytännössä tulevat haasteet on vielä tutkimatta. Jatkotutkimuksen aiheena olisi hyvä selvittää, miten tämä aikataulu toimii käytännössä työmaalla ja mistä tahdituotannon kustannukset syntyvät. Mutta teoriassa aikataulu toi kaksi viikkoa aikatauluetua. Tahtiaikataulussa ja sen toteuttamisessa työmaalla on omat haasteensa ja se vaatii kaikkien osapuolten sitoutumisen tahtiin ja aikatauluun läpinäkyvyyttä. Tahtiaikataulu vaatii myös paljon sitoutumista, ohjausta ja suunnittelua työnjohdolta.

## LÄHTEET

- Fira Modules Kylpyhuonemoduuli asennus <https://www.firamodules.com/fi/blog/modulaarisuus-suunnittelun-lahtokohtana/> Viitattu 10.11.2020
- Fira Sitedrive Laadukkaampaa, turvallisempaa ja kustannustehokkaampaa rakentamista Verkkojulkaisu 2019 <https://www.sitedrive.com/fi/blog/laadukkaampaa-turvallisempaa-ja-kustannustehokkaampaa-rakentamista/> Viitattu 10.11.2020
- Fira Siterive Onnistu tahtiajalla, käytännön oppeja tahtityömailta. Verkkojulkaisu. [https://hub.fira.fi/hubfs/Sitedrive/onnistu-tahtiajalla/Onnistu\\_tahtiajalla](https://hub.fira.fi/hubfs/Sitedrive/onnistu-tahtiajalla/Onnistu_tahtiajalla). Julkaisujankkohta tuntematon Viitattu 4.11.2020
- Fira Sitedrive Aikataulujohtamista yhdessä. <https://firasmart.com/fi/sitedrive/> Julkaisujankkohta tuntematon Viitattu 16.11.2020
- Koskela & Koskenvesa Last Planner – toimiva tuotannonohjaus työmaalla <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK040502.pdf>
- Lean Construction Institute Finland 2015. Lean-rakentamisen hyödyt. Verkkojulkaisu. Päivitetty 28.5.2015. <http://lci.fi/lean-rakentamisen-hyodyt/>. Viitattu 20.10.2020
- Lean Construction Institute Finland Mitä on Lean? Verkkojulkaisu. Ajankohta tuntematon <http://lci.fi/mita-on-lean-rakentaminen/> Viitattu 9.11.2020
- Lean Construction Institute Finland Moduulirakentaminen säästää aikaa ja rahaa Tampereen Rantatunnelissa Ratamäki Hannu Blogijulkaisu 2015 <http://lci.fi/blog/tuloskortti/moduulirakentaminen/> Viitattu 10.11.2020
- Lean Construction Institute Finland 2015. Tahtiaikatuotanto uudistaa tuotannonohjauksen. Verkkojulkaisu. Päivitetty 28.5.2015. <http://lci.fi/blog/menetelmakortti/tahtiaikatuotanto/>. Viitattu 20.10.2020
- Modig, Niklas & Åhlström, Pär 2013. Tätä on Lean, Ratkaisu tehokkuusparadoksiin. Tukholma: Rheologica publishing.
- Purtola, Sami 2018. Kylpyhuonemoduulien hyödyntäminen vähentää työmaalla tehtäviä sisätöitä puolella Blogijulkaisu <https://www.firamodules.com/fi/blog/kylpyhuonemoduulien-hyodyntaminen-vahentaa-tyomaalla-tehtavia-sisatoita-puolella/> Viitattu 10.11.2020
- Ratu KI-6028 Aikataulukirja 2015. Helsinki: Rakennustieto Oy Rakennustietosäätiö RTS sr <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/resource/juha/content/17168#page=1>
- Ratu KI-6031 Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus 2017. Helsinki: Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS sr. <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia.fi/resource/juha/content/22792#page=1>
- Tiusanen, Pirita 2018. Fira Blogi Modulaarinen rakentaminen nyt ja tulevaisuudessa Blogijulkaisu <https://www.fira.fi/blog/modulaarinen-rakentaminen/> Viitattu 10.11.2020





## LIITE 2: MÄÄRÄLASKENTA

Huoneistot				Märkätilat			
Akoseinät	x	864	m2	Akoseinät	x	864	m2
Sileät kipsilevykatot	x	334	m2	Tasoitetyöt	x	1036	m2
Kipsilevyseinät	x	1259	m2	Vedeneristys	x	1036	m2
Lattioiden hionta/ lattiaplaanot	x	2142	m2	Saunan eristys	x	126	m2
Tasoitetyöt	x	3921	m2	Laatoitus ja saumaus	x	1036	m2
Maalaustyöt	x	5929	m2	Kittaukset	x	659	jm
Vinyylasennukset	x	1786	m2	Kylpyhuoneiden katot	x	201,5	m2
Kalusteasennukset	x	740	yks	Kalusteasennus	x	111	yks
Väliilalevyt ja ikkunapenkit	x	87	m2	Saunan koolaus	x	360	jm
Väliovien asennukset	x	111	yks	Saunan panelointi	x	131	m2
Huoneisto ovien asennukset	x	38	yks	Saunan lauteet	x	45	m2
Kittaukset	x	1427	jm	Kiukaan asennus	x	9	yks
Listoitus	x	1580	jm	Varusteasennus	x	37	yks
Loppusiivous	x	2392	m2	Loppusiivous	x	1036	m2



## LIITE 4: TUOTANTOJUNAT JA TYÖJÄRJESTYKSET

HUONEISTOJEN TUOTANTOJUNA															
IV-PUTKET	AKO SEINÄT JA PUTSITYÖ	VS RUNGOT JA TOINEN PUOLI LEVITYS + VALISEINIEN KAAPELOINTI	VS TUPLAUS JA KIPSILEYVÄLAKATOT	LATTIOIDEN HIONTA JA ETUPUTSI	TASOITUSTYÖ	PLAANOT	MAALAUS	KALUSTEET	VÄLITAHTI	VINYyli ASENNUS	VÄLIOVET, ULKO-OVET JA KODINKONEET	SAUMMAUS JA LISTOITUS	SIVOUS TOIMINTA KOKKEISIN + LOPPUSIVOUS	AUTOMATIKAN TOIMINNAN TARKASTUS + MITTAUS JA SÄÄTÖ	LUOVUTUS
MÄRKÄTILOJEN TUOTANTOJUNA															
IV-PUTKET	AKO SEINÄT JA PUTSITYÖ	KALLISTUS VALUT	LAATOITUS	VÄLITAHTI	KROMI-HAJOTUKSET	PLAANOT	VÄLITAHTI	KPH ALAKATOT	SAUNAN KOOLAUS PANELOINTI JA LAUTEET	KPH KIINTO-KALUSTUS JA VARUSTE ASENNUS	TÄTE JA SÄHKÖ KALUSTUS	SAUMMAUS JA LISTOITUS	SIVOUS TOIMINTA KOKKEISIN + LOPPUSIVOUS	AUTOMATIKAN TOIMINNAN TARKASTUS + MITTAUS JA SÄÄTÖ	LUOVUTUS



## LIITE 6: LOHKOJAKO

