



Naser Otaki

Tahtituotanto ja ajan hallinta rakennushankkeissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

27.2.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Naser Otaki
Otsikko: Tahtituotanto ja ajan hallinta rakennushankkeissa
Sivumäärä: 37 + 2 liitettä
Aika: 27.2.2023

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

Insinööritöön tavoitteena oli perehtyä nykyisen rakennusteollisuuden tuotannonohjauksen menetelmiin ja aikataulutuksen eroihin verrattuna tahtituotantoon. Alussa kerrotaan yleisesti perinteisen tuotannonohjauksen aikatauluttamisesta sekä esitetään käytetyimpiä rakennushankkeen aikataulumuotoja.

Tavoitteena oli hakea myös syventävää tietoa tahtituotannon aikataulusuunnittelusta, aikataulumuodoista ja sen soveltamisesta rakennushankkeisiin. Lisäksi työssä kerrottiin työntekijän päivän rutiineista ja esitetään mahdollisia hyötyjä sen soveltamisesta. Tärkeänä osana tutkimustyössä oli se, että havaittiin yleisempiä ongelmia ja niiden ratkaisuja. Näiden pohjalta tutkimustyön lopussa laadittiin tahtituotannon opas/toimintamalli yrityksille, jotka aikovat ottaa tahtituotannon menetelmä omiin työmaihin asuinrakentamisessa.

Tutkimustyö toteutettiin kokonaan etsimällä tietoa eri kirjallisuuslähteistä rakennushankkeen tuotannonohjauksesta ja tahtituotannosta. Tässä tutkimustyössä kerrottiin yleisesti rakennushankkeen tuotannon ajallisen hallintaan liittyvistä asioista ja keskityttiin tarkemmin tahtituotannon soveltamiseen rakennushankkeissa. Tutkimustyö sisältää esimerkkikohteen, jonka tuotannonohjauksessa on käytetty tahtituotannon menetelmää.

Tutkimustyö sisältää yleisiä tietoja tahtituotannon suunnittelu- ja aikatauluttamisesta. Rakennusyritykset voivat hyödyntää tutkimustyön sisältöä lähtötietona tahtituotannon soveltamisessa rakennushankkeisiin.

Avainsanat: Lean, Tahtituotanto, Tuotannon ohjaus, Ajallinen hallinta

Abstract

Author:	Naser Otaki
Title:	Takt time production and time management in construction projects
Number of Pages:	37 pages + 2 appendices
Date:	1 March 2023
Degree:	Bachelor of Engineering
Degree Programme:	Civil Engineer
Professional Major:	Project Management for Construction
Supervisors:	Riitta Jääskeläinen, Senior Lecturer

The goal of the final year project was to learn about the methods of production control in the current construction industry and the differences in scheduling compared to takt time production. In the beginning, the scheduling of traditional production control is explained in general, and the most used construction project scheduling formats are presented.

The goal was also to search for more in-depth information about schedule planning for paced production, schedule forms and its application to construction projects. In addition, the employee's daily routine is explained and the possible benefits of its application are presented. An important part of the study is that more general problems and their solutions are observed. Based on these, at the end of the thesis, a manual for paced production/operating model will be drawn up for companies that plan to adopt the paced production method on their own residential construction sites.

The graduate study was carried out entirely by searching for information from different literature sources about the production control and paced production of the construction project. In this study, general issues related to the time management of the construction project's production will be reported and we will focus more specifically on the application of paced production in construction projects. The research work includes an example construction site the production control of which production control uses the paced production method.

The thesis contains general information about the planning and scheduling of pace production. Construction companies can utilise the content of the study as initial information in the application of pace production in construction projects.

Keywords:	lean, takt time production, production control, last planner system, temporal control
-----------	---

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Hankkeen aikataulu	3
3	Työmaan ajallinen hallinta	5
3.1	Työmaan aikataulusuunnittelu	5
3.2	Aikataulujen esitystapa	7
3.2.1	Jana-aikakaavio	7
3.2.2	Toimintaverkko	7
3.2.3	Tuotantoaikakaavio	10
3.2.4	Paikka-aikakaavio	11
4	Lean tuotannonohjauksessa	13
4.1	Lean rakentamisessa	15
4.2	Last Planner System, LPS	16
5	Tahtituotanto	18
5.1	Tahtituotannon aikataulusuunnittelu	19
5.2	Tahtituotannon aikataulumuodot	20
5.3	Tahtituotannon soveltaminen	22
5.4	Työntekijän päivä tahtituotannossa	26
5.5	Tahtituotannon hyödyt	27
5.6	Yleisimmät ongelmat & ratkaisut	28
5.6.1	Ongelmat 1: suunnittelu	28
5.6.2	Ongelma 2: Sitouttaminen	28
5.6.3	Ongelma 3: Poikkeamat	29
5.6.4	Ongelma 4: Työmaan johtamisnopeus	29
6	Tahtituotanto-opas	30
6.1	Tahtiajan määrittäminen rakentamisessa	32
7	Johtopäätökset	34
8	Pohdinta	35

9	Yhteenveto	37
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1: Liitteen nimi	
	Liite 2: Liitteen nimi	

Lyhenteet

Jidoka: Jatkuva laadun parantaminen.

JIT: Oikea-aikainen tapahtuva toiminta.

LPS: Last Planner system.

TTP: Takt Time Planning/ Tahtituotanto.

1 Johdanto

Rakennushankkeen ajallinen hallinta on yksi tärkeimmistä rakennushakkeiden onnistumisen liittyvistä seikoista. Rakennushankkeet aikataulutetaan monin eri tavoin ja on olemassa erilaisia menetelmiä/ järjestelmiä, joilla pyritään onnistumaan aikataulullisesti hankkeissa.

Suomessa projektinjohtamisella on ollut haastetta kehittämään ratkaisuja, joiden avulla työntekijä voisi onnistua tehtävissään. Vastuut ja riskit ovat siirtyneet sopimusten yhteydessä urakoitsijoille, eikä kokonaisuutta ole aina mietitty loppuun asti.

Tahtituotanto on tuonut rakennusalalle uuden toimintamenetelmän, jonka avulla voidaan onnistua kehittämään rakennushankkeiden tuotantoprosessia sekä lisätä kilpailukykyä ja parantaa asiakastyytyväisyyttä. Suomessa on suhtauduttu tahtituotannon soveltamiseen hankkeissa hieman varovaisesti, sillä tahtituotannon käyttöönotto suurissa ja monimutkaisissa projekteissa on haastavaa aloittaa. Tahtituotanto perustuu erilaisiin menetelmiin ja työkaluihin, jotka vaativat henkilöstön koulutusta.

Tämänhetkinen trendi soveltaa tahtituotantoa rakentamisessa tuo varmasti paljon uutta rakennustuotannon kannattavuuteen parantamiseksi. Näin ollen opinäytetyön tekijä on päättänyt selvittää itselleen, mitä tahtituotanto on käsitteenä ja miten sitä sovelletaan rakennustuotannossa.

Tässä tutkimustyössä keskitytään enimmäkseen kirjallisuuspainotteisesti tuotannonohjaukseen ja aikataulutukseen. Aikataulusuunnittelun vaiheet käydään suppeasti läpi tutkimustyössä. Pääaiheena on tahtituotanto, josta kerätään syventävää tietoa ja sen soveltamisesta rakennushankkeissa.

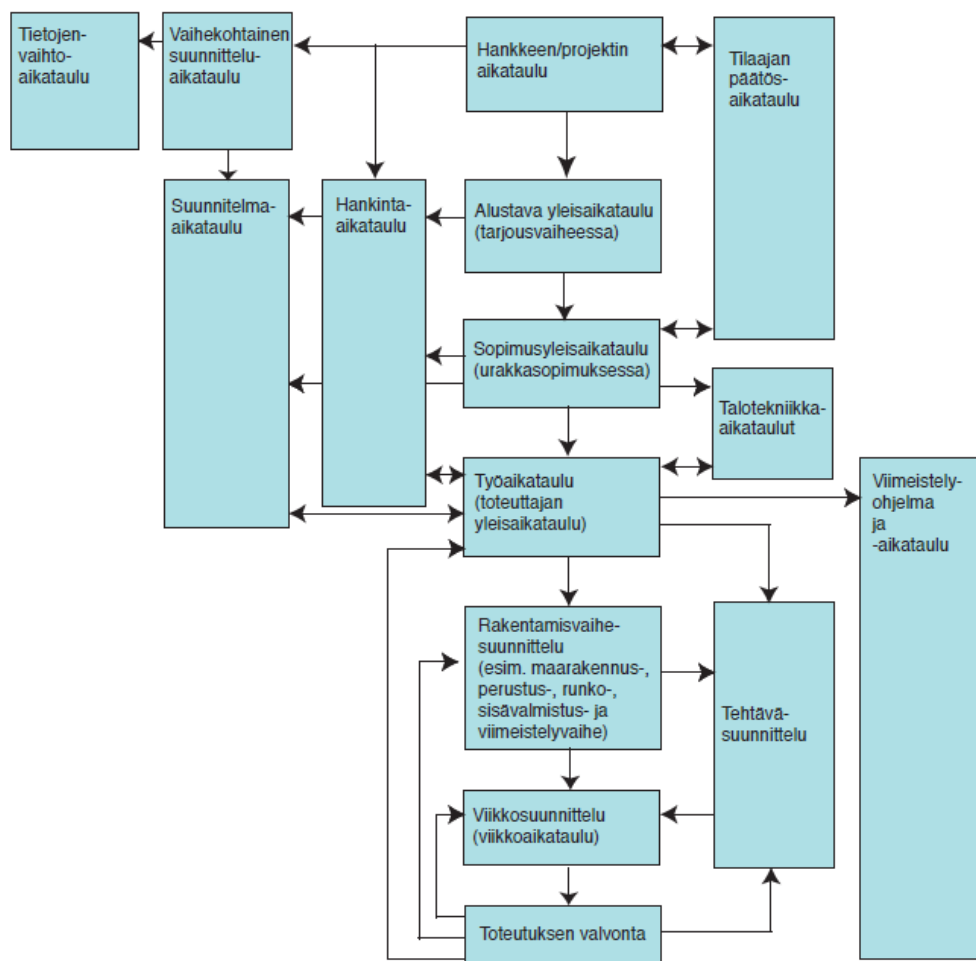
Tavoitteena on tehdä rakennusliikkeelle toimintaohje, kuinka tahtituotanto voidaan ottaa käyttöön uudessa asuinrakennus kohteessa ja selvittää minkälaisiin kohteisiin se parhaiten soveltuu käytettäväksi. Tavoitteena on kehittää tekijän

osaamista ja ammattitaitoa työnjohtamisessa ja hyödyntää tutkittuja tietoja menetelmän käyttämisessä tulevaisuuden kannalta.

2 Hankkeen aikataulu

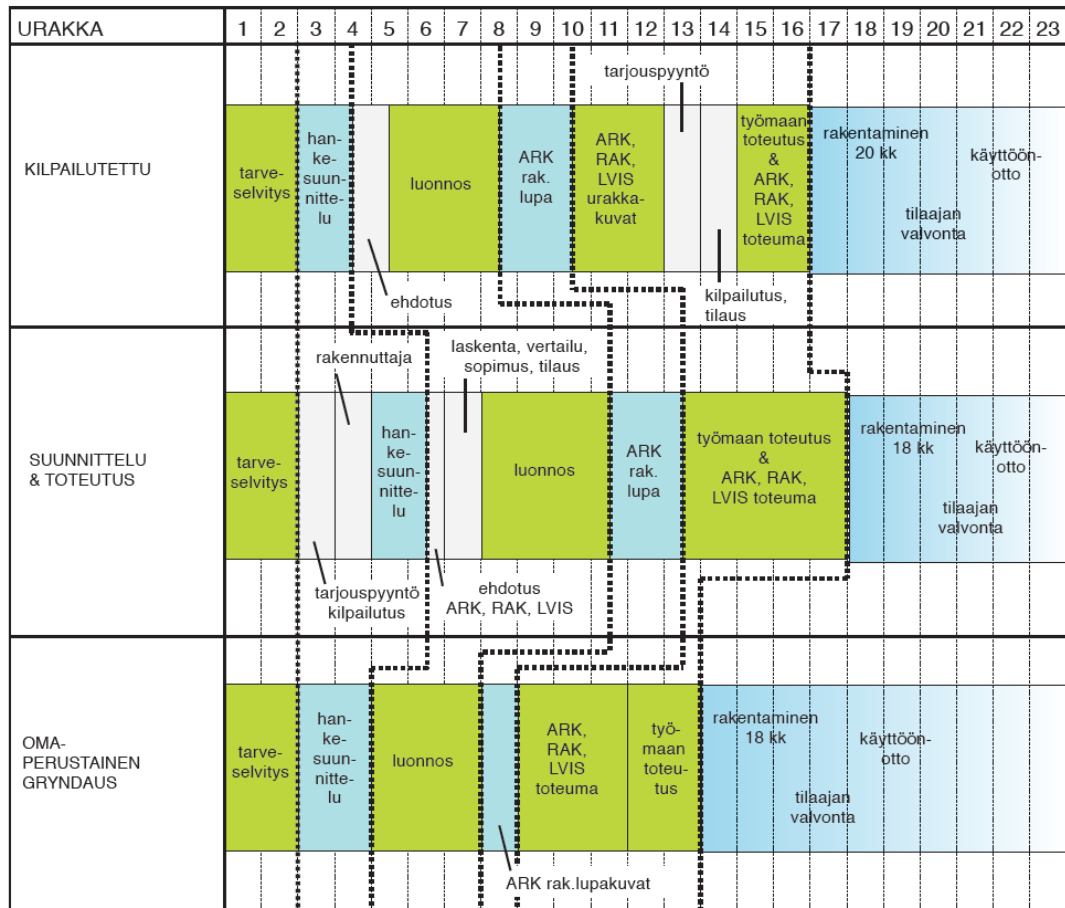
Aikataulusuunnittelun kannalta hankkeen keskeisimmät ratkaisut tehdään hankesuunnitteluvaiheessa, jolloin rakennuttaja päättää hankkeen ajalliset reunaehdot, tavoitteet ja laatii hankeaikataulun.

Hyvin suunniteltu aikataulu on vasta hyvä alku, sillä onnistunut hanke vaatii jatkuvaa toiminnan ohjaamista hankkeen kaikissa vaiheissa. Toteutuksen ohjaus ja tuotannon johtaminen ovat rakennustyömaalla aina merkittävässä roolissa. Alla oleva (kuva 1) esittää rakennushankkeen aikataulusuunnittelun etenemistä [1, s.41].



Kuva 1. Rakennushankkeen aikataulusuunnittelun eteneminen [2, s.40].

Rakennuttaja laatii hankkeelle hankeaikataulun, jotta voisi tarkistaa rakennusajan realistisuutta. Alla oleva (kuva 2) esittää rakennuttajan laatimaa hankeaikataulua koko hankkeen etenemisestä. [2. s.41].



Kuva 2. Hankeaikataulu

Aikataulu on rakennuttaja tärkeä työkalu, jonka avulla voidaan varmistaa kohteen valmistuminen oikea-aikaisesti. Aikataulussa on tärkeä pysyä, sillä huonosta aikataulupidosta syntyy laatuvirheitä. Huonosti suunniteltu aikataulu lisää riskiä, mikä voi aiheuttaa ongelmia ja katkoksia työmaalla [2, s.41].

3 Työmaan ajallinen hallinta

Tuotannonhallinnan tärkein ja keskeisin osa-alue on tuotannon ajallinen hallinta. Onnistunut tuotantohallinta edellyttää ajallisen hallinnan tarkkaa suunnittelua, jatkuvaa seurantaa ja muutosten hallintaa varmistaakseen, että projekti etenee suunnitelmien mukaisesti. Aikataulusuunnittelu auttaa varmistamaan, että projektin eri osat etenevät sujuvasti ja että projektin eri osapuolet, kuten suunnittelijat, rakentajat ja alihankkijat, tietävät tarkalleen, mitä heidän on tehtävä ja milloin heidän on tehtävä se. Rakentamisprojektin onnistuminen riippuu usein siitä, että kaikki eri vaiheet toteutetaan oikeaan aikaan ja oikeassa järjestyksessä. Aikataulusuunnittelu auttaa myös varmistamaan, että projekti valmistuu suunnitelmassa aikataulussa ja budjetissa. Jos projektia ei aikatauluteta kunnolla, se voi johtaa viivästykseen, lisäkustannuksiin ja laadun heikkenemiseen, mikä voi vaikuttaa haitallisesti projektin kokonaisuonnistumiseen. Aikataulusuunnittelussa on varmistettava, että se on toteutuskelpoinen, realistinen sekä täyttää tuotannolle asetettavat tavoitteet [1, s.11].

3.1 Työmaan aikataulusuunnittelu

Rakennushankkeen tuotannonhallinnan keskeinen ja tärkein osa-alue on ajallinen hallinta. Aikataulusuunnittelu perustuu useisiin periaatteisiin, joita noudattamalla voidaan varmistaa tehokkaan ja sujuvan aikataulu suunnittelun ja toteutuksen. Aikataulu on oltava realistinen ja järkevä, jotta se voidaan toteuttaa ja saavuttaa tavoitteet. Tämä tarkoittaa tehtävien kestoa ja tarvittavaa aikaa on arvioitava tarkasti.

Aikataulu tulee olla joustava, jotta se pysyy vastaamaan mahdollisiin muutoksiin ja odottamattomiin tapahtumiin. Aikataulusuunnittelu ja -toteutus edellyttävät yhteistyötä eri osapuolten välillä, jotta varmistetaan tehokas ja sujuva toteutus.

Aikataulun toteutumista on seurattava ja arvioitava säännöllisesti, jotta varmistetaan, että tehtävät etenevät suunnitelmalla tavalla ja että aikataulu pysyy realistisena.

Työmaan aikataulu voidaan suunnitella ja esittää erilaisilla aikataulumallilla kuten jana-aikatauluna, paikka-aikakaaviona ja tahtiaikatauluna. Yleisaikataulun avulla kuvataan koko hankkeen työvaiheiden ohjauksen kulkua.

Hankkeen välitavoitteet saavutetaan tarkentuvalla aikataulusuunnittelulla esimerkiksi viikkoaikataulun avulla. Viikkoaikataulu voidaan pitää lisäksi sivu- ja aliorakoitsijoiden toimintaohjeena sekä nokkamiehen tärkeänä tietolähteenä. Viikkoaikataulun suunnittelujänne voi olla 1–3 viikkoa, jossa asetetaan tavoitteita tälle aikavälille [2, s.17].

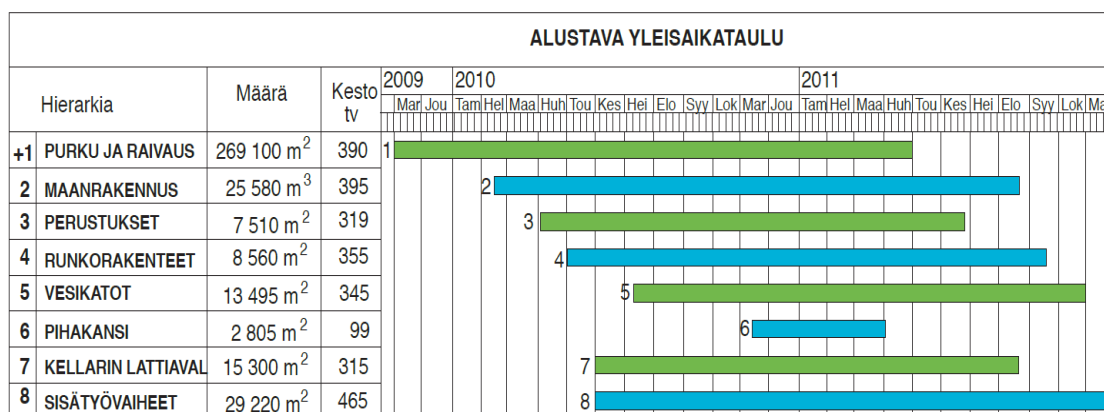
Aikataulusuunnittelu koostuu seuraavista peräkkäisistä vaiheista:

1. rakennushankkeen kokonaiskeston ja rakennusajan kireyden tarkistus
2. tehollisen rakennusajan laskeminen
3. kohteen jakaminen osakohteisiin
4. työjärjestyksen suunnittelu ja valinta
5. aikataulutehtävien muodostaminen
6. tehtävien muodostaminen
7. tehtävien ajoitus ja resurssien taseaus
8. tuotantoa palvelevan aikataulun teko.

3.2 Aikataulujen esitystapa

3.2.1 Jana-aikakaavio

Jana-aikataulu on perinteisin aikataulumuoto, jota käytetään talorakennusalalla. Jana-aikataulussa esitetään hankkeen ja sen tehtävien kestoa janoina. Tässä aikataulumallissa hankkeen tehtävät on pilkottu ja lueteltu vasemmassa reunassa pystyakselilla ja vaaka-akselilla on aika. Tehtävien järjestys alkaa ylemmästä ja alempaan reunaan saakka. Janan pituus määrittelee tehtävän kestoa ja tehtävän kestot voidaan ilmoittaa päivän, viikon tai kuukauden tarkkuudella. Jana-aikataulu käytetään yleensä yleisaikataulun esittämiseen, sillä yleisaikataulu on oltava helppolukuinen kaikille. Jana-aikataulu ei ole kuitenkaan paras työväline tuotannon ohjaukseen tai valvomiseen, sillä aikataulu ei pysty esittämään tehtävien etenemistä ajan ja paikan suhteen. Alla oleva (kuva 3) esittää alustavan yleisaikataulun jana-aikakaavio muodossa. [2, s.21].



Kuva 3. Alustava yleisaikataulu jana-aikataulussa [2, s.44].

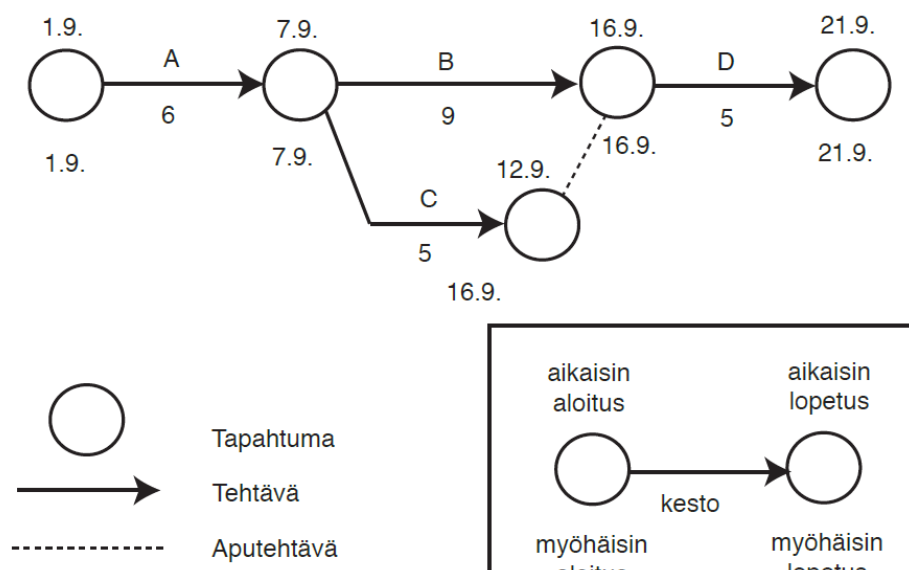
3.2.2 Toimintaverkko

Toimintaverkko on yksi tapa esittää projektin aikataulu rakennushankkeissa. Toimintaverkko on kansainvälisesti tunnettu aikataulumuoto, jota pidetään yleisempien aikataulumuotojen joukossa. Toimintaverkkoaikataululla voidaan esit-

tää projektin tärkeimmät tehtävät ja niiden väliset riippuvuudet graafisesti. Jokaisella tehtävällä on alku- ja loppuajankohta, ja niiden väliset riippuvuudet määritellään siten, että loppuajankohta jokaiselle edeltävälle tehtävälle asetetaan ennen alkuajankohta joka seuraavalle tehtävälle. Näin voidaan määrittää projektin kokonaiskeston ja varmistamaan, että tehtävät suoritetaan järjestyksessä.

Toimintaverkkoa voidaan erityisesti hyödyntää projektin ajallisessa hallinnassa, sillä se antaa kokonaiskuvan projektista ja sen tehtävistä. Se auttaa määrittämään tehtävien väliset riippuvuudet ja varmistamaan, että kaikki tarvittavat tehtävät suoritetaan järjestyksessä ennen projektin päätöstä [2, s.32].

Toimintaverkon luominen alkaa tehtävien määrittelystä ja niiden välisistä riippuvuuksista. Jokaiselle tehtävälle määritetään alku- ja loppuajankohta sekä kesto. Tehtävät kytketään toisiinsa nuolilla, joilla esitetään tehtävien väliset riippuvuudet. Nuoli kulkee tehtävien loppuajankohtaan. Näin projektin aikataulu rakentuu. Toimintaverkko myös mahdollistaa helpon tiedon jakamisen projektin osallistujien kesken. Alla oleva (kuva 4) esittää nuoliverkko aikataulun toimintaperiaatetta [2, s.33].



Kuva 4. Nuoliverkkotekniikan toimintaperiaate [2, s.33].

Hyvät puolet:

1. Antaa kokonaiskuvan projektista:

Toimintaverkko tarjoaa yleiskuvan projektin tehtävistä ja niiden välisistä riippuvaisuuksista, mikä auttaa hallitsemaan projektia paremmin.

2. Auttaa määrittämään tehtävien järjestyksen:

Toimintaverkko antaa selkeän kuvan tehtävien järjestyksestä ja välisistä riippuvuuksista, mikä auttaa varmistamaan, että tehtävät suoritetaan oikeassa järjestyksessä.

3. Helpottaa tiedon jakamista:

Toimintaverkko mahdollistaa helpon tiedon jakamisen projektin osallistujien välillä, mikä auttaa vähentämään virheitä ja parantamaan yhteistyötä.

Kuitenkin kaikilla menetelmillä on myös joitakin haittoja ja toimintaverkko ei ole poikkeus:

Huonopuolet:

1. Vaatii huolellista suunnittelua:

Toimintaverkon luominen vaatii huolellista suunnittelua ja tehtävien ja niiden välisten riippuvuuksien tarkkaa määrittelyä.

2. Voi olla monimutkainen:

Toimintaverkko voi olla monimutkainen ja vaikea ymmärtää, jos projekti on erittäin laaja tai tehtäviä on paljon.

3. Voi viedä paljon aikaa:

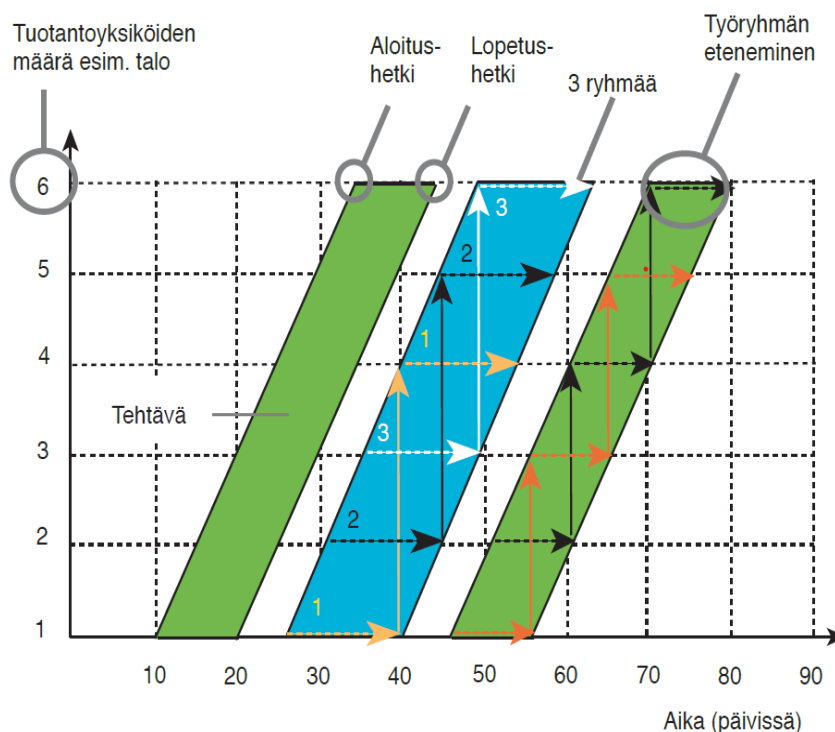
Toimintaverkon luominen voi viedä paljon aikaa ja vaatia paljon resursseja.

4. Voi olla puutteellinen:

Toimintaverkko verkko perustuu tehtävien ja niiden välisten riippuvuuksien ennakoarviointiin, ja se voi olla puutteellinen, jos näitä arvioita ei ole tehty tarpeeksi tarkasti.

3.2.3 Tuotantoaikakaavio

Tuotantoaikakaavio esittää tuotannon etenemistä ajan ja tuotannon määrän suhteessa. Jokainen tehtävä esitetään yhdellä palkilla, joka näyttää tehtävän alku- ja loppupäivämäärän sekä keston. Aikatulusta voidaan nähdä tehtävän valmiusasteen, joka esitetään prosentuaalisesti. Tässä aikataulumuodossa vaaka-akselilta löytyy toteutusaika ja pystyakselilta tehtävän valmiusasteen. Valmiusasteprocentti (VA%) tarkoittaa toteutuneen tehtävän valmiusasteen suhteessa tehtävän kokonaiskestoajan. Alla oleva (kuva 5) esittää tuotantoaikakaavion toimintaperiaatetta [2. s.27].

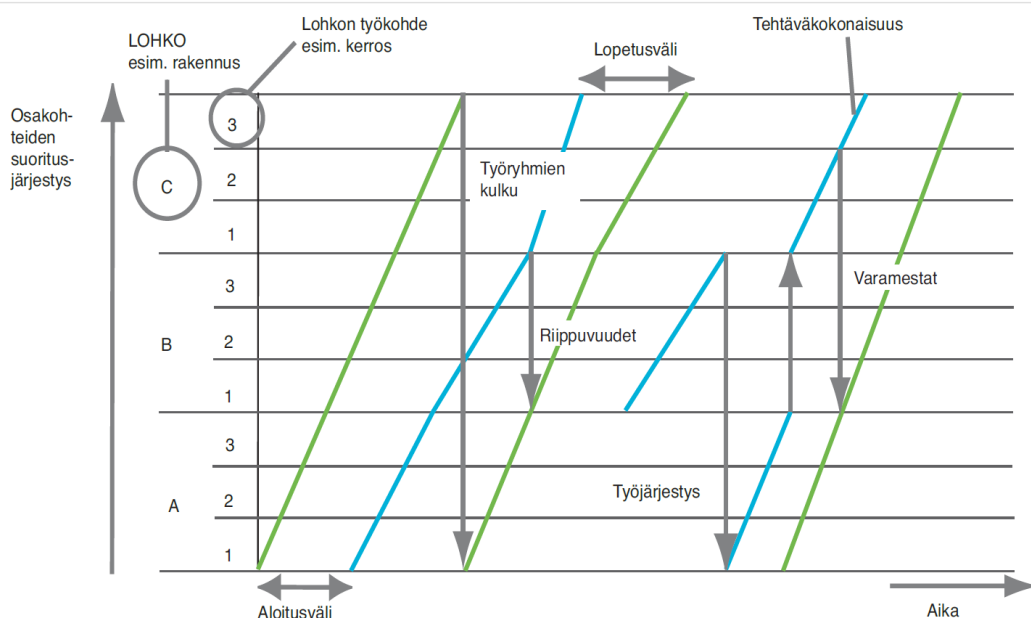


Kuva 5. Tuotantoaikakaavio [2, s.28].

Tuotantoaikakaavio voidaan käyttää tuotannon vaiheiden kehityksen ja tuotantonopeuden seuraamiseen, sillä aikataulumalli näyttää visuaalisesti hankkeen etenemistä ja mahdollistaa nopean helpon tarkastelun ongelmakohtiin. Tämän avulla voidaan varmistaa sitä, että hanke etenee suunnitelmien mukaisesti ja että kaikki tarvittavat tehtävät suoritetaan ajoissa [1. s.16].

3.2.4 Paikka-aikakaavio

Paikka-aikakaavio on hankkeen ohjauksen kannalta paras vaihtoehto. Nimestään päätellen tässä aikataulumuodossa esitetään rakennushankkeen tuotannon etenemistä työkohteissa. Paikka-aikakaaviossa hankkeen työkohteet on esitetty pystyakselilla ja hankkeen kesto vaakaa-akselilla. Jokainen tehtävä tai työsuoritus on esitetty vinoviivalla noin 45 asteen kulmassa. Tehtävien kaltevuudet osoittavat tuotantonopeuden. Tehtäville on määritelty aloitus- ja lopetuspäivä ja tehtävien väliset riippuvuudet esitetään nuoliviivalla, yhdistävät riippuvaisen tehtävän aloituspäivän edeltävän tehtävän lopetuspäivään. Näin nähdään selkeästi, mikä tehtävä on tehtävän toteutumisen edellytys. Alla oleva (kuva 6) esittää paikka-aikakaavion toimintaperiaatetta [1. s.14].



Kuva 6. Paikka-aikakaavion toimintamalli [2, s.25].

Paikka-aikakaavio auttaa suunnittelemaan ja hallitsemaan hankkeen aikataulua. Se auttaa näkemään, mikä henkilöstö tai muu resurssi on varattu mihinkin tehtävään ja varmistamaan, että tarvittavat resurssit ovat saatavilla oikeaan aikaan. Sitä voidaan hyödyntää sitä työmaiden hallinnassa, sillä paikka-aikakaavio esittää mikä tehtävä on meneillään ja missä vaiheessa se on. Tämä auttaa hallitsemaan työmaan etenemistä ja aikataululla pysymistä. Paikka-aikakaavion näyttää tehtävien väliset riippuvuudet, mikä auttaa hallitsemaan tehtävien etenemistä oikeassa järjestyksessä [2. s.25].

4 Lean tuotannonohjauksessa

Lean on Toyotan tuotantofilosofian pohjalta syntynyt tuotannonohjaus menetelmä, joka sai alkuunsa 1900-luvun jälkipuoliskolla. Toyotan tuotantofilosofian keskeisimmät ja tärkeimmät periaatteet ovat oikea aikainen tapahtuvaa toimintaa JIT ja jatkuva laadun parantaminen Jidoka.

Lean on johtamistapa, jonka keskiössä on asiakaslähtöisyys. Ajatuksena on se, kaikki toiminnot on tuottava lisäarvoa asiakkaan näkökulmasta joko tuotteelle tai palvelulle. Kaikki toiminnot, jotka toimivat vastoin lisäarvon tuottavuuden kannalta ovat asiakkaan näkökulmasta niin sanottua hukkaa (Waste) [2. s. 13].

Lean-tuotannonohjauksen avulla voidaan saavuttaa monia etuja, kuten lyhyempi läpimenoaika, vähemmän varastointitarvetta, parannettu laatu, korkeampi tuottavuus ja parempi henkilöstötyytyväisyys. Tämä johtaa yleensä kustannusten alenemiseen ja kilpailukyvyn parantamiseen.

Tietynlaiset menetelmät ja työkalut ovat tärkeitä Lean-tuotannonohjauksen toteuttamisessa. Esimerkiksi jatkuva parantaminen on perusajatus Lean-ajattelussa. Se tarkoittaa sitä, että prosessia kehitetään jatkuvasti ja jokainen työntekijä osallistuu parantamiseen. Jatkuva parantaminen edellyttää usein standardointia, jotta prosessi on yhtenäinen ja virheitä on helpompi havaita ja korjata.

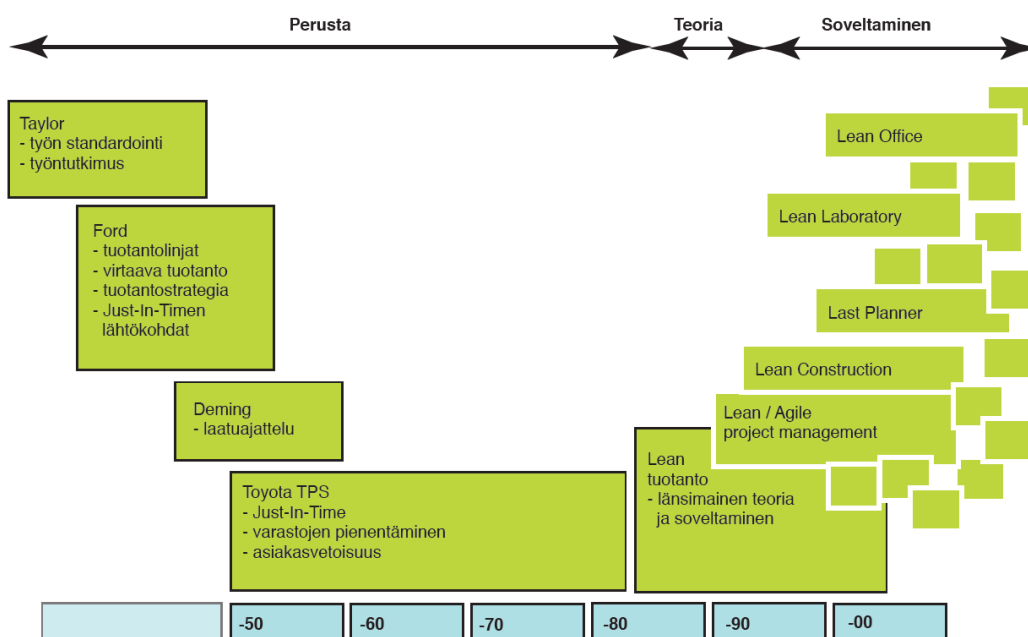
Pull-tuotanto on toinen tärkeä käsite Lean-tuotannonohjauksessa. Se tarkoittaa sitä, että tuotantoa käynnistetään vasta, kun asiakkaan tarve ilmenee. Tämä vähentää varastohallinnan tarvetta, sillä tuotantoa ei aloiteta ennen kuin tarve on todellinen. Tämä auttaa myös vähentämään hukan määrää, koska turhia varastoja ei synny.

Lean-tuotannonohjauksen avulla pyritään myös optimoimaan prosessien virtausta. Prosessin virtausta voidaan parantaa usein esimerkiksi yhdenmukaistamalla prosessin eri vaiheet ja pienentämällä hukan määrää.

Joustavuus on toinen tärkeä tavoite Lean-tuotannonohjauksessa. Joustavuus mahdollistaa sen, että tuotannonprosessia voidaan muuttaa nopeasti vastamaan muuttuvia asiakastarpeita.

Lopuksi henkilöstön osallistuminen on tärkeä osa Lean-tuotannonohjauksen onnistumista. Kun työntekijät osallistuvat prosessin kehittämiseen, heistä tulee onnistuneempia työlleen ja sitoutuneempia organisaation. Tämä auttaa parantamaan tuottavuutta ja laatua sekä luomaan parempaa työilmapiiriä.

Lean käsitteenä on kehittynyt ajan myötä sen soveltamisen mukana. Uudet toimintatavat ja menetelmät ovat tuoneet lisää kehitystä tuotantoprosessin edistymiseksi. Tahtituotanto ja Last Planner system, LPS ovat Leanin tärkeimpiä rakennusalan soveltuvia menetelmiä. Alla oleva (kuva 7) esittää Lean-filosofian historia [2. s. 14].



Kuva 7. Lean-filosofian historia [2, s.14].

4.1 Lean rakentamisessa

1990-luvun alkupuolella kehitettiin Leanin ajattelusta sovellus Lean-rakentamisessa. Tälle annettiin nimeksi Lean Construction, joka tarkoittaa suomeksi Lean-rakentaminen. Lean-rakentamisella tarkoitetaan järjestelmällistä ja tehokasta rakennusprosessia, jossa pyritään parantamaan tuottavuutta, laatua ja asiakastyytyväisyyttä vähentämällä turhaa työtä ja parantamalla työn sujuvuutta. Lean-rakentamisen tarkoituksena on minimoida arvoa tuottamatonta toimintaa, kun maksimoidaan tuottavan arvon toimintaa koko projektin keston aikana. Eli ideana on maksimoida asiakkaan arvon saanti.

Lean-rakentamisessa keskitytään prosessien virtauksen optimointiin ja hukan poistamiseen. Tämä voidaan saavuttaa esimerkiksi muuttamalla perinteistä projektipohjaista lähestymistapaa Lean-periaatteisiin perustuvaksi tuotantoprosessiksi, jossa jokainen työvaihe on suunniteltu ja toteutettu mahdollisimman virtaviivaisesti ja hukan poistaminen on tärkeä.

Tärkeä osa Lean-rakentamista on jatkuvan parantamisen periaate, joka edellyttää, että jokainen työntekijä on mukana parantamisessa. Tämä tarkoittaa sitä, että työntekijöitä kuullaan Lean-ajatteluun ja heidän mielipiteensä ja ideansa otetaan huomioon prosessien kehittämisessä.

Toinen tärkeä Lean-rakentamisen periaate on Just In Time (JIT) tuotantoa. Tämä tarkoittaa sitä, että materiaalit ja tarvikkeet toimitetaan työmaalle vasta silloin, kun niitä tarvitaan vähentäen turhia varastoja ja hukkaa. Tämä edellyttää kuitenkin hyvin suunniteltua ja hallittua logistiikkaa.

Visuaalinen hallinta on myös tärkeä osa Lean-rakentamista. Se tarkoittaa sitä, että työmaalla käytetään visuaalista työkaluja ja merkintöjä, jotta työnkulku ja mahdolliset ongelmat ovat helposti havaittavissa. Näin voidaan nopeasti reagoida ja korjata ongelmat ennen kuin ne kasvavat suuremmiksi.

Lean-rakentamisen avulla voidaan saavuttaa monia etuja, kuten lyhyempi läpimenoaika, vähemmän hukkaa, parannettu laatu ja turvallisuus, korkeampi tuotavuus ja parempi henkilöstötyytyväisyys. Tämä voi johtaa myös kustannussäästöihin ja parempaan kilpailukykyyn rakennusalaalla [2. s. 14].

4.2 Last Planner System, LPS

Last Planner System (LPS) on rakennusteollisuuden projektihallintamenetelmä, joka pyrkii parantamaan rakennusprojektin suunnittelua, toteutusta ja lopputulosta. Menetelmä perustuu yhteistyöhön ja tiedonjakoon projektin eri sidosryhmien välillä, kuten urakoitsijoiden, suunnittelijoiden ja tilaajien välillä.

Last Planner System (LPS) on kehitetty 1990-luvun lopulla Yhdysvalloissa. LPS-menetelmä on Leanin ajatteluun periaatteisiin perustuvaa tuotannon ohjausjärjestelmä rakennusprojekteissa. Se keskittyy ennustettavuuden parantamiseen ja vuorovaikutukseen projektitiimin jäsenten välillä. LPS-menetelmässä projektitiimi suunnittelee yhdessä työkalun, jossa tavoitellaan lyhyitä läpimenoaikoja ja seurataan toteutumista. Näin voidaan parantaa projektin suorituskkyä ja lopputulosta.

Last Planner Systeemin tavoitteena on vähentää hukkaa ja lisätä tehokkuutta rakennusprojektin eri vaiheessa, kuten suunnittelussa, materiaalien tilauksessa ja työmaan toteutuksessa. Menetelmässä projekti jaetaan pienempiin osiin, joita kutsutaan tehtävämatriiseiksi. Nämä matriisit kattavat lyhyen aikavälin suunnitelmat, joita kutsutaan myös viikkosuunnitelmiksi. Viikkosuunnitelmat laaditaan yhdessä eri sidosryhmien kanssa ja niissä määritellään, mitä tehtäviä kukin urakoitsija tai tiimi suorittaa tiettyinä ajanjaksona. Viikkosuunnitelmat perustuvat kukin tiimin arvioihin siitä, kuinka nopeasti he voivat suorittaa tehtäviä ja mitä materiaaleja he tarvitsevat. Viikkosuunnitelmia tarkastellaan jatkuvasti ja niitä muokataan tarvittaessa.

LPS-menetelmän ydinajatus on, että suunnitelmat laaditaan alhaalta ylöspäin. Tämä tarkoittaa, että tiimit työskentelevät yhdessä ja määrittelevät itse, mitkä tehtävät he voivat suorittaa tietyssä ajanjaksossa.

LPS-menetelmässä käytetään myös jatkuvaa parantamista, joka tarkoittaa, että projektiin liittyviä ongelmia tunnistetaan, analysoidaan ja korjataan jatkuvasti. Tavoitteena on, että projektin kaikki osapuolet voivat oppia toisiltaan ja kehittää omaa toimintaansa projektin aikana.

Last Planner System (LPS) soveltuu erityisesti projekteihin, jossa on paljon erilaisia työvaiheita ja monimutkaisia työjärjestyksiä. LPS:n soveltamisessa hankkeisiin korostuu projektitiimin yhteistyö ja vuorovaikutus. Jotta LPS toimii tehokkaasti, projektitiimin jäsenten on osallistuttava suunnitteluun ja toteutuksen.

LPS:n soveltamisessa korostuu projektitiimin jäsenten osallistuminen ja sitoutuminen. Projektitiimin jäsenten on jaettava yhteinen tavoite ja heidän on työskenneltävä yhdessä työtavoitteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. LPS:n avulla voidaan parantaa projektin laatua, lyhentää läpimenoaikoja ja vähentää kustannuksia [2. s.17].

5 Tahtituotanto

Tahtituotanto on peräisin tehdasmaailmasta tuttuun Lean-filosofiaan, joka kehitettiin 1920-luvulla Japanissa. Lean-valmistuksen tavoitteena on poistaa turhaa työtä ja parantaa tuotantoprosessien tehokkuutta. Tahtituotanto on kansainvälisesti tunnettu (Takt Time Planning (TTP) tai Takt Time Planning and Takt Control (TPTC) jonka kehitti Iris Tommelein Adam Frandson Kaliforniassa [3].

Tahtituotannossa pyritään varmistamaan, että työkohteessa tapahtuvat tehtävät ovat saman kestoisia ja tuotanto etenee keskeytyksettä muodostaen tuotantojunan. Tehtävien kestot ja toistuvat työpaketit on helpompi suunnitella ja seurata. Näin ollen hankkeen tuotanto etenee saman tahdin mukaisesti koko hankkeen aikana.

Tahtituotannon prosessissa suunnitellaan, hallinnoidaan ja toteutetaan tuotannon eri vaiheet tarkasti määritellyn aikataulun mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että tuotteiden valmistusvaiheet suunnitellaan ja organisoidaan tarkasti niin, että ne saadaan valmiiksi tietyssä ajankohtana. Tämä voi edellyttää tiettyjen toimintojen, kuten raaka-aineiden hankinnan, valmistuksen ja kuljetuksen, yksityiskohtaisen aikataulun laatimista ja tarkkaa seuranta.

Tahtituotanto on iso kokonaisuus, johon kaikkia osapuolia haastetaan suunnittelemaan työn aikaisessa vaiheessa. Suunnitelmat on oltava huolellisesti suunniteltu etukäteen tiiviissä vuorovaikutuksessa muiden toimijoiden kanssa. Alla oleva (kuva 8) esittää tahtituotannon prosessin etenemistä [4].

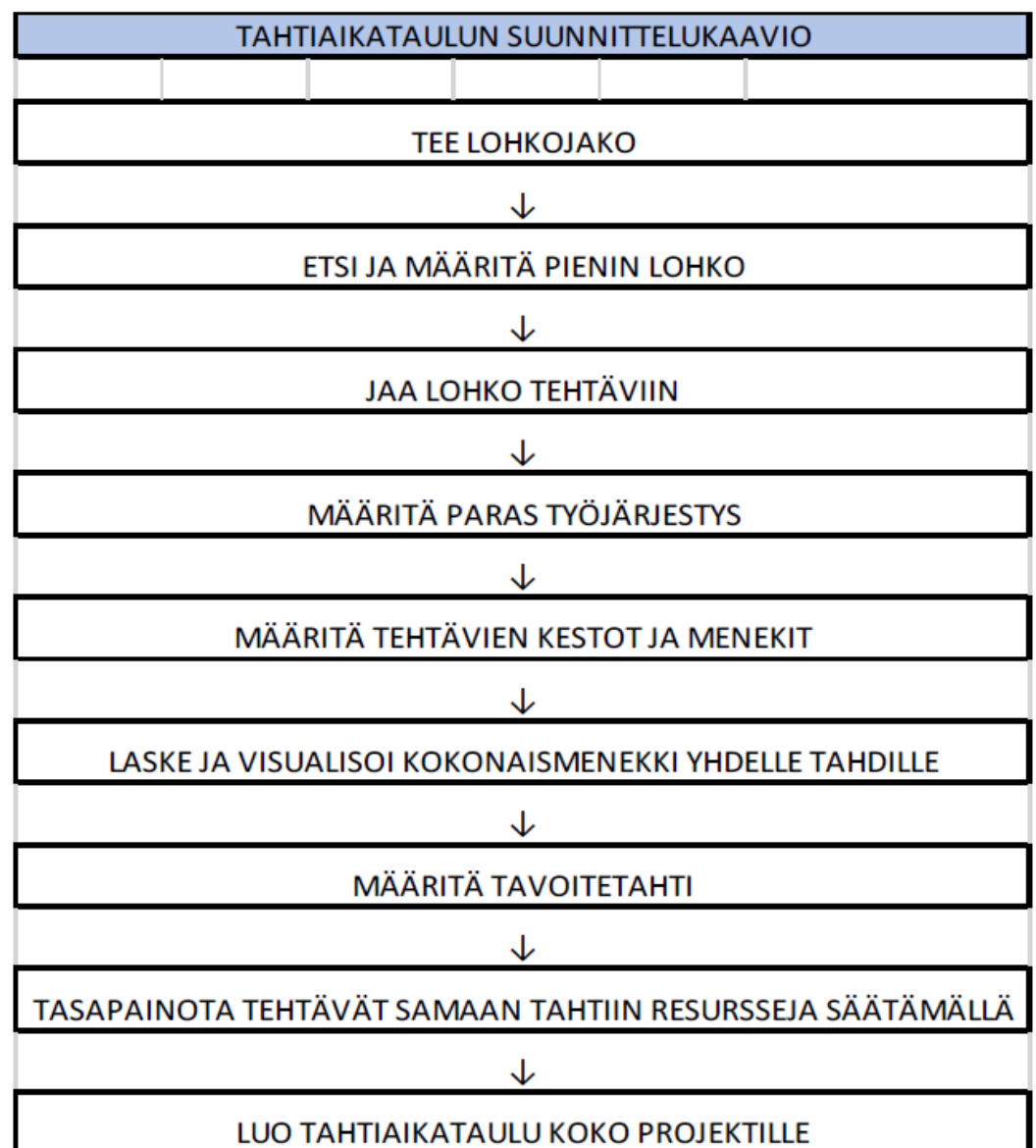


Kuva 8. Tahtituotantoprosessi [4].

5.1 Tahtituotannon aikataulusuunnittelu

Tahtituotannon aikataulusuunnittelu on tärkeä osa projektin hallinnointia ja tähtää siihen, että tuotanto tapahtuu tahdissa asiakastarpeiden mukaan, Aikataulusuunnittelulla varmistetaan, että resurssit, kuten työvoima, materiaalit ja laitteet ovat saatavilla oikeaan aikaan ja oikeassa määrin [4].

Tahtituotannon aikataulusuunnittelu sisältää ainakin seuraavia peräkkäisiä vaiheita:



Kuva 9. Tahtiajan suunnittelujärjestys [4].

Lisäksi tahtituotannon aikatausuunnittelu vaatii seuraavat asiat.

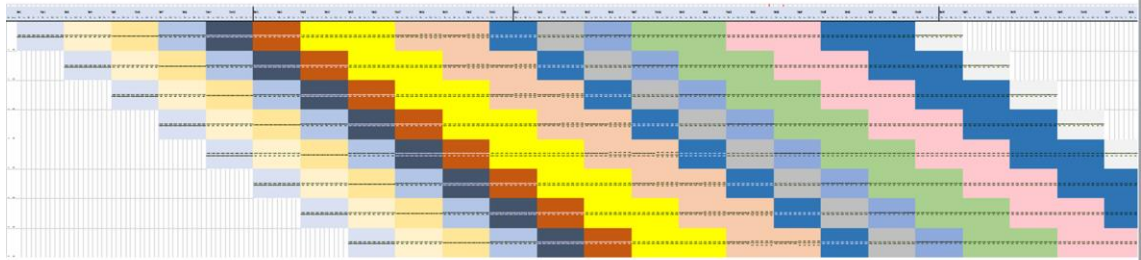
1. Tahtituotannon määrittäminen on ensimmäinen vaihe, jossa tarvittava tahti lasketaan ja määritetään.
2. Resurssien varmistaminen, kuten työvoima, laitteet ja materiaalien saatavuus projektin tahtituotannon mukaisesti.
3. Aikataulun laatiminen olemassa olevien tietojen pohjalta. Aikataulu näyttää, milloin eri vaiheet projektissa on tarkoitus aloittaa ja päättää.
4. Seuranta ja sopeutuminen: Projektin aikana on tärkeä seurata ja arvioida aikataulua säännöllisesti. Mahdolliset muutokset tarvittavien resurssien saatavuudessa tai asiakastarpeissa tulee huomioida aikataulun sopeuttamiseksi.

Tahtituotannon aikataulusuunnittelulla varmistetaan, että projekti etenee tavoitteiden mukaisesti ja että asiakastarpeet täyttyvät aikataulun puitteissa. Se antaa projektin johdolle tärkeää tietoa ja hallintaa projektin etenemiseen.

5.2 Tahtituotannon aikataulumuodot

Viikon tahti on maailmanlaajuisesti yksi yleisimmistä tahtituotantoaikataulumalleista, jonka avulla on saatu hyviä kokemuksia. Kuitenkin Suomessa tavoitteena olisi päästä päivän tahtiin. Kaliforniassa käytetään kahden viikon tahtiaikaa, vaikka kaksi viikkoa on hyvin pitkä tahtiaika. Alla oleva (kuva 10) esittää kahden viikon kestoisesta tahtiaikataulua.

Batch Size Reduction



- 8pcs 800 sqm takt areas
- 20 wagons
- 2 week takt time



Kuva 10. Kahden viikon tahtiaika [5].

Batch Size Reduction

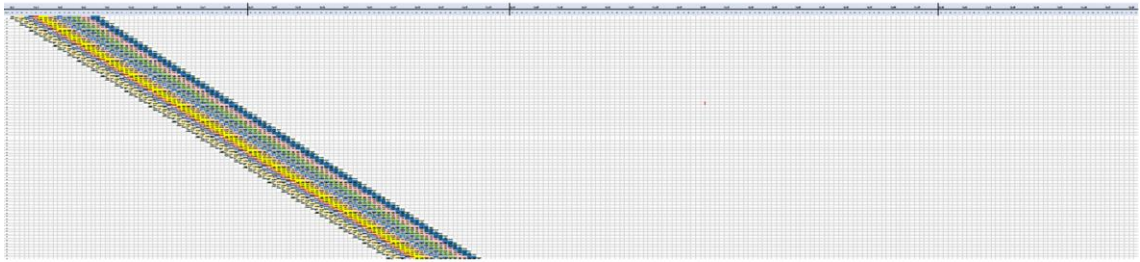


- 80pcs 80 sqm takt areas
- 20 wagons
- 1 day takt time
- 9 work day buffers between wagons



Kuva 11. Yhden päivän tahtiaika, jossa yhdeksän kappaletta päivän puskureita [5].

Batch Size Reduction



- 80pcs 80 sqm takt areas
- 20 wagons
- 1 day takt time
- Wagons in "Pull" without buffers



Kuva 12. Yhden päivän tahtiaika ilman puskureita [5].

Päivän tahti tarkoittaa työporukan työskentelyä yhdessä työkohteessa yhden päivän. Esimerkiksi asuinrakentamisessa tiimi työskentelee huoneistossa tai kylpyhuoneessa yhden päivän ja seuraavana päivänä sama porukka jatkaa seuraavassa työkohteessa samat työt. Tämän avulla saadaan hankkeen läpimenoaika lyhennettyä ja laatuongelmat esiintyvät välittömästi toisin kuin perinteisellä toteutustavalla.

5.3 Tahtituotannon soveltaminen

Tahtituotantoa voidaan soveltaa rakentamisessa monin eri tavoin. Alla on joitakin esimerkkejä:

1. Lean-rakentaminen: Tahtituotantoa voidaan soveltaa Lean-rakentamisessa. Tahtituotanto on tärkeä osa Lean-rakentamista, koska se auttaa varmistamaan, että eri vaiheet toteutetaan tarkasti määritellyssä järjestyksessä ja aikataulussa.

2. Aikataulusuunnittelu: Aikataulusuunnittelu on tärkeä osa tahtituotantoa, ja sitä voidaan soveltaa rakentamisessa eri tavoin. Esimerkiksi rakennusprojektin eri vaiheet voidaan aikatauluttaa tarkasti, jotta varmistetaan, että työt etenevät sujuvasti ja että projekti valmistuu suunnitellussa aikataulussa.
3. Modulaarinen rakentaminen: Tahtituotantoa voidaan soveltaa modulaarisessa rakentamisessa, joka on menetelmä, jossa rakennusosat valmistetaan tehtaalla valmiiksi ja kuljetetaan sitten rakennuspaikalle. Tämä auttaa vähentämään rakennusajan tarvetta ja parantamaan projektin sujuvuutta, koska moduulit voidaan valmistaa tarkasti aikataulun mukaan tehtaalla ja kuljettaa sitten suoraan rakennuspaikalle.
4. Rakennustyömaan logistiikka: Tahtituotantoa voidaan soveltaa myös rakennustyömaan logistiikkaan, joka on tärkeä osa rakennusprojektin sujuvuutta. Esimerkiksi rakennusmateriaalien toimitukset voidaan aikatauluttaa tarkasti, jotta varmistetaan, että ne saapuvat rakennuspaikalle oikeaan aikaan, eivätkä viivästyksiä aiheuttaen.

Yhteenvetona, tahtituotantoa voidaan soveltaa rakentamiseen monilla eri tavoilla, ja sen avulla voidaan parantaa projektin sujuvuutta, tehokkuutta ja laatua.

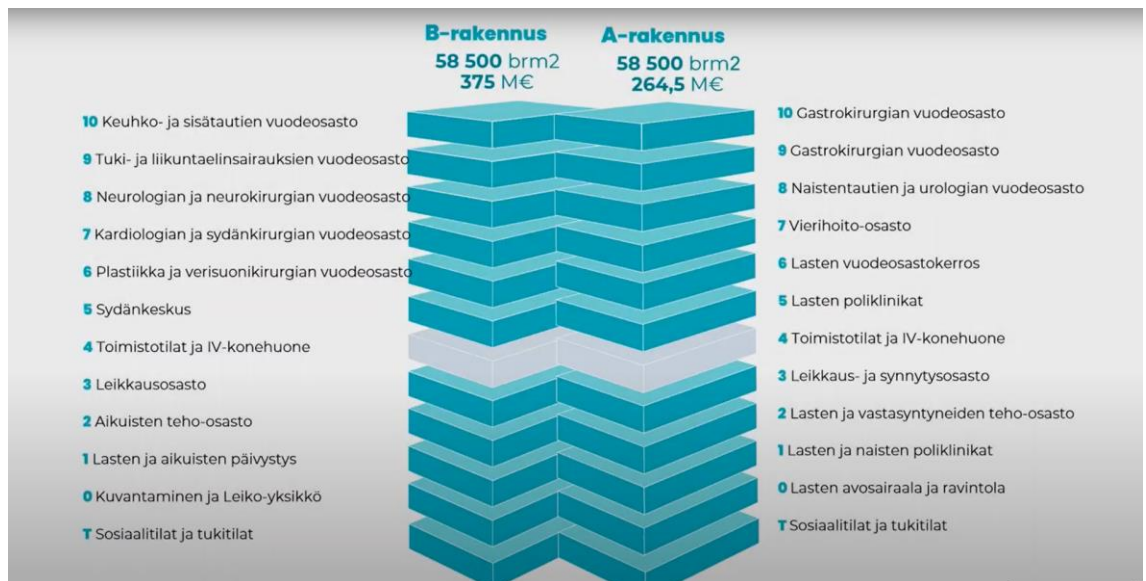
Esimerkkikohde

Oulun yliopistollinen sairaala



Kuva 13. Oulun yliopistollisen sairaalan rakennus [13].

Kun entisen sairaalan tilat tulivat elinkaarensa päähän, todettiin, että on järkevämpää rakentaa kokonaan uusi sairaala. Oulun yliopistollisen sairaalan toiminta-alue palvelee noin miljoonaa ihmistä Keskipohjanmaan Perhon kunnasta Utsjoen Nuorgamiin saakka.



Kuva 14. Sairaalan toiminta-alue [13].

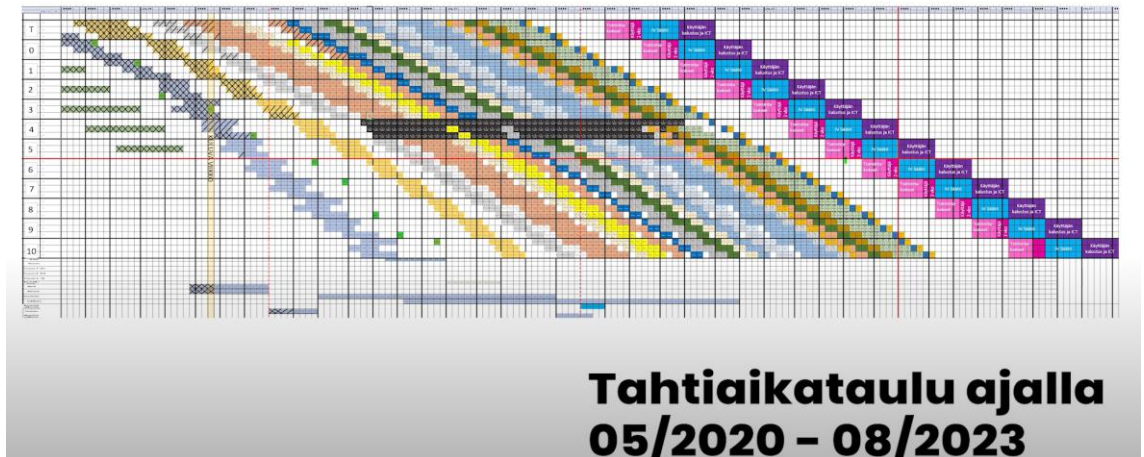
Uusi sairaala koostuu kahdesta eri rakennuksesta, jotka sijaitsevat vierekkäin. Sairaalan B-rakennus on toteutettu allianssi-urakkana. B-allianssin muodostavat toteuttajat Skanska, Caverion ja Siemens, sekä Sairaanhoidopiiri ja suunnittelukonsortio.

B-rakennuksen aikataulutuksessa käytettiin tahtiaikataulua. A-rakennus voidaan ottaa käyttöön vasta, kun B-rakennus valmistuu. Tässä hankkeessa on ollut johtavana teemana yhteispeli, jonka tarkoituksena on ollut uskoa onnistumiseen. Hankkeen onnistuminen vaatii kuitenkin uusia työkaluja, sillä perinteisellä aikataulusuunnittelulla ei olisi ollut mahdollista saada niitä aikataulusäästöjä mitä tässä hankkeessa olisi tarkoitus saada [12].

Tuotannon, suunnittelun, hankinnan ja koko tämän projektin aikatauluttamiseen päätettiin käyttämään tahtiaikataulua B-rakennuksen allianssissa. Hankkeeseen ei edellytetty superhenkilöitä vaan keskityttiin tekemisen kokonaisuuden tehostamiseen, esteiden poistamiseen, resurssien hallintaan ja kerralla valmiiksi tekemiseen.

Aikataulun valmistelussa tehtiin normaaliin verrattuna huomattavasti enemmän taustatöitä. Laskettiin menekkejä, määriä, työkuormia. Yhden päivän tahtiin, lohkoittain, kerroksittain. Vältettiin se, että samat ihmiset olisivat eri paikoissa yhtä aikaa töissä.

Hankeen toteutus edellytti kaikkien hankkeessa mukana olevien sitoutumista, eli yhdessä laaditaan ja yhdessä tehdään [13].



Kuva 15. B-rakennuksen tahtiaikataulu [13].

Tahtituotannon ansiosta hankkeen aikataulun hallinta oli erittäin läpinäkyvää, valvonta oli selkeää ja raportointi oli hyvä [13].

5.4 Työntekijän päivä tahtituotannossa

Saapuessa

Työntekijä kirjaa itseään työmaalle saapuessaan työpaikalle, jonka jälkeen tarkistaa päivän tehtävät esimerkiksi Sitedrivesta, joka on tarkoitettu tahtituotannon ohjauksen työvälineeksi. Tämän jälkeen työntekijä osallistuu viiden minuutin kestoisen aamupalaveriin klo 7.00, jossa käydään tarkemmin tehtävät läpi [10].

Päivän aluksi

Päivän aluksi käydään tarkistamassa työkohteet, jonka jälkeen kirjataan Sitedriveen päivän tehtävät aloitetuksi. Päivän työt suoritetaan suunnitelmien mukaisesti sekä aikataulullisesti päivän aikana [10].

Päivän aikana

Tehtävien valmistuessa, työt kuitataan tehdyiksi myös Sitedrivessa. Lisäksi on erittäin tärkeä reagoida mahdollisiin esteisiin ja poikkeamiin sekä tiedottaa niistä työnjohdolle [10].

Valmistuessa

Kun työpäivä alkaa lähestyä loppumaan varmistetaan, että työkohde näyttää valmiilta seuraava työvaihetta varten. Lopuksi työpäivä päätetään sillä, että leimataan itsemme ulos työpaikalta [10].

5.5 Tahtituotannon hyödyt

Tahtituotannon avulla voidaan vähentää säätöä ja rakentaa enemmän. Se lisää enemmän läpinäkyvyyttä, jolloin on helpompi havaita ongelmat ja korjata niitä pikaisesti. Tahtituotannon ideana on nopeuttaa tuotannon prosessia laadullisesti. Seuraavaksi perustellaan, miksi kannattaa valita tahtituotanto perinteisen tuotannonohjauksen menetelmän sijaan [10].

1. Parempi näkyvyys, parempaa johtamista: Tahtituotannon avulla työt tahtistetaan ja työn kulkua seurataan jatkuvasti, näin työssä ilmenevät poikkeamat ja ongelmat on helpompi ennustaa ja hallita. Se lisää kokonaiskuvan ymmärtämistä ja sitä kautta kaikilla on parempi näkemys hankkeen kokonaisuudesta.
2. Välitöntä ongelmanratkaisua

Virheet ovat havaittavissa, kun laatutarkastukset suoritetaan ajallaan. Näin vältetään tahdin häiriintymistä ja ongelmat korjataan välittömästi, jonka kautta päästään nollavirheluovutuksiin.

3. Läpimenoajan lyhentäminen jopa 50%.lla.

Kommunikointi ja yhteispeli ovat tärkeä osa tahtituotannon prosessia. Sen avulla jokaisella työntekijällä on selkeä tieto, mitä tehdä ja milloin. Näin voidaan hyödyntää työaika tuotannon etenemiseen ja tehtävät tulevat kerralla valmiiksi. Tuotannon laatu paranee ja säästetään paljon työaika [10].

5.6 Yleisimmät ongelmat & ratkaisut

Vaikka tahtituotanto voi parantaa merkittävästi tuotantoprosessin tehokkuutta ja vähentää hukkaa, se voi myös aiheuttaa joitakin ongelmia. Tässä on joitakin yleisiä tuotannon ongelmia ja niiden mahdollisia ratkaisuja.

5.6.1 Ongelmat 1: Suunnittelu

Hankkeen taipuminen tahtituotantoon vaatii huolellisuutta ja tarkkaa suunnittelua. Kun työkuormia ei ole suunniteltu tarkasti, siitä voi seurata ongelma.

Ongelma voidaan ratkaista niin, että urakoitsija on mukana, kun suunnitellaan ja lasketaan työkuormat auki. Näin me voimme varmistaa, että suunnitelmat ovat hyvin pitkälle vietyjä. Lisäksi Urakoitsija sitoutuu hoitamaan tehtäviään suunnitelmien puitteissa. Tahtiaika voidaan suunnitella realistisesti, kun huomioidaan tahtialueella olevat pää- ja sivakoitsijoiden työt, joten on erittäin tärkeä, että tarkistetaan työkuormien yhteneväinen koko suunnitteluvaiheessa. Työt on pilkottava samankokoiseksi, vaikka töiden välillä olisi suuria kokoeroja.

5.6.2 Ongelma 2: Sitouttaminen

Seuraava ongelma syntyy siitä, kun aliurakoitsijoita ei ole hankkeen alusta lähtien sitoutettu tekemään yhteistyötä tai toiminaan yhteisten pelisääntöjen mukaisesti.

Ongelma voidaan ratkaista niin, että kaikki projektiin kuuluvat toimijat sitoutuvat noudattamaan yhteisen aikataulun ja toiminaan tuotannonperiaatteiden mukaisesti hankkeen loppuun asti. Tahtituotannon onnistumiseksi on tärkeä aikataulusuunnitteluvaiheessa myös huomioida yhteiskumppaneiden tehtävät. Aikataulusuunnittelun helpottamiseksi on otettava heidät mukaan aikatauluneuvotteluihin.

5.6.3 Ongelma 3: Poikkeamat

Seuraava ongelma syntyy siinä vaiheessa, kun työmaan alkaessa syntyviin ongelmiin ei olla varauduttu kunnolla. Työmaan alkuvaiheessa voi syntyä jo ongelmia, joihin ei ole vielä päätetty tai opetettu etukäteen ongelmaratkaisua.

Ongelma voidaan oikaista siten, että sovitaan etukäteen keinoja, joiden avulla voidaan ratkaista ongelmia. Lisäksi varmistetaan, että ongelmaratkaisu on myös muille yhteiskumppaneille tullut selväksi. Tahtituotannossa voidaan välttyä työmaalla tulevista poikkeamista, kun sovitaan rutiinit vaunujen tahdistamiseen, etenemisjärjestyksen muuttamiseen, resurssien ja puskurien lisäämiseen. Lisäksi on tärkeä määrittää, kuinka nopeasti reagoidaan poikkeamien syntyessä.

5.6.4 Ongelma 4: Työmaan johtamisnopeus

Seuraava ongelma syntyy siitä, että työmaata ei johdeta suunnitellulla tavalla ja tästä seuraa tahtityömaalla tapahtumien ja hallittavan tiedon moninkertaistuminen. Liian nopea tahtiaika voi johtaa liian nopeaan tuotantoon, mikä voi lisätä laatuongelmien riskiä.

Ongelma voidaan ratkaista erilaisilla tahtituotannon valvonta- tai seurantatyövälineellä, jonka avulla voidaan seurata, että työtehtävät etenevät tahdin mukaisesti ja tarvittaessa voidaan reagoida välittömästi tehtävien myöhästymisiin. Laadun varmistamiseksi voidaan ratkaisuna määrittää parempaa laadunvarmistamista [10].

6 Tahtituotanto-opas

Tahtituotanto voidaan soveltaa useilla eri tavoilla eri tuotantoprosesseissa. Teoriatarkastelun pohjalta on seuraavassa koottuna opas tahtituotannon soveltamiseen asuinrakentamisessa.

Määritä tahtiaika:

Tahtiajan määrittäminen on tärkeä vaihe asuinrakentamisessa. Tahtiaika määritetään jakamalla kokonaiskesto, joka käytetään rakennuksen valmistukseen asuntojen määrällä. Esimerkiksi, jos rakennusprosessi kestää 10 kuukautta ja rakennukseen tulee 100 asuntoa, tahtiaika on noin 3 päivää.

Jaa rakennusprosessi vaiheisiin:

Rakennusprosessi voidaan jakaa useisiin vaiheisiin, kuten perustustyöt, rungon rakentaminen, julkisivutyöt ja sisutus. Jokaiseen vaiheeseen määritetään aikataulu, joka mahdollistaa sen suorittamisen tahtiajan mukaisesti.

Määritä työkohteiden määrä:

Tämän jälkeen on määritettävä, kuinka monta työntekijää ja resurssia tarvitaan kunkin vaiheen suorittamiseen tahtiajan mukaisesti. Tämän auttaa varmistamaan, että tahtiaikataulu saavutetaan kussakin vaiheessa.

Suunnittele työmaan logistiikka:

Työmaan logistiikan suunnittelu on tärkeä askel, jotta rakennusprosessi voidaan suorittaa tahtiajan mukaisesti. Tämä voi sisältää materiaalien toimituksen ja varastohallinnan suunnittelun, jotta tarvittavat materiaalit ovat saatavilla tahtiajan mukaisesti.

6.1 Tahtiajan määrittäminen rakentamisessa

Tahtiajan tarkoitus on auttaa määrittämään, kuinka montaa työvaihetta tai tehtävää pitää suorittaa tietyssä aikayksikössä. Tämä auttaa varmistamaan, että rakentamisprosessi on sujuva ja tehokasta.

Tässä on joitakin asioita, joita on otettava huomioon tahtiajan määrittämisessä rakentamisessa:

Kokonaisaika:

Ensimmäinen askel on määrittää, kuinka kauan koko rakentamisprosessi kestää. Tämä sisältää kaikki työvaiheet alkaen suunnittelusta valmistelusta aina viimeisen viimeistelyn suorittamiseen asti.

Työvaiheet:

Seuraava askel on määrittää, kuinka monta työvaihetta tai tehtävää on tarpeen suorittaa koko prosessin aikana. Tämä voi sisältää esimerkiksi kaivamisen, perustusten rakentamisen, seinien ja katon asennuksen, putkityöt, sähkötyöt, lattian asennuksen, sisäpintojen viimeistelyn ja niin edelleen.

Tahtiaika:

Kun kokonaisaika ja työvaiheet on määritelty, tahtiaika voidaan laskea jakamalla kokonaisaika työvaiheiden määrällä. Esimerkiksi jos kokonaisaika on 20 viikkoa ja työvaiheita on 100, tahtiaika on: $(20 \text{ viikkoa} / 100 = 0,2 \text{ viikkoa})$ eli noin 1,4 päivää per työvaihe.

Prosessin sujuvuus:

Tahtiaika lisää läpinäkyvyyttä, jolloin on helpompi tunnistaa mahdollisia poikkeamia ja esteitä, jotka voivat hidastaa prosessia. Tällöin prosessia voidaan muuttaa siten, että se toimii sujuvammin.

Kun tahtiaika on määritelty, sitä voidaan käyttää suunnittelun ja aikataulutuksen työkaluna varmistamaan, että rakentamisprosessi sujuu tasaisesti ja aikataulussa. Lisäksi tahtiaika voidaan käyttää työntekijöiden määrän ja aikataulun suunnittelussa, jotta kaikki tarvittavat työvaiheet saadaan suoritettua ajoissa ja mahdollisimman tehokkaasti.

7 Johtopäätökset

Tahtituotanto voi auttaa parantamaan rakennusprojektin aikataulua, koska se tarjoaa tarkkoja ja selkeitä suunnitelmia, jotka voidaan toteuttaa nopeammin kuin perinteiset menetelmät. Tahtituotanto voi auttaa vähentämään kustannuksia, koska se tarjoaa tehokkaampia ja vähemmän hukkaan meneviä rakennusmenetelmiä.

Tahtituotanto edellyttää tarkkaa suunnittelua ja yhteistyötä kaikkien sidosryhmien välillä. Tämä tarkoittaa sitä, että on tärkeää käyttää aikaa ja resursseja suunnitteluprosessin parantamiseen.

Tahtituotanto voi auttaa parantamaan laadunvalvontaa, koska se tarjoaa tarkkoja ja yksityiskohtaisia suunnitelmia, joita voidaan käyttää projektin valvonnan ja laadunvarmistuksen perustana.

Tahtituotanto edellyttää erityistä koulutusta henkilöstölle, jotta he voivat ymmärtää ja soveltaa tahtituotannon periaatteita ja menetelmiä. Lopuksi tahtituotanto voi auttaa parantamaan asiakastyytyväisyyttä, koska se tarjoaa tarkkoja aikatauluja ja budjetteja, jotka voidaan helposti jakaa asiakkaiden kanssa.

Tutkimustyön tuloksen on myös laadittu lyhyt rakenteinen tahtituotanto-opas, jossa käydään tahtituotannon tärkeimmän vaiheet läpi alusta loppuun. Tutkimustyössä kerrotaan myös perinteisen aikatauluttamisesta ja niiden esitystapoista.

Tässä tutkimustyössä päädyttiin sellaiseen tulokseen, että perinteinen tuotannonohjaus tuotannon aikatauluttamisessa on yleensä selkeämpi ja turvallisempi vaihtoehto yrityksille, joilla ei riitä resurssit tahtituotannon soveltamiseen.

Tahtituotanto on kuitenkin varma tuotannonohjausmenetelmä, joka on sovellettu maailmalla ja myös Suomessa. Tutkimustyössä on esimerkki Oulun yliopistollisen sairaalan hankkeesta, jonka B-rakennuksen aikatauluttamisessa on käytetty tahtituotannon menetelmä.

8 Pohdinta

Tahtituotanto on osoittanut tehokkaaksi menetelmäksi parantaa rakennusprojektien aikataulua ja vähentää kustannuksia. Insinööriyön tavoitteena oli tutkia, miten tahtituotanto voidaan soveltaa rakentamisessa ja miten se tulee vaikuttamaan projektiin. Tämä tutkimustyö antaa paremman ymmärryksen tahtituotannon käytöstä rakentamisessa ja sen mahdollisista eduista ja haasteista.

Tutkimustyö osoitti, että tarkka suunnittelu ja yhteistyö kaikkien sidosryhmien välillä ovat avainasemassa tahtituotannon menestykselle rakennusprojekteissa. On tärkeää käyttää aikaa ja resursseja suunnitteluprosessin parantamiseen ja varmistaa, että kaikki sidosryhmät ovat tietoisia ja sitoutuneita tahtituotannon periaatteisiin.

Tuloksista kävi myös ilmi, että tahtituotanto voi parantaa laadunvalvontaa ja asiakastyytyväisyyttä, koska se tarjoaa tarkkoja suunnitelmia ja aikatauluja, jotka voidaan helposti jakaa kaikkien sidosryhmien kanssa. Lisäksi tahtituotanto voi auttaa vähentämään kustannuksia ja parantamaan projektin aikataulua, mikä voi vaikuttaa merkittävästi rakennusprojektin taloudelliseen kannattavuuteen.

Vaikka tahtituotanto tarjoaa monia etuja, sen soveltamisessa voi olla haasteita. Tutkimustyössä huomattiin, mitä haasteita tahtituotannossa voi esiintyä; esimerkiksi henkilöstön koulutukseen ja sitoutumiseen liittyviin kysymyksiin.

Tahtituotanto edellyttää erityistä koulutusta henkilöstölle, jotta he voivat ymmärtää ja soveltaa tehokkaasti tahtituotannon periaatteita ja menetelmiä. Lisäksi tahtituotanto vaatii hyvää kommunikointia ja yhteistyötä kaikkien sidosryhmien välillä, mikä vaatii ylimääräisiä resursseja ja työtä.

Kokonaisuudessaan tutkimustyö osoitti, että tahtituotanto voi olla tehokas menetelmä rakennusprojektien aikataulun ja kustannusten parantamiseen, mutta sen menestys riippuu tarkasta suunnittelusta, sidosryhmien sitoutumisesta ja yh-

teistyöstä. Tulevaisuudessa tahtituotannon soveltamista rakentamisessa voidaan edelleen kehittää ja parantaa, jotta se saavuttaa vielä parempia tuloksia ja hyötyjä rakennusprojekteissa.

9 Yhteenveto

Tässä tutkimustyössä on esitetty aluksi hankkeen aikataulu ja sen tarkoitus rakennushankkeessa. Työmaan ajallinen hallinta on tuotannonhallinnan kannalta tärkeä osa-alue, josta kerrotaan yleisesti tässä tutkimustyössä. Tutkimustyössä esitetään aluksi perinteisen aikataulusuunnitteluun yleisimmät periaatteet ja aikataulusuunnitteluvaiheet.

Seuraavaksi kerrotaan tarkemmin erilaisten aikataulumuotojen esitystavat ja niiden soveltaminen rakennushankkeisiin. Pohditaan yleisesti niiden käytännöllisyys erilaisten työtarkoituksiin sekä esitetään hyviä ja huonoja puolia niiden soveltamisesta rakennushankkeissa. Aikataulumuodoista esitetään kuvia, josta voidaan havaita niiden toimintaperiaatteet.

Osa tärkeänä tutkimustyönä pidetään tahtituotanto käsitteenä ja sen soveltaminen rakennushankkeisiin. Sen takia kerrotaan myös Lean-tuotannonohjauksesta ja Lean-rakentamisesta, sillä tahtituotanto on Lean-ajatteluun perustuvaa tuotannonohjausmenetelmä.

Tutkimustyössä esitetään tahtituotanto käsitteenä ja kerrotaan, mistä tahtituotanto on peräisin, ja mitä uutta tahtituotanto on tuonut rakennushankkeen tuotannonohjauksessa. Käydään yleisesti tahtituotannon tahtituotantoprosessista ja tahtituotannon aikataulusuunnittelusta, jonka jälkeen esitetään muutamia tahtituotannon aikataulumuotoja.

Tutkimustyössä kerrotaan tahtituotannon soveltamisesta rakennushankkeisiin moni eri tavoin ja esitetään esimerkkikohdetta, jonka aikataulusuunnittelussa on otettu käyttöön tahtituotannon menetelmä. Tärkeänä osana oli laatia tahtituotannon toimintamalli opas, jonka takia tutkimustyössä kerrotaan myös tahtituotannon soveltamisen hyödyt ja yleisimmät ongelmat ja mahdolliset ratkaisut. Tutkimustyön lopussa esitetään työn tuloksena tahtituotanto-opas, jossa kerrotaan, miten voidaan tahtituotantoa soveltaa asuinrakentamisessa.

Lähteet

- 1 Juvonen, Juha-Matti.2010. Talorakennushankkeen tuotannonhallinta. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy
- 2 Koskenvesa, Anssi, Sahlstedt, Satu. 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus. Kolmas tarkistettu painos. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 3 Hietamäki, Joni 2022; [Työpakettien suunnittelu tahtiaikatauluun asuntokorjauskohteessa - Theseus](#), luettu 10.2.2023
- 4 Kettunen, Toni 2019; [Sisävalmistusvaiheen tehostaminen asuinkerrosta-
lossa - Theseus](#), luettu 16.2.2023
- 5 Verkkoaineisto. Rakennuslehti. [Mistä puhumme, kun puhumme tahtituotannosta? | Rakennuslehti](#), luettu 16.2.2023
- 6 Korkeakangas, Jopi 2022; [HAMK Opinnäytetyön asiakirjamalli \(theseus.fi\)](#), luettu 16.2.2023
- 7 Kuhmonen, Esa 2022; [Tahtiaikataulun toimintamallin kuvaus - Theseus](#), luettu 4.2.2023
- 8 Vaso, Sami 2022; [Tahtituotanto korjausrakentamisessa allianssimallilla - Theseus](#), luettu 5.2.2023
- 9 Viittanen, Maarit 2022; [Tahtituotanto OYS2030-rakennushankkeessa - Theseus](#), luettu 20.2.2023
- 10 Verkkoaineisto, Sitedrive. [Sitedrive - Kohti parempaa työmaiden tuotannon virtausta | Sitedrive](#), luettu 15.2.2023
- 11 Verkkoaineisto, Salmicon; [Mitä uutta tahtituotanto tuo rakentamisen tuotannonohjaukseen? – Salmicon Oy](#), luettu 17.2.2023
- 12 Klingberg, Teemu 2019; [Tahtituotanto kerrostalohankkeen sisätyövaiheessa - Theseus](#), luettu 1.2.2023
- 13 Veikkoaineisto, Youtube; [Tahtituotannon avulla tavoitteisiin OYS2030:n B-allianssissa - YouTube](#), katsottu 17.2.2023
- 14 Verkkoainesto, Skanska, Tahtituotantoopas urakoitsijalle; [C:\Users\TAL-VIT~1\AppData\Local\Temp\msODB5.tmp \(skanska.fi\)](#), luettu 18.2.2023

- 15 Verkkoaineisto, Teollinen rakentaminen; [Teollinen rakentaminen | YIT.fi](#),
luettu 18.2.2023