

Riku Äyräs

TAHTITUOTANNON PARHAAT SOVELTAMISKOHTEET SAIRAALARAKENTAMISESSA

Diplomityö
Rakennettu ympäristö
Professori Arto Saari
Väitöskirjatutkija Kimmo Keskiniva
Joulukuu 2025

TIIVISTELMÄ

Riku Äyräs: Tahtituotannon parhaat soveltamiskohteet sairaalarakentamisessa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan DI-ohjelma
Joulukuu 2025

Tahtituotanto on Japanista, Saksasta sekä Yhdysvalloista juurensa juontava tuotantomalli, joka perustuu Lean filosofiaan. Tahtituotantoa on alun perin sovellettu tehdastuotannossa, josta se on 2010-luvun taitteessa alkanut siirtymään myös rakennusalalle. Tahtituotannon soveltaminen rakennusalalla on alkanut yleistymään huomattavassa määrin Suomessa vuodesta 2018 eteenpäin. Joidenkin yritysten toimintaan sitä on implementoitu laajasti ja joillakin se on vasta alkutekijöissä. Tahtituotannolle ei ole selkeää yksiselitteistä soveltamismuotoa, vaan sitä täytyy soveltaa eri tavoilla riippuen toteuttavan hankkeen piirteistä. Tästä syystä tässä diplomityössä on tutkittu tahtituotannon soveltamista rakennusalalla, erityisesti sairaalarakentamisessa. Tavoitteena on ollut löytää tahtituotannon parhaimpia soveltamistapoja sairaalarakentamisessa.

Tässä diplomityössä ensimmäisenä on tutkittu tahtituotannon soveltamista sairaalarakentamisessa kirjallisuuskatsauksen avulla, jossa on tutkittu monipuolisesti tieteellisiä lähteitä. Lähteiden perusteella on pyritty muodostamaan ensin kattava kokonaiskuva tahtituotannosta, jonka jälkeen on käsitelty rakennushankkeen läpivientiä kokonaisuutena. Viimeisenä on käsitelty sairaalarakentamisen mukanaan tuomia erityispiirteitä, jotka erottavat sen tavanomaisesta toimitilarakentamisesta. Näistä osa-alueista kerätyn tiedon perusteella on pyritty muodostamaan kokonaiskuva siitä, minkälaista tahtituotannon soveltaminen sairaalarakentamisessa on ollut, on tällä hetkellä ja tulee olemaan tulevaisuudessa.

Toisena keinona tutkimustavoitteiden saavuttamiseksi on käytetty aineistoanalyysiä. Aineistoanalyysissä on tutkittu yhden tahtituotannolla toteutetun sairaalahankkeen sisältämää dokumentaatiota. Menetelmän tarkoituksena on ollut löytää aineiston perustella hyviä käytäntöjä, jotka ovat toimineet hankkeessa, mutta myös haasteita sekä mahdollisia epäonnistumisia.

Viimeisenä vaiheena kolmivaiheisessa tutkimuksessa on hyödynnetty henkilöhaastatteluita. Henkilöhaastatteluissa on haastateltu henkilöitä, jotka ovat olleet töissä erinäisissä rooleissa hankkeella, josta myös aineistoanalyysin lähdeaineisto on saatu. Henkilöhaastatteluiden tavoitteena oli saada nostettua esille alan ammattilaisten mielipiteitä aineistoanalyysin sekä tutkimustavoitteiden avulla muodostettuihin kysymyksiin. Kysymyksien oli tarkoitus haastaa haastateltavia pohtimaan tahtituotannon käyttöä hankkeessa syvemmin, jotta tuloksina saadaan mahdollisimman monipuolisesti tietoa sekä hyvistä että huonoista soveltamiskohteista.

Yhdessä kaikkien kolmen tutkimusmenetelmän avulla muodostettiin vastaukset tutkimuskysymyksiin, jotka on voitu pohdinnan jälkeen todeta luotettaviksi sekä jossain määrin yleistettäviksi. Tärkeimpiä tuloksia esiin nousi viisi. Tilaajan täytyy pystyä tuomaan selkeästi ja mielellään sopimuksellisesti esiin hankkeen tärkeimmät tavoitteet ja vaatimukset tahtituotannon kannalta mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Hankkeen kaikki osapuolet tulee sitouttaa ja motivoida tahtituotantoon sopimuksellisesti ja henkisesti sekä hankkeen aikana tulisi hyödyntää mahdollisimman paljon yhteistoiminnallisia menetelmiä ja työkaluja, niin digitaalisia kuin fyysisiä. Tahtiaikataulun luomisessa tahtialueet pitää pystyä luomaan rohkeilla tavoitteilla, tukien tuotantoa ja tahtiaikataulun muokkausta tai hienosäätöä tulee uskaltaa toteuttaa, mikäli se parantaa tuotannon suorituskykyä. Hankkeiden valvonta ja ohjaus täytyy jaotella selkeästi, hyödyntäen monipuolisesti sekä palavereita osapuolien kesken että visuaalisia ja digitaalisia työkaluja. Tulevaisuudessa tahtituotantoa tulisi soveltaa monipuolisesti mahdollisimman monissa hankkeissa, jotta soveltuvuudesta saadaan laajemmin konkreettista näyttöä. Lisäksi tulisi hyödyntää enemmän edellisten hankkeiden dokumentaatiota, digitaalisia työkaluja sekä automaatiota.

Avainsanat: Tahtituotanto, Sairaalarakentaminen, Lean

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Riku Äyräs: Optimal applications of takt production in hospital construction
Master's Thesis
Tampere University
Master's Program in Civil Engineering
December 2025

Takt production is a production model originating from Japan, Germany, and the United States, founded on the principles of Lean philosophy. It was initially applied in industrial manufacturing, from where it began to transition into the construction sector in the early 2010s. In Finland, the application of takt production in construction has become significantly more widespread since around 2018. Some companies have implemented it extensively in their operations, while in others, its adoption is still at an early stage. There is no single, clearly defined method for applying takt production; in practice, its implementation varies from project to project. For this reason, this master's thesis examines the application of takt production in the construction industry, with a particular focus on hospital construction. The objective has been to identify the most effective methods for applying takt production in hospital construction projects.

The thesis first explores the use of takt production in hospital construction through a literature review, which draws on a wide range of scientific and peer-reviewed sources. Based on these sources, a comprehensive understanding of takt production was first established, followed by an examination of the overall execution of construction projects. Finally, the specific characteristics of hospital construction, which distinguish it from conventional commercial building projects, were analyzed. The information gathered from these areas was then synthesized to form an overall picture of how takt production has been applied in hospital construction in the past, how it is currently applied, and how it is expected to develop in the future.

The second research method used to achieve the study's objectives was data analysis. This involved examining documentation from a hospital project that was executed using takt production. The purpose of this method was to identify, based on the project data, good practices that proved successful, as well as challenges and potential shortcomings encountered during the project.

The final stage of the three-phase research process consisted of expert interviews. The interviewees were professionals who had participated in various roles in the same project from which the documentation for the data analysis was obtained. The aim of the interviews was to elicit the views of industry professionals on the questions derived from the data analysis and research objectives. The questions were designed to encourage the interviewees to reflect deeply on the use of takt production in the project, to obtain comprehensive insights into both successful and less effective aspects of its application.

Together, the three research methods provided answers to the research questions, which, after careful consideration, were found to be reliable and to some extent generalizable. Five key findings emerged. First, the client must be able to clearly and, preferably through contractual means, define the project's main objectives and requirements related to takt production as early as possible. Second, all project stakeholders must be both contractually and mentally committed and motivated to follow takt production principles, and collaborative methods and tools, both digital and physical, should be extensively utilized throughout the project. Third, the creation of the takt schedule should be based on ambitious targets that support production, and adjustments or refinements to the schedule should be made whenever they improve production performance. Fourth, project monitoring and control must be clearly structured, making versatile use of meetings among stakeholders as well as visual and digital tools. Finally, in the future, takt production should be applied in a wide variety of projects to obtain broader empirical evidence of its applicability. Additionally, greater use should be made of documentation from previous projects, digital tools, and automation.

Keywords: Takt production, Hospital construction, Lean

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

TEKOÄLYN KÄYTTÖ OPINNÄYTTEESSÄ

Opinnäytteessäni on käytetty tekoälysovelluksia:

- Ei
- Kyllä

Ilmoitukseni mukaan olen käyttänyt opinnäytteessäni tutkielmaprosessin aikana seuraavia tekoälysovelluksia:

Tekoälysovellusten nimet ja versiot: Open AI ChatGPT-5

Käyttötarkoitus: Tekoälysovellusta on käytetty tiivistelmän kääntämiseen englanniksi abstractia varten.

Osiot, joissa tekoälyä on käytetty: Abstract

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien osat, joissa on hyödynnetty tekoälyä, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

ALKUSANAT

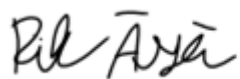
Tämä diplomityö on tehty toimeksiantona Suomen sairaalatekniikan yhdistykselle (SSTY), yhdessä Tampereen yliopiston (Tuni) rakennetun ympäristön tiedekunnan kanssa. Työ on tehty vuoden 2025 maaliskuun ja joulukuun välisenä aikana.

Ensimmäiseksi haluan kiittää työn ohjaajia, joina toimivat Arto Saari, Kimmo Keskiniva sekä esimerkkihankkeen tilaajan edustaja. Tapaamisten perusteella työhön muodostui nopeasti selkeä lähestymistapa, joka helpotti kirjoittamista. Erityisesti Kimmon kommenttien perusteella oli helppo syventyä oleellisiin asioihin, oppia uutta ja edistää tutkimusta sekä sen laatua.

Toiseksi haluan kiittää haastatteluihin osallistuneita henkilöitä siitä, että he saivat järjestettyä aikaa tapaamisille ja kävivät kanssani mielenkiintoisia keskusteluita, jotka toimivat oleellisena osana tätä tutkimusta.

Viimeisenä, muttei vähäisimpänä haluan kiittää tyttöystävääni, joka jaksoi kuunnella ja auttaa tutkimukseni kanssa aina, kun ei itsellä tuntunut tietoa, taito tai halu riittävän.

Tampereella, 12.12.2025



Riku Äyräs

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta.....	1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus.....	1
1.3 Tutkimusmenetelmät	2
1.4 Tutkimuksen rakenne	3
2. TAHTITUOTANTO LEAN RAKENTAMISEN MENETELMÄNÄ	4
2.1 Lean yleisesti.....	4
2.1.1 Lean filosofia & ideaalitila.....	4
2.1.2 Lean-rakentaminen	6
2.2 Tahtituotanto.....	10
2.3 Tahtituotannon suunnittelu.....	12
2.4 Tahtituotannon käynnistäminen, ylläpito ja parantaminen	16
3. RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET & OSAPUOLET	20
3.1 Rakennushankkeen osapuolet.....	20
3.2 Rakennushankkeen vaiheet.....	22
3.3 Urakkamuodot	25
3.3.1 Yhteistoiminnalliset toteutusmuodot ja projektiallianssi	26
3.4 Vaativan toimitilahankkeen rakennuttaminen	28
4. SAIRAALARAKENTAMISEN ERITYISPIIRTEET	29
4.1 Sisäilmaluokitukset	29
4.2 Puhtaus- ja puhdistettavuusvaatimukset.....	30
4.3 Tilojen toimivuusvaatimukset	33
4.4 Muuntojoustavuus	34
4.5 Säteilevyudet	36
4.6 Kiinteät sairaalalaitteet.....	37
5. AINEISTOANALYYSI.....	38
5.1 Käytetty lähdeaineisto.....	38
5.2 Tahtituotannon suunnittelu ja toteutus	41
5.3 Sopimukset ja yhteistoiminnalliset menettelyt	45
5.4 Hankkeen toteutuminen suhteessa alkuperäisiin suunnitelmiin.....	47
5.5 Tahtituotannon soveltuvuus sairaalarakentamiseen.....	47
6. HAASTATTELUTULOKSET.....	49
6.1 Haastatteluiden toteutus	49
6.2 Haastateltavien tausta	49
6.3 Tahtituotannon valmistelu	51

6.4	Tahtituotannon ylläpito.....	53
6.5	Sitouttaminen & yhteistoiminnallisuus.....	56
6.6	Soveltuvuus ja jatkokäyttö	56
6.7	Kehittäminen.....	58
6.8	Haastatteluiden tulokset	59
7.	POHDINTA	63
7.1	Päätös tahtituotannon käyttämisestä	63
7.2	Tahtituotannon suunnittelu.....	64
7.3	Tahtituotannon toteutus	66
7.4	Tahtituotannon kehittäminen.....	68
7.5	Pohdintojen tulokset	69
7.6	Tulosten luotettavuus.....	70
8.	JOHTOPÄÄTÖKSET	72
8.1	Tutkimustavoitteiden saavuttaminen.....	72
8.2	Jatkotutkimuskohteet	74
	LÄHTEET	75
	LIITE A: HAASTATTELURUNKO	79

LYHENTEET JA MERKINNÄT

IPT	Integroitu projektitoimitus. Toteutusmuotojen kategoria, joka pitää sisällään yhteistoiminnalliset toteutusmuodot.
KSE	Konsulttitoiminnan yleiset sopimusehdot. Rakennushankkeissa sovellettava paketti sopimusehdoista, jotka pätevät osapuolten välillä, kun käytetään konsulttitoimintaa.
KSL	Kiinteät sairaalalaitteet. Sairaalassa olevia kiinteästi asennettuja laitteita tai kalusteita.
LCI	Lean Construction Institute. Amerikkalainen lean-rakentamisen instituutti.
LPS	Lean Production System. Termi, joka kuvaa tietynlaista tuotantofilosofiaa hyödyntäneitä tehtaita.
SR	Suunnittele ja rakenna. Rakennushankkeen toteutusmuoto.
SSU	Standard space unit. Tahtialueen määrittely osa.
TPS	Toyota Production System. Toyotan tehtailla käytetty tuotantosysteemi.
TPTC	Takt Time Planning and Takt Control. Saksassa kehitetty malli tahtituotannon toteuttamiseen.
TTP	Takt Time Planning. Kaliforniassa kehitetty malli tahtituotannon toteuttamiseen.
YSE	Rakennusurakan yleiset sopimusehdot. Rakennushankkeissa sovellettava paketti sopimusehdoista, jotka pätevät osapuolten välillä.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Tahtituotanto alkoi yleistyä rakentamisessa noin 15 vuotta sitten. 2010-luvun taitteessa tahtiajattelua alettiin hyödyntämään järjestelmällisesti sekä rakentamisessa että muussa projektiteollisuudessa. Tahtituotannolla saadut erinomaiset tulokset loivat innostusta niin Saksassa kuin Yhdysvalloissakin. Yhdysvalloissa hankkeiden keston lyheneminen tahtituotannon avulla innosti soveltamaan sitä erityisesti sairaala- ja toimitilarakentamisessa. (Lehtovaara & Hartikainen 2024)

Edellä mainittujen maiden lisäksi tahtituotanto levisi myös esimerkiksi Peruun, Norjaan sekä Suomeen, joista viimeisimmässä on tahtituotantoa sovellettu yksittäisissä hankkeissa myös aiemmin. Suurempaa suosiota tahtituotanto alkoi saavuttamaan Suomessa vuoden 2018 aikoihin ja muutamassa vuodessa Suomi onkin kehittynyt yhdeksi edelläkävijämaista, sillä Suomessa on tuotettu suuri osa tahtituotannon tieteellisestä tutkimuksesta, jonka lisäksi sitä on hyödynnetty jo satoihin hankkeisiin. (Lehtovaara & Hartikainen 2024)

Diplomityötutkimus on tehty tilaustyönä Suomen Sairaalatekniikan yhdistykselle (SSTY). Työn taustalla on yrityksen halu saada tietoa siitä, miten tahtituotantoa on hyödynnetty sairaalarakentamisessa ja millaisia käyttökokemuksia sillä on ollut. Niiden lisäksi myös halu saada vastauksia sille, miten tahtituotantoa kannattaa jatkossa soveltaa sairaalarakentamisessa ja millaisia kehitysehdotuksia tahtituotannon hyödyntämiseen löytyy.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaus

Tämän diplomityön tavoitteena on selvittää, millä tavoin tahtituotantoa on sovellettu sairaalarakentamisessa, mitä erilaisia haasteita ja hyötyjä sen soveltaminen pitää sisällään sekä mitkä ovat tahtituotannon parhaat soveltamiskohteet erityisesti sairaalarakentamisessa. Työssä tarkastellaan rakennushankkeen eri osapuolten rooleja, hankeosapuolten sitouttamista tahtituotantoon, tahtituotannon ohjausta ja valvontaa sekä tahtituotannon onnistumisen edellytyksiä. Tutkimus koostuu kirjallisuuskatsauksesta, hankeaineiston analyysistä sekä hankeosapuolten haastatteluista, joita on käsitelty tarkemmin aluvussa 1.3.

Diplomityössä on tavoiteltu vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten rakennuttaja on ”ohjelmoinut” ja asettanut vaatimukset tahtituotannon käytölle hankkeissa?
2. Miten hankeosapuolet on sitoutettu tahtituotantoon ja millaisia yhteistoiminnallisia menettelyjä hankkeissa on käytetty?
3. Millaisia hankkeiden tahtiaikataulut ovat olleet ja miten niitä on mahdollisesti ylläpidetty hankevaiheittain?
4. Miten hankkeita on valvottu ja ohjattu ajallisesti, ja miten hankkeet ovat toteutuneet suhteessa aikatauluun? Missä asioissa on ollut haasteita?
5. Miten tahtituotantoa kannattaa jatkossa soveltaa erityisesti sairaalahankkeissa?

Edellä mainitut tutkimuskysymykset ovat ohjanneet työssä suoritettua kirjallisuuskatsausta, hankeaineistoanalyysiä sekä hankeosapuolten haastatteluita. Tutkimuksen aihetta on rajattu käsittelemään enemmän rakennuttajan roolia tahtituotantoa sovellettaessa, tarkoittaen tämän tutkimuksen tapauksessa, rakennuttajan vastuita ja niiden vaikutuksia tahtituotantohankkeessa. Sen lisäksi aihetta on rajattu käsittelemään tahtituotantohanketta erityisesti sairaalarakentamisessa. Yhtenä rajauksena toimii myös yhden kohteen valinta sekä hankeaineiston analyysiin, että hankeosapuolten haastatteluihin, sillä se vähentää huomattavasti niin hankeaineiston kuin haastateltavien henkilöiden määrää.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimus on toteutettu kolmivaiheisena ja vaiheet ovat diplomityön rakenteen mukaisessa järjestyksessä: kirjallisuuskatsaus, hankeaineiston analyysi sekä hankeosapuolten haastattelut. Kirjallisuuskatsauksella tarkoitetaan lähteiden hyödyntämistä tutkimuksen työkaluna. Hankeaineiston analyysillä puolestaan viitataan tietystä hankkeesta saatuihin dokumentteihin, joita hyödynnetään pyrkiessä vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Hankeosapuolten haastattelut viittaavat henkilöhaastatteluihin, jotka käydään diplomityön tutkimuskysymysten vastauksien etsinnän perusteella oleellisten henkilöiden kanssa.

Kirjallisuuskatsauksessa on tarkasteltu teoriaa leanin ja tahtituotannon, rakennuttamisen sekä sairaalarakentamisen erityispiirteiden taustalla, hyödyntäen mahdollisimman monipuolisesti akateemisia lähteitä. Aineistoanalyysissä on tutkittu yhden rakennushankkeen

aineistoa sekä dokumentteja, joiden perusteella on pohdittu tahtituotantoa sairaalarakentamisessa. Henkilöhaastattelut on käyty saman hankkeen eri osapuolten kanssa, edelleen tukien tahtituotannon käytön tutkimista sairaalarakentamisessa.

Kaikkien kolmen tutkimusmenetelmän tuottamien tulosten ja johtopäätösten perusteella on pyritty vastaamaan itse tutkimuskysymyksiin. Hyödyntämällä eri tutkimusmenetelmiä on pyritty saamaan mahdollisimman kattava ja monipuolinen vastaus tutkimuskysymyksiin.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tämä diplomityötutkimus jakautuu sisällysluettelon mukaisesti kahdeksaan osaan. Ensimmäisessä osassa käydään läpi tutkimuksen taustaa, mitkä ovat sen tavoitteet tutkimuskysymysten avulla, miten sen aihe rajautuu, mitä tutkimusmenetelmiä tutkimuksessa on käytetty sekä tutkimuksen rakennetta. Toisessa luvussa käsitellään ensin leania, jonka jälkeen syvennyttään lean-rakentamisen kautta tahtituotantoon. Tahtituotantoa käsitellään sekä yleisesti että suunnittelun, valvonnan ja ohjauksen näkökulmasta.

Kolmannessa osiossa tutkitaan rakennuttamisen teoriaa käymällä läpi rakennushankkeessa olevat osapuolet sekä vaiheet. Näiden jälkeen kerrotaan rakennushankkeen erilaisista toteutusmuodoista, joista erikseen nostetaan esille projektiallianssi. Kolmannessa osiossa perehdyttään viimeisenä vielä vaativan toimitilan rakennuttamiseen. Neljännessä luvussa perehdyttään sairaalarakentamisen erityispiirteisiin, kuten sisäilmaan, puhtauteen, tilojen toimivuuksiin, muuntojoustavuuteen, kiinteisiin sairaalalaitteisiin sekä säteilevyyksiin.

Viidennessä luvussa analysoidaan hankeaineistoa ja pyritään tuomaan siitä esille asioita, jotka ovat oleellisia sekä työn että tutkimuskysymysten kannalta. Kuudennessä osiossa käydään läpi hankeosapuolten haastattelut, eli kerrotaan tutkimuksen kannalta tärkeimmät henkilöhaastatteluissa esiin nousseet asiat, jotka vaikuttavat tutkimuskysymyksiin vastaamiseen. Luvussa käydään myös läpi, miten haastattelut on toteutettu ja miksi henkilöiden haastattelu on relevanttia tutkimuksen kannalta.

Seitsemäs osio koostuu henkilökohtaisesta pohdinnasta, jossa käydään läpi työn tuloksia sekä pohditaan niiden luotettavuutta ja oikeellisuutta. Kahdeksas luku on niin ikään henkilökohtaista pohdintaa, mutta tulosten arvioinnin sijaan, esitetään tulosten perusteella tehdyt johtopäätökset sekä pohditaan mahdollisia jatkotutkimuskohteita.

2. TAHTITUOTANTO LEAN RAKENTAMISEN MENETELMÄNÄ

2.1 Lean yleisesti

Lean on liiketoiminnan johtamisoppi, joka syntyi Yhdysvalloissa 1980-luvun loppupuolella. Tehtaista, jotka käyttivät tuotannossa uutta tuotantofilosofiaa, alettiin käyttää termiä ”Lean Production System” (LPS). LPS pohjautui kuitenkin jo aikaisemmin Japanissa, Toyotan tehtailla, käytettyyn ”Toyota production Systemsiin” (TPS), joka puolestaan oli otanut vaikutteita Fordin massatuotannosta. TPS:n kehittäjät Eiji Toyoda, Taiichi Ohno ja muut halusivat kuitenkin massatuotannon paremmin joustavaksi tuoteräätälöintiin sekä etsiä ratkaisuja laadun parantamiseen ja resurssien tuhlaamisen vähentämiseen. Lean-termi juontaakin juurensa japaninkielisestä sanasta ”genryou”, jolla tarkoitetaan ylimääräisen ”painon” poistamista tuotannosta, jolloin tuotanto on mahdollisimman hoikkaa (lean). (Salminen 2021, s.15).

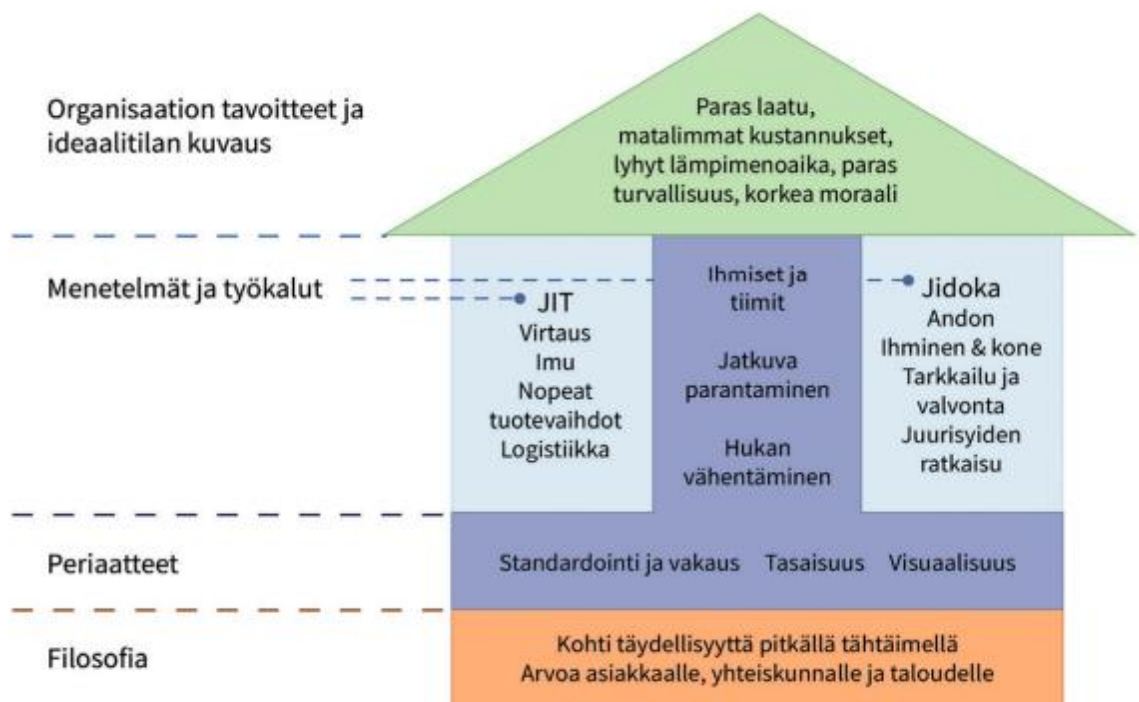
Toisaalta leania voidaan pitää niin sanottuna sateenvarjoteorianana, tarkoittaen, että se pitää sisällään paljon asioita ja on saanut vaikutteista monista muista johtamisopeista, kuten esimerkiksi ihmisjohtamisesta, oppivasta organisaatiosta ja laatuajattelusta. Tämän päivän leania voikin ajatella eräänlaisena yhdistelmänä vallitsevia johtamisoppeja. (Salminen 2021, s.16)

Käytännössä lean termillä viitataan tuotantoon ja sen hukkavapaaseen toimintaan, jossa tavoitteina ovat hyvä laatu, lyhyet toimitusjata ja matalat kustannukset. Lisäksi huomio on vahvasti asiakkaassa. Lean yhdistelee tapoja prosessien optimointiin ja kehittämiseen ja lean periaatteet tiivistävät niihin sopivat metodit. Lean on kuitenkin enemmän kuin vain kokoelma metodeja ja periaatteita, enimmäkseen sen vaikutukset näkyvät yrityksen strategiassa ja kulttuurissa. (Bertagnolli 2020) Nykypäivänä leania hyödynnetään monilla eri aloilla kuten esimerkiksi tehdastuotannossa, rakennusalalla, terveydenhuollossa sekä IT-alalla (Griffiths 2023).

2.1.1 Lean filosofia & ideaalitila

Leanin filosofiaa voi lyhyesti tiivistettynä kuvailla seuraavasti: ”Tee sitä mikä on oikein yhtiön, sen työntekijöiden ja yhteiskunnan kannalta” (Liker 2004). ”Oikein tekeminen” ei tietysti ole kovin spesifi ilmaus ja pitää sisällään paljon eri aspekteja. Käytännössä sillä tarkoitetaan oman toiminnan jatkuvuuden varmistamista hyvin pitkillä aikaväleillä, johon pyritään tuottamalla arvoa asiakkaille, yhteiskunnalle sekä taloudelle. Tärkeää leanissa

onkin jatkuva parantaminen, pyrkiminen joka päivä olemaan hieman eilistä parempi, joka juuri pitkällä aikavälillä johtaa suurempaan kehitykseen. Pitkään aikaväliin panostaminen ei tietenkään poissulje sitä, etteikö myös nopeisiin liikkeisiin ja päätöksiin ole oltava valmis tarvittaessa, mutta juuri kehittyminen pitkällä aikavälillä on lopullinen tavoite. Tällä kehityksellä pyritään pääsemään lähemmäs saavuttamatonta ideaalitilaa. Lean filosofia saattaa siihen tutustuessa vaikuttaa pelkästään keinolta, jolla saadaan tehostettua ja nopeutettua tuotantoa. Vaikka se on myös sitä, siinä korostetaan erityisesti ihmisten ja työntekijöiden merkitystä ja asemaa arvon tuottajina. Pelkästään omien työntekijöiden ja yrityksen onnistuminen ei ole kuitenkaan riittävää lean filosofian kannalta, vaan yritys on osa sekä yhteiskuntaa, että laajempaa verkostoa, joiden onnistumista oman yrityksen onnistuminen vaatii. Onnistumisen mittarina on siis hyvinvoinnin luonti yritykselle, sen työntekijöille, yhteistyökumppaneille sekä ympäröivälle yhteiskunnalle. (Salminen 2021, s. 17–18). Leanin filosofia, sen periaatteet, menetelmät ja työkalut sekä tavoitteet ja ideaalitila on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1: Toyota-talo (Salminen 2021, s.19)

Kuvassa 1 on Toyota-talo, joka kuvaa Toyotan näkemystä leanin soveltamisesta. Perustuksena on lean filosofia, jota on selitetty aiemmin, ja kattona ideaalitila, joka on teoreettinen, saavuttamaton tila, jossa yrityksellä täyttyy kuvan mukaiset kriteerit. Ideaalitilassa

yrittäjällä on siis maailman paras tuotannon suorituskyky laadun ja kustannuksen suhteen, lyhyt läpimenoaika, joka palvelee asiakasta, paras turvallisuus ja ihmisten hyvinvointi sekä kaikki toimivat korkealla moraalilla ja oikein. Filosofian ja tavoitteiden määrittämisen avulla suunnitellaan, miten yleisiä lean-periaatteita sovelletaan sekä mitä menetelmiä ja työkaluja hyödynnetään. Tavoitteet voivat vaihdella erilaisin painotuksin ja reunaehdoin sen sijaan, että haluttaisiin kaikkea kaikille. (Salminen 2021, s. 18–19)

Kuvassa 1 näkyvä ”hukan vähentäminen” viittaa, kuten aiemmin mainittu, ylimääräisen painon poistamiseen tuotannosta. Womackin & Jonesin (1996) mukaan hukkia, joita lean filosofia pyrkii eliminoimaan, on seitsemän: ylituotanto, odotusaika, kuljetukset, tarpeeton jalostaminen, varastot, liike ja vialliset tuotteet. Ylituotannolla tarkoitetaan tuotteiden valmistamista kysynnän näkökulmasta ennakkoon. Odotusajalla viitataan aikaan, jonka työntekijä odottaa materiaalia tai tarvikkeita tai päinvastoin aikaan, jonka materiaali tai tarvikkeet odottavat työntekijää. Kuljetuksella viitataan tarpeettomiin kuljetuksiin työn alla olevien osien suhteen. Tarpeettomalla jalostamisella tarkoitetaan puolestaan tuotteen prosessointia tavalla, joka ei tuota lisäarvoa. Varastoilla tarkoitetaan esimerkiksi valmistusta odottavia tuotteita tai kuljetusta odottavia valmiita tuotteita. Liikkeellä tarkoitetaan työntekijöiden tarpeetonta liikkumista tuotannossa. Viallisilla tuotteilla viitataan tuotannossa syntyviin virheisiin, jotka poistamalla vältetään viallisten tuotteiden hävittämiseltä tai korvaamiselta. (Skhmt 2018)

Lean-tuotantofilosofia puolestaan perustuu viiteen periaatteeseen: Arvon määrittäminen, arvovirran tunnistaminen, virtaus, veto ja jatkuva parantaminen. Arvon määrittämisellä tarkoitetaan tuotteen arvoa loppukäyttäjälle ja loppukäyttäjä onkin ainoa, joka voi kyseisen arvon määrittellä. Arvovirran tunnistamisella tarkoitetaan kaikkien niiden vaiheiden, jotka ovat tarvittavia tuotteen saamiseksi loppukäyttäjälle, muodostamaa kokonaisuutta. Virtauksella tarkoitetaan arvoa tuottavien vaiheiden muodostamista siten, että tuotanto ”virtaa” sujuvasti eteenpäin. Veto eli ”pull” tarkoittaa puolestaan sitä, että tuotanto on yhdistetty kysyntään: myy yksi, valmista yksi. Jatkuvalle parantamiselle viitataan siihen, ettei prosessin nopeuttamisella, tilan vähentämisellä, kustannussäästöillä ja virheiden vähentämisellä ole loppua, vaan ne ovat aina mahdollisia. (Womack & Jones 1996)

2.1.2 Lean-rakentaminen

Mossman (2018) toteaa, ettei lean-rakentamiselle ole yksittäistä sovittua määritelmää. Hänen mukaansa sekä termin määrittelyllä että sen määrittelemättömyydellä on molemmilla hyviä puolia. Määrittely kasvattaa todennäköisyyksiä sille, että tutkijat tutkivat ja kirjoittavat samasta aiheesta. Määrittelemättömyys puolestaan voisi tuoda esille laajemmin eri näkökulmia ja soveltamistapoja. Seuraavana muutamia eri määritelmiä siitä, mitä

lean-rakentaminen on. Lean-rakentamista on kuvailtu Koskelan et al. (2002) toimesta, seuraavasti: ”tapa suunnitella tuotantosysteemi sellaiseksi, että materiaalin, ajan ja työn hukka minimoidaan sekä luodaan sitä kautta maksimimäärä arvoa asiakkaalle”. Salmisen (2021, s. 31) mukaan lean-rakentamista voidaan toisaalta kutsua myös operatiiviseksi tavaksi toteuttaa rakennusprojekti, sillä se korostaa tavan käytännöllisyyttä, joka vaikuttaa suorasti työmaaelämään. LCI:n (n.d.b) mukaan Lean-rakentaminen on tuotannonohjaukseen perustuva lähestymistapa projektin toteuttamiseen, joka korostaa kunnioitusta ja yhteistyösuhteita. Se keskittyy arvon luontiin asiakkaalle poistaen samanaikaisesti hukkaa koko suunnittelu- ja rakentamisprosessista. Jatkuvan parantamisen ja kaikkien osapuolten tiiviin yhteistyön vaalimisen tarkoituksena on maksimoida tehokkuus, minimoida hukka ja näin tuottaa laadukkaita projekteja.

Koskelan (1997) mukaan lean-rakentamisen periaatteet voidaan tiivistää yhteentoista:

- Vähennä arvoa tuottamattomien toimintojen osuutta
- Lisää arvontuottoa järjestelmällisellä tarkastelulla asiakkaan vaatimuksista
- Vähennä vaihtelua
- Lyhennä läpimenoaikoja
- Yksinkertaista minimoimalla vaiheiden, osien ja kytkentöjen määrää
- Lisää tuotannon joustavuutta
- Lisää prosessin läpinäkyvyyttä
- Kohdista ohjaus koko prosessiin
- Rakenna jatkuva parantaminen osaksi prosessia
- Tasapainota virtauksen ja muunnosprosessin parantaminen
- Suorita vertailuanalyysi (benchmarking)

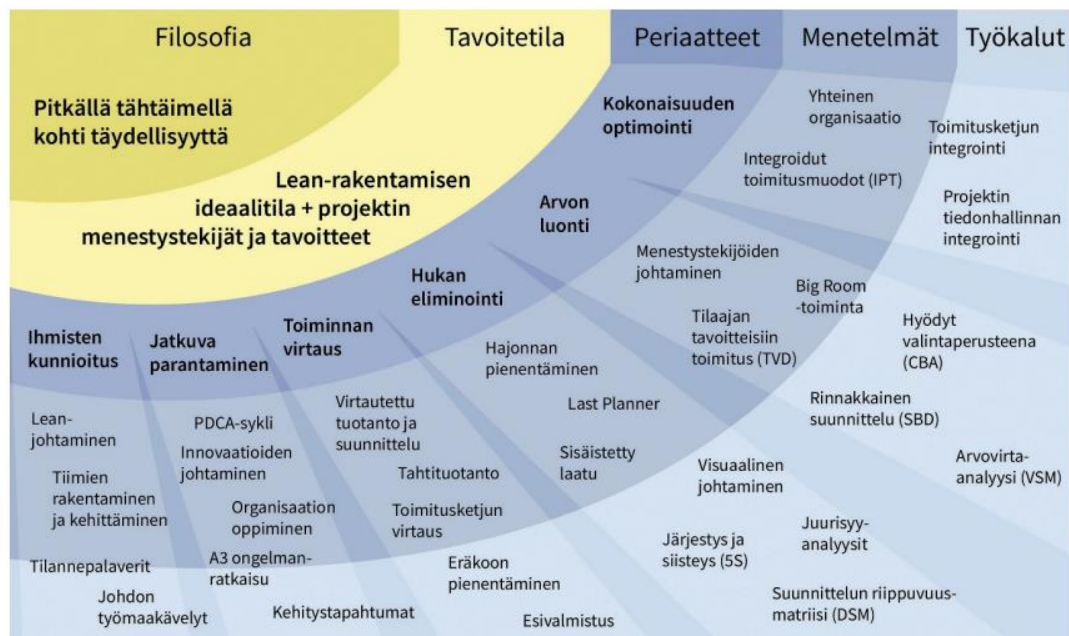
Salmisen (2025, s. 35) mukaan lean-rakentamisessa käytettävät periaatteet voidaan tiivistää kuuteen komponenttiin kuvan 2 mukaisesti.



Kuva 2: Lean-rakentamisen periaatteet (LCI n.d.a)

Kuten kuvassa 2 on esitetty, lean-rakentamisen periaatteet muodostavat komponentit ovat jatkuva parantaminen, kokonaisuuden optimointi, arvon luonti, hukan eliminointi, toiminnan virtaus sekä ihmisten kunnioitus. Nämä komponentit on määritelty amerikkalaisen Lean Construction Instituten (LCI) seminaareissa ja koulutuksissa ja LCI onkin muodostunut lean-rakentamisen kattojärjestöksi. (Salminen 2021, s.35). Lean-rakentamisen periaatteet ovat suurimmaksi osaksi samankaltaisia normaalien lean-periaatteiden kanssa, mutta poikkeuksena on esimerkiksi kokonaisuuden optimointi, joka on rakennusalan erityispiirteiden takia perusteltua esittää omana periaatteenaan sen tärkeyden vuoksi. Hukan minimointi voidaan joissakin esityksissä nähdä myös käännteisenä esityksenä arvon luonnille, mutta rakennusalalla on puhuttu niin paljon tarpeesta parantaa tuottavuutta, että myös sen nostaminen omaksi periaatteekseen on perusteltua. (Salminen 2021, s. 35–36). Hukan eliminoimisessa hukka on lean-rakentamisessa laaja käsite, jolla tarkoitetaan esimerkiksi hukkaan mennyttä työtä, aikaa tai välineistöä sekä asiakkaan vaatimusten täyttämättä jättämistä (Maraqa et al. 2023). Arvon luonti vastaa lean

filosofian arvon luontia, jossa pyritään tuottamaan maksimimäärä arvoa asiakkaalle, taloudelle sekä yhteiskunnalle (Salminen 2021, s.17). Jatkuva parantaminen tarkoittaa, kuten alaluvussa 2.1.1. on aiemmin mainittu, pyrkimystä olla seuraavana päivänä aina hieman eilistä parempi. Ihmisten kunnioitus on oleellinen osa lean-rakentamisen filosofiaa ja sen avainasioita ovat mm. tiimityö, henkilökohtainen kehitys, motivaatio, ongelmanratkaisukyvyyn kehitys, hukan eliminointi sekä turvallisuus (Erazo-Rondinel et al. 2024). Kokonaisuuden optimoinnilla tarkoitetaan käytännössä kaikkien rakennushankkeessa olevien osapuolten mahdollisimman sujuvalla yhteistyöllä saavutettavaa kehitystä. Toiminnan virtauksella puolestaan tarkoitetaan mahdollisimman saumatonta ja sujuvaa etenemistä rakentamisvaiheessa. Lean-rakentamisen periaatteilla on menetelmiä ja menetelmillä edelleen työkaluja. (Salminen 2021, s. 42). Näitä on havainnollistettu kuvassa 3.



Kuva 3: Lean-rakentamisen periaatteet, menetelmät ja työkalut (Salminen 2021, s.43)

Kuvan 3 mukainen kaavio ei ole täydellinen esitys periaatteiden, menetelmien ja työkalujen sidoksista toisiinsa, vaan tulkinta. Perustellusti suuri osa esimerkiksi työkaluista voitaisiin sijoittaa muuhun tai moniin eri sektoreihin. (Salminen 2021, s. 43). Kaaviossa on kuitenkin nähtävillä tämän työn kannalta tärkeitä menetelmiä ja työkaluja, kuten esimerkiksi tilannepalaverit, tiimien rakentaminen ja kehittäminen, johdon työmaakävelyt ja tahtituotanto, jota käsitellään seuraavassa luvussa tarkemmin.

2.2 Tahtituotanto

Tahtituotanto vaikuttaa nykypäivänä olevan ammattilehtien perusteella suosittu tapa rakennusalalla. Oleellista kuitenkin on tahtituotannon tarkempi määritelmä ja sen ero tahtidistetusta tuotannosta, jota Suomessa on käytetty jo 1990-luvulta lähtien. (Salminen 2021, s.145)

Lehtovaaran ja Hartikaisen (2024) mukaan tahtituotannon määritelmän voi kiteyttää esimerkiksi seuraavasti: ”Rakennushankkeiden johtamismenetelmä, joka pyrkii radikaalisti parempaan rytmiin ja virtaukseen, tarkalla tuotannon suunnittelulla (tahtisuunnittelu), rytmityllä tuotannon ohjauksella (tahtiohjaus) sekä yli projektien tapahtuvalla jatkuvalla parantamisella”. Tahtisuunnittelua on käsitelty tarkemmin alaluvussa 2.3. ja tahtiohjausta puolestaan alaluvussa 2.4.

Tahtituotannossa käytetään termiä ”tuotantोजना”, joka muodostuu samassa työkohteessa tapahtuvista tehtävistä, jotka on järjestetty saman pituisiksi paketeiksi. Mallina tälle toimii teollisuuden liukuhihna, jossa tavara liikkuu tasaisella tahdilla ja kaikki työvaiheet tehdään niille asetetuissa aikaikkunoissa. Rakennustuotannossa erona on se, että itse tavara ei liiku, vaan työryhmät liikkuvat työmaiden mestojen välillä ja siirtyvät seuraavaan mestaan, tässä tapauksessa tahtituotannon ruutuun, saatuaan edellisen valmiiksi. (Salminen 2021, s. 145)

Tahtituotannossa siihen kuuluvat tehtävät valmistuvat saman ajanjakson eli tahdin aikana. Näin ollen tehtävät kulkevat mestojen välillä tasaisilla läpimenoajoilla. Tehtävän suorittamiseen kuluva aika kutsutaan tahtiajaksi ja se määrittelee sen, kuinka kauan tietyssä mestassa tapahtuva tehtävä kestää. (Keskiniva et al. 2020) Juuri tahtiaika on tahtituotannon keskiössä, sillä kun hankkeen eri vaiheet sekä niiden sisältämät ihmiset, tehtävät ja asiat etenevät samalla tahdilla, tuotannon ennakoitavuuden taso nousee ja tarpeettoman ”härväämisen” määrä pienenee. (Lehtovaara & Hartikainen 2024)

Kaksi kansainvälistä termiä, jotka kuvaavat tahtituotantoa, ovat ”Takt Time Planning” (TTP) sekä ”Takt Time Planning and Takt Control” (TPTC). TTP on Iris Tommeleinin sekä Adam Frandsonin Kaliforniassa kehittämä malli ja TPTC puolestaan Janosch Dlouhyn sekä Marco Binningerin Saksassa kehittämä tapa tahtituotannon toteuttamiseen. Vaikka toinen kansainvälisistä termeistä, sekä sana ”takt” viittaavatkin Saksaan, tahtituotannon alkuperä mielletään useasti mieluummin Yhdysvaltojen sekä Japanin sarjatuotantoon. Tahtituotannon siirtyminen myös rakennusalalle on suhteellisen uutta, joka saattaa johtua siitä, että rakennustuotannon kohteita on mielletty enemmän yksittäisinä projekteina, jolloin teollisuuden menetelmien käyttöönotto on ollut hankalampaa. (Salminen 2021, s. 145)

Sekä TTP, että TPTC ovat monelta osin lähellä suomalaista paikka-aikakaaviolla johdettua tuotantoa. Sillä tarkoitetaan työmaan jakamista lohkoihin ja lohkojen johtamista paikka-aikakaaviolla. Paikka-aikakaaviossa työpaketit muodostetaan usein yhdestä työnimikkeestä kuten esimerkiksi väliseinätyö, laatoitus tai maalaus. Näillä tehtävänimikkeillä on omat etenemisnopeutensa, jotka voivat vaihdella esimerkiksi kerrostalorakentamisessa saman kerroksen eri asuntojen välillä. Paikka-aikakaaviolla johdettussa tuotannossa pyritään siis yksittäisten työnimikkeiden jouhevaan etenemiseen, jossa tyhjiä työkohteita voidaan käyttää varmuuspuskureina. Tahtituotannossa puolestaan tärkeimpänä kriteerinä on töiden yhtäjaksoisen etenemisen varmistaminen kaikissa työn alla olevissa tiloissa. Tällä tarkoitetaan sitä, että tahdistetussa tuotannossa hyödynnettäviä tyhjiä mesteja ei ole, vaan työt etenevät mesteissa välittömästi edellisen valmistuttua. Paikka-aikakaaviossa varaudutaan siis töiden aikataulusta jälkeen jäämiseen, suunnittelemalla tehtävien väliin puskureita, joilla varmistetaan seuraavan tehtävän aloittaminen ja eteneminen häiriövapaasti. Tällöin myös kokonaisaika pitenee verrattuna tahtituotantoon, jossa tällaisia puskureita ei varata. Sen sijaan tarkoituksellisesti tehtävät aikataulutetaan alkamaan välittömästi mestan vapautuessa, jolloin leanin periaatteiden mukaisesti mahdolliset virheet pakotetaan esiin niiden ratkaisemista varten. (Salminen 2021, s.145–146) Binninger et al. (2018) toteavat, että TPTC:llä on monia hyötyjä verrattuna sijaintiperusteiseen suunnitteluun ja tuotantoon. Heidän mukaansa sen avulla voidaan varmistaa töiden eteneminen tasaisella tahdilla ja tuottaa luotettavia suunnitelmia tuotannosta. Frandsonin et al. (2015) mukaan sijaintiperusteisen tuotannon ja TTP:n välillä on enemmän yhtäläisyyksiä, kuin eroavaisuuksia. Yhtäläisyyksiä ovat mm. molempien tavoittelu jatkuvaan työn virtaukseen tuotantoalueilla määritetyssä aikaikkunassa. Molemmat hyödyntävät myös mahdollisuutta vaihtaa laajuutta tuotantojärjestelmän parantamiseksi.

TTP ja TPTC ovat lähellä toisiaan, mutta erojakin niillä on. Niitä yhdistää esimerkiksi töiden tasapainottaminen tahtiajan avulla. Eroja on esimerkiksi tahtituotannon suunnittelussa, valvonnassa sekä ohjauksessa. (Binninger et al. 2018; Frandson et al. 2015) Mallien suunnittelu sekä valvonta- ja ohjaustapoja on käsitelty tarkemmin seuraavissa alaluvuissa 2.3. ja 2.4.

Tahtituotannon käyttäminen, vain osittaisellakin soveltamisella, tuo edellytyksiä mm. tekemisen korkeammalla tasaisuudelle ja ennakoitavuudelle, ongelmien aikaiselle havainnoinnille ja korjaukselle, eri osapuolten kommunikoinnin ja yhteistoiminnan tukemiselle sekä pienemmälle määrälle keskeneräisiä ja viimeistelemättömiä töitä. Nämä edellytykset puolestaan johtavat mm. seuraaviin hyötyihin: parempi laatu sekä vähemmän virheitä, parempi työturvallisuus, parempi tuottavuus sekä lyhyempi kesto hankkeella. (Lehtovaara & Hartikainen 2024)

2.3 Tahtituotannon suunnittelu

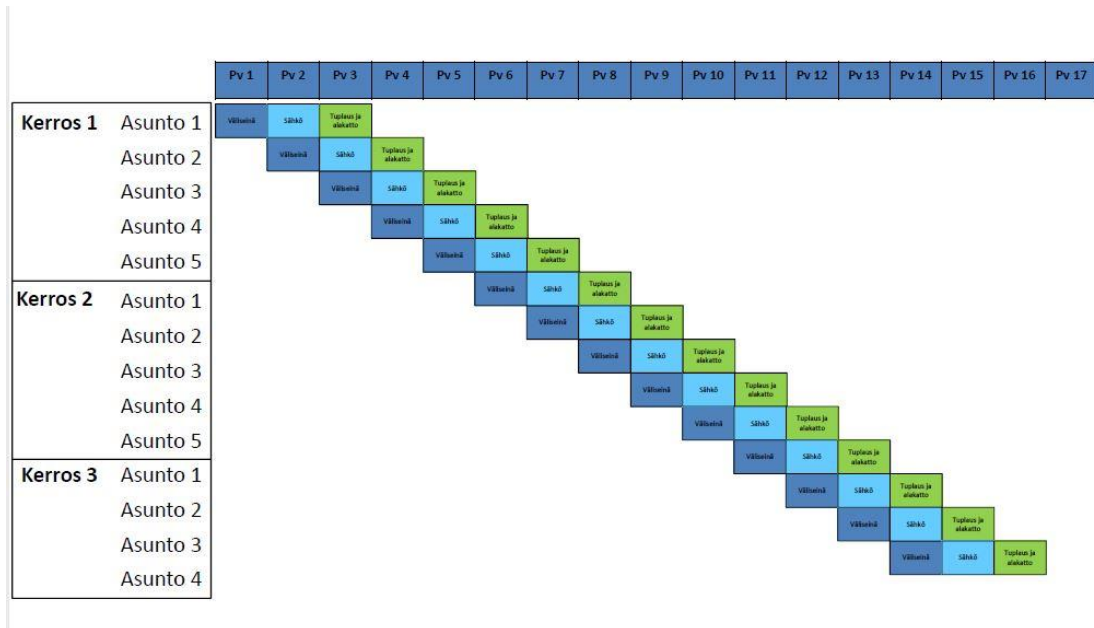
Salmisen (2021, s. 148) mukaan tahtituotanto ei sovi kaikkiin rakennusprojekteihin sen työpakettien jatkuvan toistuvuuden vuoksi, mutta Lehtovaaran ja Hartikaisen (2024) mielestä juuri yksi sen suosion juurisyistä on sovellettavuus kaikenlaisissa hankkeissa. Salminen (2021, s. 148) toteaa kuitenkin myös, että joissain tapauksissa, vaikka vaihtelua olisikin enemmän, tahtituotantoa pystytään hyödyntämään valitsemalla alueet riittävän hyvin ja näin onnistumalla tehtävien samanpituisiksi mitoittamisissa. Tahtituotantoa mietittäessä on kuitenkin hyvä ymmärtää, että mikäli tuotannon suunnittelu, aikataulujen päivitys ja töiden johtaminen koituu liian työlääksi, se on pois toistuvuuden hyödyistä ja näin ollen jokin muu aikataulumenetelmä voisi olla perustellumpi. Tahtituotanto soveltuu siis parhaiten kohteisiin, joissa työkohteiden toistettavuus on korkealla tasolla, esimerkiksi kerrostaloasunnot, sairaalahuoneet ja toimistot. Tahtituotannon perusyksikkö onkin tahtialue, jolla tarkoitetaan pohjakuvan tiettyä osa-aluetta esimerkiksi kylpyhuonetta. Keskiniva et al. (2020) mukaan Kalifornian mallissa tahtialue muodostetaan etsimällä alueet, joiden työsuoritteiden kestot ovat samanpituiset. Saksan mallissa puolestaan rakennus jaetaan alueisiin toiminnallisuuksien perusteella, jonka jälkeen alueista määritellään standard space unitit (SSU), joita yhdistelemällä luodaan tasaisen tuotantotahdin takaavat tahtialueet. Salmisen (2021, s. 148) mukaan keskeisenä kriteerinä tahtituotannon soveltamiselle kohteessa onkin tahtialueiden riittävä samankaltaisuus, jotta työpaketit saadaan etenemään niissä samanpituisina. Kriteeri työtehtäville, jotka halutaan sijoittaa tahtiaikatauluun, on puolestaan se, että niiden tulee sijaita kriittisellä polulla. Eastin (2015) mukaan kriittisellä polulla tarkoitetaan sellaisten tehtävien muodostamaa jonoa, joka on kestoltaan pisin ja kasvattaa koko kohteen kestoa myöhästyessään aikataulusta.

Kun rakennushankkeessa hyödynnetään tahtituotantoa, on tärkeää sisällyttää se suunnitteluun heti hankkeen alusta, jolloin se sitouttaa myös tilaajan sekä suunnittelijat auttamaan tahtituotannon toteuttamista. Yhteistyö tilaajan ja suunnittelijoiden kanssa tukee tahtituotantoa toteutusvaiheessa, kun jo suunnittelussa on huomioitu esimerkiksi materiaalien asennusnopeudet, kuivumisajat sekä työvaiheiden määrä. Tällöin esimerkiksi kalliimman materiaalivalinnan voidaan huomata tuovan säästöjä kustannuksissa koko hankkeen tasolla. Tämän vuoksi tahtituotannon suunnittelu ja toteutus on perinteiseen verrattuna työläämpää. Tahtituotanto voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen: tahtituotannon suunnittelu, tuotannon valmistelu & käynnistäminen sekä ylläpito & jatkuva parantaminen. (Salminen 2021, s. 150)

Tahtituotannon suunnittelu voidaan puolestaan jakaa Salmisen (2021, s. 150) mukaan viiteen eri vaiheeseen:

1. Tahtialueiden valinta
2. Tahtialueen tehtävien listaus ja työpakettien luonti
3. Tahtiaikataulun koostaminen
4. Toimitusten ja logistiikan suunnittelu
5. Resurssien käytön suunnittelu

Tahtialueiden valinta, kuten jo edellä mainittiin, perustuu siihen, mitä tiloja tahtituotannolla on sopivinta toteuttaa, esimerkiksi kerrostalossa huoneistot, jotka voidaan edelleen jakaa esimerkiksi kuiva- ja märkätiloihin. (Salminen 2021, s. 150) Keskinivan et al. (2020) mukaan kuiva- ja märkätila jako toimii hyvin kerrostalon huoneistojen osalta siksi, että eri huoneistojen märkätilojen ja kuivien tilojen työt ovat hyvin samankaltaisia ja toistuvia, vaikka märkä- ja kuivien tilojen työt eroavat keskenään. Salminen (2021, s. 152) sanoo, että tahtialueet voivat toisaalta myös muuttua, mikäli suunnittelun edetessä tilajaoille löydetään parempia ratkaisuja. Yhden tahtialueen suunnitelma tehdään kaikki alueen tarvittavat työt listaamalla ensimmäisestä viimeiseen. On mahdollista, että tahtisuunnitelma ei käsitä kaikkia tahtialueen töitä, vaan tahtituotanto alkaa esimerkiksi valmistelevien töiden valmistuttua. Kaikille tahtialueen tehtäville määritetään erikseen resurssit sekä kestot perustuen joko työmenekkeihin tai kokemusperäisiin arvioihin. Tehtävistä muodostetaan työpaketteja, jotka ideaalitulanteessa vaativat vain yhden resurssin, eli aliurakoitsijan tai ammattiryhmän, sen suorittamiseen. Työpaketit, jotka suoritetaan saman tahdin aikana, kootaan yhteen tahtialueeseen ”vaunuksi”, joka siirretään tahtiaikatauluun, jossa niistä muodostuu tuotantojuna. Yksinkertaistettu esimerkki tahtiaikataulusta on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4: Esimerkki tahtiaikataulusta (Mölsä 2019)

Tahtiaikataulu, kuten kuvasta 4 nähdään, muistuttaa taulukkoa, jossa on vaaka-akselilla aika ja pystyakselilla tahtialueet. Ensimmäisen tuotantojunan aikataulutuksen jälkeen, seuraavat lisätään kopioimalla tuotantojunaa ”eteenpäin”, jolloin tuotanto etenee vaakatasossa ja työryhmät etenevät vaunuittain diagonaalisesti. (Salminen 2021, s. 152)

Toimitusten ja logistiikan suunnittelu nousee tärkeään rooliin tahtituotannossa, koska esimerkiksi materiaalipuutteista johtuvat häiriöt ajavat tuotantojunan herkästi pois raiteiltaan. Koska on tärkeää, että resurssit saadaan hyödynnettyä täysmääräisesti juuri asennustöihin, toimitusten pitää olla oikeassa paikassa oikeaan aikaan. Toisaalta kuljetusten suunnittelu on mielekkäämpää, koska tahtiaikataulussa työvaiheet on tarkkaan suunniteltu ja etenevät tasaista tahtia. Tämän vuoksi toimitusten siirrot erotetaankin lähtökohteisesti omaksi tehtäväkseen omine työntekijöineen, jolla pyritään varmistamaan toimituksen pysyminen tuotannon kanssa samassa tahdissa. (Salminen 2021, s. 152)

Edellä mainittujen vaiheiden jälkeen projektilla on tahtiaikataulu, josta näkyy tuotannon kokonaisuus ja logistiikka on suunniteltu tuotantoa palvelevaksi. Tämä antaa työnjohdolle selkeän kuvan töiden etenemisestä ja resurssinäkömä puolestaan palvelee aliurakoitsijoita. Siitä aliurakoitsijat näkevät missä vaunuissa on heidän töitensä, joka puolestaan helpottaa niiden toteuttamista resurssitehokkaasti. Tuotantojunan sisältämät vaunut pyritään suunnittelemaan ideaaleiksi edellä mainittuun tapaan, mutta usein on tehtäviä, mistä jää aikaa yli tai niiden suorittaminen vaatii enemmän resursseja. Resurssinäkömän avulla resursseja voidaan jakaa vaunujen välillä, jolloin saadaan maksimoitua resurssien käyttöä. (Salminen 2021, s. 152)

TPTC:n tapauksessa tahtisuunnittelu voidaan jakaa strategiseen- (macro level) sekä operatiiviseen (norm level) tasoon. Strategisessa tahtisuunnittelussa, jota voi verrata esimerkiksi yleisaikataulun luomisen kanssa, hankkeen ylätasoon tavoitteet sekä tavoiteltu tuotantostrategia yhdistetään tahtituotannon kokonaisuuden ja tahtituotannon käyttöpäätöksen kanssa. Se toteutetaan usein keskeisten hankeosapuolten kesken, joka mahdollistaa muiden hankeosapuolten yhdistämisen tahtituotantoon seuraavissa vaiheissa. Lopputuloksena syntyy karkea tahtiaikataulu, joka toimii pohjana operatiiviseen tahtisuunnitteluun. Operatiivinen tahtisuunnittelu, jota voi puolestaan verrata esimerkiksi vaiheikataulun luomiseen, pitää sisällään karkean tahtiaikataulun iteratiivista ja yhteistoinnillista kehittämistä hankeosapuolten, kuten tilaajan, pääurakoitsijan, urakoitsijoiden, suunnittelijoiden ja materiaalitoimittajien, kesken. Kun operatiivinen tahtisuunnittelu etenee, niin myös sekä suunnittelu- että hankintatehtävät etenevät. Näin ollen hankeosapuolten ja suunnitelmien tarkkuuden tasot kasvavat, joka mahdollistaa tahtisuunnitelman kehittämisen ja tarkentamisen. Tässä vaiheessa täytyy varmistaa, että toteutussuunnittelun ja materiaalityöimittämisen aikataulu on yhteensovitettu tahtiaikataulun kanssa, jotta jokaisen tahdin alkaessa sen sisältämien töiden aloitusten vaatimat edellytykset ovat kunnossa. Täytyy myös varmistaa mukaan liittyvien hankeosapuolien jatkuva koulutus sekä perehdytys tahtituotantoon. (Lehtovaara & Hartikainen 2020; Lehtovaara et al. 2022)

TTP:ssä puolestaan suunnittelu voidaan jakaa kuuteen osaan: Tiedon keräys, tahtialueiden ja -ajan määrittäminen, työjärjestyksen tunnistaminen, yksittäisten työtehtävien keston määrittäminen, työn virtauksen tasapainottaminen sekä aikataulun hienosäätö. Tiedon keräyksellä tarkoitetaan tiivistä yhteistyötä aliurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan välillä, jossa tavoitteena on selvittää yksityiskohtaisesti kunkin urakan sisältämät vaiheet, tarvittavat resurssit sekä esimerkiksi urakoitsijoiden liikkuminen kohteessa. Tavoitteena on muodostaa mahdollisimman yksityiskohtainen kuva jokaisesta urakasta hyödyntäen kaikkien osapuolten ammattitaitoa. Tahtialueiden ja -ajan määrittäminen kulkee käsi kädessä ja niiden määrittely voidaan tehdä esimerkiksi aiempia kokemuksia hyödyntäen, varmistamalla tiedetyn pullonkaulan eteneminen tai ensimmäisen vaiheen tiedon keräyksen perusteella. Näin tuetaan kaikkia urakoita mahdollisimman tasapuolisesti. Työjärjestyksen tunnistamisessa yhdistetään yksittäisten urakoiden työjärjestykset muiden urakoiden kanssa siten, että kaikkien aliurakoitsijoiden vaatimukset dokumentoidaan, jotta voidaan varmistaa oikeanlaisista luovutuksista eri urakoiden välillä. Yksittäisten työtehtävien keston määrittämisellä tarkoitetaan jokaisen urakan työtehtävien keston määrittämistä. Kestot työtehtävien välillä voivat vaihdella, jolloin työn virtausta tasapainotetaan, jotta saa-

daan tuotanto etenemään tasaisesti. Siihen pyritään esimerkiksi työjärjestyksiä ja työmenetelmiä muuttamalla tai jättämällä joitain osa-alueita tahdin ulkopuolelle. Viimeisessä vaiheessa varmistetaan tahtiaikataulun toteutettavuus jokaisen urakoitsijan kanssa, jotta varmistutaan siitä, että jokainen aliurakoitsija pystyy toteuttamaan työtehtävänsä suunnitelmien mukaisesti. (Frandsen et al. 2015)

TTP ja TPTC eroavat suunnittelun osalta esimerkiksi siten, että TTP osallistaa aliurakoitsijoita enemmän suunnitteluun, kun taas TPTC:ssä suunnittelu tapahtuu enemmän pääurakoitsijan toimesta tilaajan vaatimuksia noudattaen. (Lehtovaara et al. 2021) TPTC:n makrotaso vastaa TTP:n kolmea ensimmäistä kohtaa ja normitaso puolestaan kolmea viimeistä kohtaa. (Haghsheno et al. 2016) Näiden lisäksi erona on myös edellä mainittu tahtialueiden määrittäminen, joka tapahtuu malleissa eri tavoilla.

Tahtituotannon onnistuminen vaatii huolelliset valmistelut, joista isona osana on aliurakoitsijoiden valmentaminen ja sopimuksellisesti sitouttaminen tahtituotannon vaatimukseen. Sopimuksia esimerkiksi pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välillä ei voida toteuttaa vain työnjohtojen ja hankintatiimien välisesti, vaan tahtituotannon vaatimukset ja työmallit on oltava selkeät jokaiselle työntekijälle. Suunnitteluvaiheen loppusalaus onkin tahtituotantosuunnitelman käyminen läpi kaikkien urakoitsijoiden kanssa. (Salminen 2021, s. 152–153) Aliurakoitsijoiden osallistamisella tarkoitetaan sitä, että heille annetaan laajemat vaikutusmahdollisuudet, kuin mitä sopimuksessa on määritelty. Sen tavoitteena on laadukkaampi yhteistyö osapuolten välillä, parempi sitoutuminen tahtituotantoon sekä ammattitaitojen monipuolinen hyödyntäminen tuotannon ohjauksessa. Yhteistoiminnallisessa tahtisuunnittelussa aliurakoitsijat huomioidaan jo aikataulun suunnittelussa pitämällä heidät ajan tasalla muutoksista, sillä ne vaikuttavat kaikkiin aliurakoitsijoihin, koska työt ovat tiiviisti sidoksissa toisiinsa. Tämän on nähty parantavan tahtituotantoon sitoutumista sekä vähentävän rakentamisessa tapahtuvia virheitä. (Keskiniva et al. 2022)

2.4 Tahtituotannon käynnistäminen, ylläpito ja parantaminen

Tahtituotannon laadukasta suunnitteluakin tärkeämpänä kriteerinä onnistumiselle voi pitää tuotannon käynnistysvaihetta. Käynnistysvaiheessa tahtituotanto joko starttaa suunnitelmien mukaisesti, jolloin toistuvuus työntää tuotantojuna kohti projektin loppua, tai ei alun perinkään lähde etenemään suunnitelmien mukaisesti. Tahtituotannon käynnistäminen kuormittaa erityisesti työnjohtoa, verrattuna perinteiseen tuotantomalliin. Tämä johtuu tahtituotannon luonteesta, joka pakottaa mahdolliset virheet ja ongelmat esiin huomattavasti nopeammin perinteiseen tuotantomalliin verrattuna. Käynnistysvaiheen kriittisyys tulee esille juuri ongelmien ja niiden ratkaisemisen kautta. Mikäli alkuvaiheessa ongelmiin ei heti puututa, vaan yritetään väkisin puskea eteenpäin, esimerkiksi

jatketaan seuraavista tehtävistä, ennen kuin edelliset on saatu valmiiksi, niin koko tuotanto suistuu helposti raiteiltaan ja sen palauttaminen takaisin on todella hankalaa. (Salminen 2021, s. 155) Koskela (2004) sisällyttää töiden tekemisen siellä missä pystyy, niin sanottuun "making-do" hukkaan. Making-do hukalla tarkoitetaan sellaisten töiden tekemistä, jolta puuttuu vähintään yksi valmius töiden aloittamiselle, esimerkiksi materiaali. Toisaalta sitä voidaan pitää ikään kuin negatiivisena puskurina. Materiaalipuskurin tapauksessa materiaali odottaa työn aloittamista, kun taas making-do:ssa työt on jo aloitettu ennen materiaalin saapumista. Salmisen (2021, s. 154–155) mukaan töiden tekemisen siellä missä pystyy sijaan, olisi järkevämpää pysäyttää koko tuotanto ongelmien ratkaisemisen ajaksi. Tämä vaatii johdolta kylmiä hermoja, koska se aiheuttaa luonnollisesti resurssien hukkaa. Koko tuotantoa ei myöskään voi pitää pysäytettynä kovinkaan kauaa, jonka vuoksi ongelmien pitkittyessä koko tahtituotanto epäonnistuu. Tämän vuoksi käynnistysvaiheeseen on tärkeitä varautua jo etukäteen esimerkiksi varmistamalla riittävät resurssit työnjohdolle, suunnittelijoille ja muulla projektinjohdolle. Niiden lisäksi käynnistysvaiheeseen on yleensä hyvä myös varata esimerkiksi ylimääräisiä puskureita tai tahdistamattomia varamestoja. Lehtovaara & Hartikainen (2024) tuovatkin esille niin sanotun kevyen aloituksen, jossa töiden aloitukseen varataan enemmän resursseja sekä aikaa, joka puolestaan estää alussa syntyvien ongelmien kertaantumista sekä helpottaa rytmiiin pääsemistä. Lehtovaara et al. (2019a) nostavat esille, että kevyellä aloituksella saadaan paitsi sitoutettua aliurakoitsijoita paremmin tahtituotantoon, myös parannettua laatua, koska laatutarkastuksille jää enemmän aikaa ensimmäisten työsuoritusten jälkeen, jolloin virheet eivät pääse kasaantumaan. Myös Binninger et al. (2017) mukaan kevyellä aloituksella saadaan tasapainotettua tuotantoa ja opittua ensimmäisistä työvaiheista, mutta toisaalta myös kasvatetaan hankkeen kestoa.

Tuotantojunan lähdettyä liikkeelle ja sen paljastamien ongelmien ratkaisuiden jälkeen, tilojen tasainen valmistuminen helpottaa työnjohdon sekä työryhmien taakkaa. Työryhmät toistavat samoja töitä "uusissa" kohteissa, jolloin oppiminen luo rutiinia eikä ensimmäisten vaunujen sisältämä harjoittelu hidasta tekemistä. Tällöin tuotantojuna etenee tasaisesti ja työnjohdolla on kuskien sijasta enemmänkin konduktöörin rooli. Tässä kohtaa työnjohdon tehtävänä onkin varmistaa tuotantojunan pysyminen raiteillaan päivittäisjohtamisella, jossa on tärkeää tietää jatkuvasti, missä ja miten työt etenevät sekä reagoida mahdollisiin poikkeamiin. (Salminen 2021, s. 155) Tahtiohjaus on kriittisessä roolissa ylläpidon kannalta ja sen tavoitteena on luoda jokaiselle työntekijälle edellytykset onnistumiseen, jokaisen tahdin aikana. Tahtiohjaustoimenpiteet, vastualueet, laadunvalvontamenetelmät sekä mestanluovutusmenettelyt tulee sopia etukäteen jo ennen tuotannon

käynnistämistä. Hankkeessa, jossa käytetään päivän tahtiaikaa, tahdin ohjaus voi rakentua esimerkiksi päivittäisjohtamisen palavereiden, viikkopalavereiden sekä erilaisten ohjausmenetelmien tahtiaikataulun muuttamiseen ympärille. Päivittäisjohtamisen palavereissa käydään vähintään työmaajohdon ja urakoitsijoiden nokkamiesten kanssa läpi viime tahdin aikana tehdyt työt, käynnissä olevan tahdin aikana tehtävät työt sekä edellytykset sille, että seuraavan tahdin tavoitteisiin päästään. Siinä käydään lyhyesti läpi siis keskeisimmät yhteiset asiat. Viikkopalaverissa puolestaan ohjataan tahtisuunnitelmaa tarpeen mukaan ja varmistetaan seuraavan viikon töiden edellytykset. Tarvittavat ohjaustoimenpiteet sovitaan sekä toteutetaan yhteisymmärryksessä kaikkien niiden osapuolten kesken, joita ne koskevat. Viikkopalaverissa on tarkoitus tarkastella koko työvaiheen tai jopa hankkeen etenemistä, jotta saadaan ennakoitua ja käsiteltyä mahdollisia tulevia ongelmia ennen niiden syntymistä. Edellä mainittuja ohjausmenetelmiä tahtisuunnitelmaan ovat mm. tahtiajan pidentäminen tai lyhentäminen, työntekijäresurssien lisääminen tai vähentäminen, tahtialueiden etenemisjärjestyksen muuttaminen, tahtivaunujen pilkkominen tai yhdistäminen sekä tahtivaunujen järjestyksen muuttaminen. (Lehtovaara & Hartikainen 2024)

Myös Hagsheno et al. (2016) nostavat esille ohjaustoimenpiteiden kriittisyyden tahtituotannossa, TPTC mallin osalta. Toisaalta tahtituotanto on myös mahdollistava tekijä tärkälle ja lyhytsykliselle ohjaukselle. Johtuen tahdin nopeasta toistuvuudesta, mahdolliset häiriöt edellisessä tahdissa näkyvät välittömästi seuraavassa, joka mahdollistaa nopean reagoimisen häiriöihin ja ongelmiin. Tahtisuunnitelma ei ole pysyvä konsepti, vaan toteutussuunnitelma, joka kehittyy hankkeen edetessä. Sen muokkaaminen lyhyen aikavälin tasolla on tärkeää, esimerkiksi puskureita, työpakettien tai vaunujen siirtoja sekä kiinniottosuunnitelmia hyödyntämällä. Nopealla aikavälillä tapahtuva ohjaus ja valvonta ovat oleellisia, jotta pystytään hillitsemään ohjaustoimenpiteiden kustannuksia ja reaktiivisuutta. He nostavat myös esille niin sanotun tahtitaulun, jolle kootaan visuaalisesti erilaisia tietoja, lukuja ja toimenpiteitä, osana tahdin ohjausta. Lisäksi päivittäisissä tahtitaupamisissa tarkastellaan ja mukautetaan kutakin työn alla olevaa työvaihetta. Tärkeää on, että jokaisen käsiteltävän työvaiheen työnjohtajat osallistuvat kokoukseen, jotta saadaan yhteensovitettua suunnittelut sekä työn alla olevat työvaiheet. Dlouhyn et al. (2016) mukaan tahtituotannon ohjaus ja valvonta kuuluvat kolmijakoiseen tahtituotannon suunnittelu, ohjaus ja valvonta malliin, jossa suunnittelu tapahtuu alaluvussa 2.3. mainituilla macro- ja norm-tasolla ja ohjaus sekä valvonta micro-tasolla. TTP malli kuvaa enemmän tahtituotannon suunnittelua, kuin ohjausta tai valvontaa, mutta esimerkiksi Frandsonin (2019) mukaan kyseisessä mallissa on käytännönkohteissa pidetty samankaltaisesti

TPTC mallin kanssa sekä päivittäisiä että viikoittaisia palavereita tahtituotannon ohjaimiseksi.

Koska yhtenä lean-periaatteena on jatkuva parantaminen, tahtituotannon tasaisessa etenemisessä on riskinä ns. laiskistuminen, jolloin tyydytään siihen, että työt etenevät tasaisesti suunnitelmien mukaisesti ilman ongelmia. Tilanteessa, jossa ongelmia ei ilmeneisi ja läpimenoajat pystyttäisiin pitämään jopa helposti, olisi hyvä alkaa pohtimaan miten tuotantoa voisi edelleen tehostaa. Tätä voidaan tehdä pienentämällä vaunujen läpimenoaika esimerkiksi uusien työmenetelmien avulla, joiden kehittämisessä yleensä itse tekijät ovat parhaita, kunhan he ovat sisäistäneet tahtituotannon idean. (Salminen 2021, s.156) Jatkuvan parantamisen yhtenä työkaluna toimii juurianalyysi. Siinä tutkitaan kohdattuja haasteita / ongelmia syvällisellä tasolla ja pyritään systemaattiseen sekä pitkäjänteiseen toimintatavan muutokseen. Jatkovaa parantamista voi harjoittaa paitsi jo tehtien välillä mutta myös työvaiheiden, hankkeiden ja yritysten välillä. Kun tästä saatua informaatiota viedään mukana seuraaviin hankkeisiin, vähentää se ajan kanssa vastaan tulevia ongelmia ja tasauttaa tahtituotannon soveltamiseen vaadittavia resursseja. (Lehtovaara & Hartikainen 2024) Ahosen et al. (2022) mukaan jatkuvaa parantamista olisi tärkeää dokumentoida ja systematisoida, jotta aiempien tahtituotantokohteiden dataa pystyttäisiin hyödyntämään kokonaisvaltaisesti tulevaisuudessa. Siihen tulisi pyrkiä mm. standardoimalla tahtituotannon sanastoa ja termistöä, kannustamalla palautteen antamista sekä luomalla yksinkertaisia sovelluksia palautteen antoon ja käsittelyyn.

3. RAKENNUSHANKKEEN VAIHEET & OSAPUOLET

3.1 Rakennushankkeen osapuolet

Rakennushankkeeseen osallistuu useita eri osapuolia, kuten omistaja, rakennushankkeeseen ryhtyvä, käyttäjä, rakennuttaja, suunnittelijat, urakoitsijat, rakennusetuote- ja materiaalitoimittajat sekä viranomaiset. Yksittäinen osapuoli voi hoitaa useaa roolia samassa hankkeessa riippuen hankkeen vaativuudesta ja luonteesta sekä osapuolen ammattitaidosta ja osaamisesta. (Junnonen & Kankainen 2020, s.13)

Omistaja viittaa rakennushankkeessa rakennuksia omistavaan yritykseen tai yksityishenkilöön. Rakennettujen tilojen omistaja voi olla esimerkiksi osakeyhtiö, kiinteistöyhtiö, asunto-osakeyhtiö tai yksityishenkilö. Omistajan päätäntävalta jakautuu yhtiön osakkeita omistavien henkilöiden tai organisaatioiden kesken. (Junnonen & Kankainen 2020, s.13)

Rakennushankkeeseen ryhtyvä termiä käytetään maankäyttö- ja rakennusasetuksessa, jossa sillä tarkoitetaan viranomaisen kannalta luonnollista tai juridista henkilöä, jonka nimissä rakennusluvut ja -oikeudet hankitaan. Puhekielessä sekä rakennusalan sopimuksissa rakennushankkeeseen ryhtyvistä käytetään yleisesti termiä rakennuttaja tai tilaaja. Rakennushankkeeseen ryhtyvä vastaa rakennushankkeen organisoinnista ja huolehtii siitä, että kaikilla osapuolilla on tehtävänsä riittävä ammattitaito, osaaminen ja kokemus. Rakennushankkeeseen ryhtyvällä on siis vastuu siitä, että rakennushanke suunnitellaan ja toteutetaan rakentamissäädösten ja -määräysten mukaisesti, sekä noudattaen myönnettyä rakennuslupaa. (RT 10-11222 2016)

Käyttäjiksi kutsutaan rakennettuja tiloja hyödyntäviä henkilöitä tai organisaatioita. Näihin lukeutuu esimerkiksi erilaiset asukas-, henkilöstö- ja asiakasryhmät. Rakennushankkeen, pois lukien infrahankkeet, kannalta tärkeät käyttäjät ovat harjoitettavasta toiminnasta vastaava taho sekä kiinteistönhuollosta vastaava taho. Toiminnasta vastaavan tahon tavoitteena on varmistaa, että rakennushankkeen lopputuotteena syntyvä tila on käyttötarkoituksien mukainen ja voidaan ottaa käyttöön hallitusti. Kiinteistönhoidosta vastaavan tahon tavoitteena on varmistaa, että tilojen hoidon tarpeet ovat huomioitu. Koska rakennushankkeet usein käynnistyvät ennen, kun käyttäjien tarkkoja tarpeita on määriteltä, on muuntojoustavuuteen varautuminen suunnitteluvaiheessa oleellista. Tällöin rakennettavat tilat ovat mukautettavissa rakentamisen aikana tai valmistumisen jälkeen käyttäjätarpeiden täsmentyessä. (RT 10-11222 2016)

Rakennuttajalla viitataan luonnolliseen tai juridiseen henkilöön, jonka vastuulla rakennushanke toteutetaan ja joka vastaanottaa valmistuneiden töiden tulokset. Rakennuttajan kanssa suorassa sopimussuhteessa oleville osapuolille, kuten esimerkiksi pääurakoitsijalle, rakennuttaja on myös tilaaja. Rakennuttajan roolin ydin on yhdistää rakennushankkeen onnistumista tukevat osapuolet sekä ohjata ja koordinoida hanketta siten, että kaikilla osapuolilla on mahdollisuudet toimia ja hyödyntää paras osaamisensa. Rakennuttaja siis vastaa esimerkiksi hankkeen organisoinnista, viranomaislupien hankinnasta, rahoituksen ja aikataulun laatimisesta, suunnittelun ja rakentamisen järjestämisestä sekä ohjaamisesta ja valvonnasta. (Junnonen & Kankainen 2020, s.14)

Suunnittelijoilla tarkoitetaan eri alojen ammattilaisten muodostamaa yhteistyössä toimivaa suunnitteluryhmää, jonka tekemistä ohjaa ja koordinoi pääsuunnittelija, joka on myös vastuussa suunnittelun laadusta. Maankäyttö- ja rakennuslaki edellyttää, että rakennushankkeelle nimetään aina pääsuunnittelija, joka tavallisesti talonrakennushankkeissa on arkkitehti. Pääsuunnittelijalla on oltava riittävä kokemus ja hänen on täytettävä kelpoisuusvaatimukset, jonka vuoksi hankkeen pääsuunnittelija on aina hankekohtainen ja riippuu rakennushankkeen piirteistä. (Junnonen & Kankainen 2020, s.15)

Urakoitsijat termillä tarkoitetaan rakennustyön toteuttajia, jotka ovat vastuussa rakennushankkeen lopputuotteen konkreettisesta tuottamisesta. Toteuttajana voi olla rakennuttaja itse tai rakennuttaja voi tilata toteutuksen toiselta organisaatiolta. Mikäli rakennuttaja hoitaa rakennustyöt itse, hän hankkii tarpeellisen työvoiman, koneet, materiaalit ja laitteet sekä huolehtii töiden organisoinnista ja vastaa lopputuloksesta. Jos rakennuttaja tilaa toteutuksen toiselta organisaatiolta, tätä organisaatiota kutsutaan pääurakoitsijaksi. Pääurakoitsijan ostaessa toteutuksia edelleen muilta organisaatioilta, näitä organisaatioita kutsutaan aliurakoitsijoiksi ja pääurakoitsijaa heihin nähden tilaajaksi. Lisäksi pääurakoitsija voi ostaa muitakin palveluja, kuten nosto- tai kuljetuspalveluita sekä tehdä toimeksiantosopimuksia esimerkiksi suunnittelusta. Rakennushankkeessa olevien urakoitsijoiden väliset asemat, vastuut ja velvollisuudet määritellään urakkasopimuksissa ja niiden liiteasiakirjoissa. (Junnonen & Kankainen 2020, s.15) Sivu-urakoitsijaksi kutsutaan urakoitsijaa, joka on sopimussuhteessa rakennuttajaan ja suorittaa pääurakkaan kuulumattomia töitä. (RT 10-11222 2016)

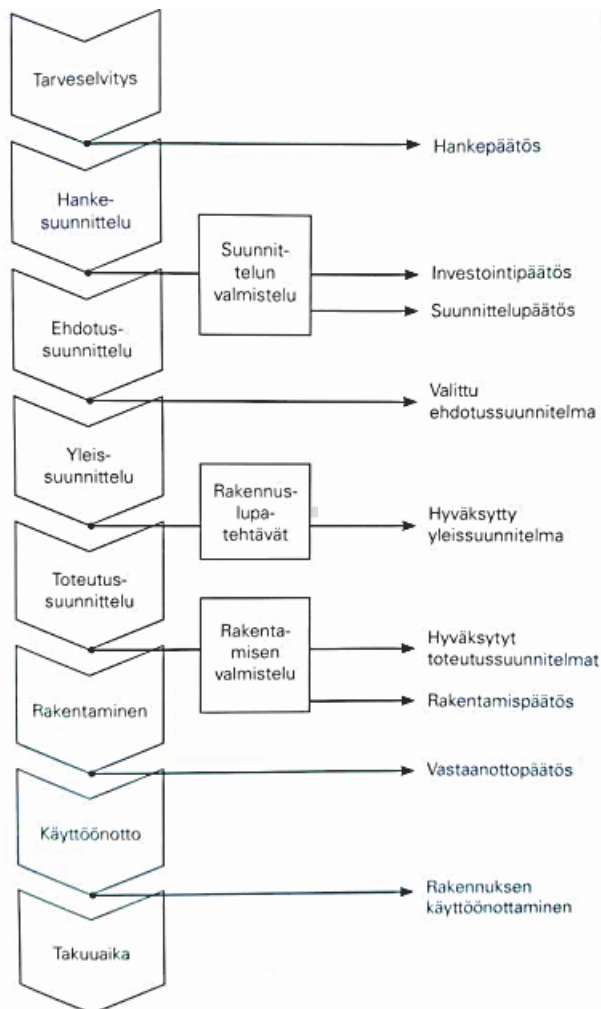
Rakennushankkeen aikana urakoitsijat, rakennuttaja tai molemmat tekevät hankintoja rakennustarvikkeista ja -materiaaleista. Näitä tuotteita myyviä yrityksiä kutsutaan materiaalityöntekijiksi. (Junnonen & Kankainen 2020, s. 15)

Viranomaiset valvovat rakennushankkeen toteutusta ja suunnittelua ja varmistavat, että ne tapahtuvat lakien, asetusten, kaavojen, määräysten, ohjeiden ja normien vaatimalla

tavalla. Viranomaisten tehtävä on siis varmistaa, että rakennushanke toteutetaan yhteiskunnan näkökulmasta turvallisesti ja terveellisesti. (RT 10-11222 2016)

3.2 Rakennushankkeen vaiheet

Rakennushankkeen voidaan sanoa käynnistyvän, kun uuden tilan rakentaminen tai vanhan korjaaminen päätetään tehdä. Rakennushanke jaetaan kahdeksaan osaan, jolloin sitä voidaan hallita sekä ohjata ja päätökset kohdistuvat kunkin osan keskeisimpiin asioihin. Rakennushankkeen vaiheet kronologisessa järjestyksessä ovat: tarveselvitys, hankesuunnittelu, ehdotussuunnittelu, yleissuunnittelu, toteutussuunnittelu, rakentaminen, käyttöönotto ja takuu aika. (Junnonen & Kankainen 2020, s.10). Nämä vaiheet on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5: Rakennushankkeen vaiheet (Junnonen & Kankainen 2020, s. 11)

Osassa rakennushankkeista on hankkeen kehitysvaihe, jossa tutkitaan hankkeen toteutuskelpoisuutta ilman varmuutta siitä, että sitä tultaisiin toteuttamaan. Kehitysvaiheessa jokin taho, kuten suunnittelija, konsultti tai urakoitsija, on hankekehityksessä mukana

erillisellä sopimuksella, joka kattaa kehitysvaiheen, ilman, että tilaaja on sitoutunut hankkeen toteutukseen tai jatkotoimeksiantoon kyseisen tahon kanssa. Kehitysvaiheen sopimuksessa voi olla optio hankkeen toteuttamisesta tai siihen voi olla merkittynä kehitysvaiheen jälkeinen mahdollinen toimeksiannon katkaisupiste. (RT 10-11224 2016)

Rakennushankkeen edellä mainittujen kahdeksan vaiheen lisäksi rakennushankkeessa voi olla myös erillisiä tehtäväkokonaisuuksia, kuten rakennuslupan hankinta, suunnittelun valmistelu sekä rakentamisen valmistelu, jotka näkyvät kuvassa 5 Kyseiset kokonaisuudet kuitenkin nivoutuvat päävaiheisiin. (Junnonen & Kankainen 2020, s.10)

Tarveselvityksessä tilanhankinnan tarpeellisuus tai jo olemassa olevan tilan muutostarve perustellaan, sekä alustavasti määritellään tarvittavat tilat ja niille asetettavat vaatimukset. Lisäksi tutkitaan vaihtoehtoisia käyttömahdollisuuksia ja arvioidaan erilaisten ratkaisujen kustannuksia ja edullisuuksia. Tarveselvityksen perusteella tehdään hankepäätös. (RT 10-11284 2017)

Hankesuunnittelussa rakennusprojektille määritetään tarkat laajuutta, toimivuutta, laatua, kustannuksia, ajoitusta ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuloksena on hankesuunnitelma, joka puolestaan koostuu hanke- ja projektiohjelmista. Hankesuunnitteluun kuuluu myös tarvittavien selvitysten tekeminen tai teettäminen ja sen aikana myös määritellään alustavasti toteutusmuoto. Hankasuunnitelman perusteella tehdään investointipäätös. Hankesuunnitteluun nivoutuvassa suunnittelun valmistelussa pidetään tarvittavat suunnittelukilpailut, joiden perusteella käydään neuvottelut ja tehdään lopulta suunnittelusopimukset. Suunnittelun valmistelua seuraa suunnittelupäätös. (RT 10-11284 2017)

Ehdotussuunnittelun aikana tehdään vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja, joilla saadaan täytettyä asetetut tavoitteet. Ehdotussuunnittelun tuloksena saadaan ehdotussuunnitelma, jota hyödynnetään puolestaan yleissuunnittelussa. (RT 10-11284 2017)

Yleissuunnittelun aikana valittua ehdotussuunnitelmaa kehitetään kohti toteutettavissa olevaa yleissuunnitelmaa. Yleissuunnitelma käsittää sekä rakennuksen kiinteään perusosan, että muuntuvien tila-alueiden suunnittelun ja voi sisältää vaihtoehtoisia tilaratkaisuja. Yleissuunnittelun lopputuloksena on hyväksytty yleissuunnitelma sekä pääpiirustukset. Rakennuslupatehtävissä varmistetaan laadittujen pääpiirustusten hyväksyttävyyttä, valittujen suunnittelijoiden kelpoisuudet sekä selvitetään projektin vaatimat lupamenettelyt. Näiden, sekä muiden hankekohtaisten asiakirjojen, perusteella tehdään lupahakemus, jota kautta saadaan hankittua rakennuslupa. (RT 10-11284 2017)

Toteutussuunnittelussa kehitetään edelleen yleissuunnitelmaa siten, että se vastaa rakentamisen ja hankinnan edellyttämiä vaatimuksia ja mitoituksia. Toteutussuunnittelu pitää sisällään myös sekä tuote-, että järjestelmäosasuunnittelun. Toteutussuunnittelun tuloksena saadaan toteutussuunnitelmat, joiden perusteella voidaan organisoida hankkeen rakentaminen, kilpailuttaa urakat, pitää sopimusneuvottelut sekä allekirjoittaa urakka- ja hankintasopimukset. Näiden perusteella puolestaan syntyy rakentamispäätös. (RT 10-11284 2017)

Rakentamisen aikana varmistetaan, että toteutus etenee sopimusten mukaisesti kohti vaatimusten määräämää lopputulosta, joka täyttää tarvittavat käyttö- sekä ylläpitovelmiudet. Rakennuksen vaatimusten täyttävyys todetaan vastaanottovaiheessa, jota seuraa vastaanottopäätös. Vastaanottopäätöksen jälkeen on syntyneen rakennuksen käyttöönotto, jossa kaikkien järjestelmien toiminta varmistetaan sekä annetaan tarvittavat käytön opastukset. (RT 10-11284 2017)

Takuuaikana, jonka pituus vaihtelee rakennuksen sekä sopimusten perusteella, rakennuksen toimivuutta seurataan. Lisäksi tehdään sekä säätöjä, että tarkastuksia tarvittaviin tiloihin ja laitteisiin. Mikäli rakennuksessa huomataan vikoja tai puutteita, myös ne korjataan takuuajan määräämällä ajanjaksolla. (RT 10-11284 2017)

Yhteisvastuu muodoissa, kuten esimerkiksi projektiallianssissa, jota käsitellään urakamuotona tarkemmin alaluvussa 3.3.1., rakennushanke jakautuu tyypillisesti kehitys- ja toteutusvaiheeseen. Kehitysvaiheessa hanketta kehitetään ja innovoidaan tilaajan tavoitteiden perusteella, laaditaan ja hyväksytetään yleissuunnitelma, laaditaan suunnitelmat johtamisjärjestelmästä sekä toteutuksen läpiviemisestä, laaditaan ja hyväksytetään aikataulut, tavoitekustannukset sekä riskiarviot, määritetään keskeiset tavoitteet sekä niiden mittarit, joiden lisäksi solmitaan lopuksi toteutussopimus. Toteutusvaiheessa valvotaan ja ohjataan tuotantoa siten, että päästään kehitysvaiheessa asetettuihin tavoitteisiin, laaditaan suunnitelmat käyttöönotosta sekä ylläpidosta ja tehdään hyväksytty vastaanottotarkastus. (RT 10-11223 2016; RT 103240 2020)

Projektiallianssissa rakennushanketta voidaan tarkentaa kehitys- ja toteutusvaiheen ympärille siten, että rakennushanke jakautuu kronologisessa järjestyksessä seuraaviin vaiheisiin: Strategia-, muodostamis-, kehitys-, toteutus- ja jälkivastuvaihe. Strategiavaiheessa tilaaja päättää hankkeen toteutusmuodosta sekä hankintamenettelystä. Päättöstä ohjaavat tilaajan hankkeelle asettamat tavoitteet, hankkeen ominaispiirteet sekä tilaajan osaaminen sekä resurssit. Muodostamisvaiheessa suunnitellaan ja valmistellaan allianssin sopimusosapuolten hankintamenettely, valitaan tarjouskilpailuun mukaan otet-

tavat osapuolet, järjestetään tarjouskilpailu sekä valitaan osapuolet ja allekirjoitetaan rakennushankkeen allianssisopimus sekä kehitysvaiheen allianssisopimus. Kehitys- ja toteutusvaihe etenevät edellisen kappaleen mukaisesti. Jälkivastuvaihe käynnistyy hankkeen hyväksytystä vastaanotosta ja se on kestoltaan yleensä viisi vuotta. Sen aikana sopimusosapuolet vastaavat yhdessä suunnittelu- ja rakennustöiden sopimuksenmukaisuudesta. Toteutusvaiheen allianssisopimus sekä koko allianssi päättyy jälkivastuvaiheen päätyttyä. (RT 103239 2020)

3.3 Urakkamuodot

Urakkamuodot voidaan ryhmitellä suoritusvelvollisuuksien perusteella neljään eri kategoriaan: pääurakkamuodot, osaurakkamuodot, suunnittele ja rakenna (SR) -muodot sekä muut toteutusmuodot. Näistä kategorioista on monia toisistaan poikkeavia sovelluksia, joka johtuu vaihteluista rakennuttajan tarpeiden, palvelutarjonnan ja olosuhteiden osalta. Näiden sovellusten eroavaisuudet muodostuvat pitkälti osapuolien välisten sopimus- ja informaatio-suhteiden osalta. (Junnonen & Kankainen 2020, s. 35)

Pääurakkamuodoissa vastuu hankinnoista, työmaan johtamisesta ja rakennustyöstä on urakoitsijalla. Se on Suomessa pääsääntöisesti rakentamisessa käytetty muoto, jonka yleisimmät sovellukset ovat kokonaisurakka, jossa rakennuttaja tekee pääurakoitsijan kanssa yhden ns. kokonaisurakkasopimuksen kohteen rakentamisesta, sekä jaettu urakka, jossa rakennuttaja tekee pääurakoitsijan kanssa tehdyn sopimuksen lisäksi sopimuksen myös valitsemiensa erikoisurakoitsijoiden tai materiaalitoimittajien kanssa. (Junnonen & Kankainen, s. 35–36) Niin kokonaisurakka kuin jaettu urakka sopivat parhaiten laajuudeltaan ja vaativuudeltaan tavanomaisiin kohteisiin (RT 10-11223 2016).

Osaurakkamuotojen, joita kutsutaan myös projektinjohtomuodoiksi, ominaispiirteisiin kuuluu, että projektinjohtototeuttaja johtaa hanketta läheisessä yhteistyössä rakennuttajan kanssa. Rakennustyö jaetaan moniin hankintoihin, jotka kilpailutetaan suunnittelun edetessä. Näin suunnittelun, hankintojen ja rakentamisen saa yhdistettyä ja limitettyä ajallisesti. Kun urakka jaetaan pienempiin osiin ja limitetään suunnittelu sekä rakentaminen, saadaan myös aikataulusäästöjä. Projektinjohtomuodoissa lopullinen päätäntävalta suunnitelmiin ja hankintoihin on aina rakennuttajalla. (RT 10-11223 2016) Osaurakkamuodot voidaan jaotella kolmeen eri päämuotoon projektinjohtototeuttajan suoritukseen kuuluvien olennaisten tehtäväkokonaisuuksien mukaan: projektinjohtorakennuttaminen, projektinjohtopalvelu ja projektinjohtourakointi. Projektinjohtorakennuttamisessa rakennuttaja joko toteuttaa hankkeen pelkästään omalla projektinjohdolla tai vaihtoehtoisesti täydentää organisaatiotaan ulkopuolelta hankitulla rakennutus- tai projektinjohto-

konsultilla. Projektinjohtopalvelussa projektinjohtototeuttaja vastaa sekä rakennuttamistehtävistä, että johtovelvollisuuksien täyttämistä työmaalla. Tällöin projektinjohtototeuttaja määrää työmaalle työnjohton ja toteuttaa projektin päätoteuttajan tehtävät kuin urakoitsija huolimatta siitä, että hankintasopimukset tehdään tilaajan nimiin. Projektinjohtourakoinnissa puolestaan projektinjohtourakoitsija on vastuussa rakennuttamistehtävistä, työmaan johtovelvollisuuksista sekä itse rakennustyöstä ja tekee hankintasopimukset omiin nimiinsä. (Junnonen & Kankainen, s. 37–38)

SR-muodoilla tarkoitetaan urakkamuotoja, jossa urakoitsija suunnittelee sekä toteuttaa rakennushankkeen. Tarjouksia voidaan pyytää SR-muodoissa pyytää havainne- ja viite-suunnitelmia käyttäen jo hankesuunnitteluvaiheen jälkeen. Rakennuttajan tehtävänä kyseisissä urakkamuodoissa on määritellä tavoitteet hankkeelle, toiminnalliset vaatimukset rakennuskohteelle sekä luoda materiaali, jonka perusteella tarjoajat pystyvät toimittamaan tarjouksensa hankkeen toteuttamisesta. (Junnonen & Kankainen 2020, s. 39–40) Melkein jokaisesta urakkamuodosta on mahdollista tehdä myös teknisten ratkaisuiden urakka (sisältyy SR-muotoihin) lisäämällä teknisten ratkaisuiden suunnittelu osaksi rakennusurakkaa. Tässä tapauksessa myös vastuu töiden suunnittelusta, yhteensovittamisesta ja rakentamisesta kuuluu kyseiselle urakoitsijalle. (RT 10-11223 2016)

Muut toteutusmuodot pitävät sisällään yhteisvastuumuotoja, joita ovat esimerkiksi hankkumppanuus ja projektialianssi. Näiden lisäksi kategoriaan kuuluu myös elinkaari-malli, tuoteosakauppa, perustajaurakointi ja perustajarakennuttaminen. (Junnonen & Kankainen 2020, s. 41–42). Näistä tämän työn kannalta oleellinen toteutusmuoto projektialianssi on käsitelty erikseen seuraavassa alaluvussa 3.3.1.

3.3.1 Yhteistoiminnalliset toteutusmuodot ja projektialianssi

IPT eli integroitu projektitoimitus tarkoittaa toteutusmuotoja, jotka ovat yhteistoiminnallisia. Siihen kuuluvista toteutusmuodoista projektialianssi on Suomessa sopimuksellisesti pisimmälle vakioitu yhteistoimintamalli. Projektialianssi on kehitetty Australiassa, jossa sitä on hyödynnetty laajasti erityisesti infrarakentamisessa. Suomessa käytössä oleva allianssimalli on kehitetty kansallisesti australialaisen sopimusohjan perusteella. Integrated Project Delivery eli IPD on Yhdysvalloissa, erityisesti Kalifornian sairaalarakentamisessa, kehitetty yhteistoiminnallinen malli, jonka oleellisena periaatteena on lean-filosofian ja -menetelmien hyödyntäminen. Suomessa Yhdysvaltojen IPD-hankkeiden vaikutus näkyy erityisesti lean-rakentamisen edistymisenä projektitoiminnassa. (Saarinen et al. 2025)

Projektiallianssissa muodostetaan integroitu tiimi hankkeen oleellisten osapuolten kesken. Tiimi sekä suunnittelee, että toteuttaa hankkeen ja jakaa siihen liittyvät mahdollisuudet ja riskit. (RT 103240 2020) Usein allianssi muodostuu rakennuttajasta, pääura-koitsijasta sekä pääsuunnittelijasta. Allianssin ulkopuoliset tahot ovat sopimussuhteissa johonkin allianssin osapuoleen, sillä allianssi ei ole oikeushenkilö. Allianssi kuitenkin johdattaa yhteistyössä hankkeen suunnittelua sekä hankintoja. (Junnonen & Kankainen 2020, s. 41) Tilaaja valitsee rakennushankkeen ominaispiirteiden perusteella allianssin muut osapuolet, eli palveluntuottajat (RT 103240 2020).

Kaikkia allianssiosapuolia sitoo yhdessä laadittu allianssisopimus. Allianssisopimus ei kuitenkaan ole sidottu rakennusurakan yleisiin sopimusehtoihin (YSE 1998) eikä konsulttitoiminnan yleisiin sopimusehtoihin (KSE), vaan sopimus laaditaan ehtoineen ja toimintamalleineen allianssin kesken. Osapuolet vastaavat yhdessä hankkeen riskeistä, joiden toteutuessa seuraukset jakautuvat allianssin sisällä kaikkien osapuolten kesken sopimuksen mukaisesti. (Junnonen & Kankainen 2020, s. 41) RT 103240 (2020) mukaan allianssihakkeen toteutusta varten on tehty yhteiset sopimusasiakirjat, joihin sisältyy myös ohjeet. Ne kertovat allianssimallin käsitteistön ja toimivat ohjeena allianssin kaikille osapuolille. Niihin sisältyy esimerkiksi allianssin kehitys- ja toteutussopimukset, joita on sivuttu alaluvussa 3.2. Hankkeita varten laadittavien sopimusten tavoitteena on hallita suhteita toimijoiden välillä ja pyrkiä poistamaan osapuolten välisiä esteitä (Junnonen & Kankainen 2020, s. 42)

Allianssiorganisaatio siis vastaa koko rakennushankkeen hankinnoista, suunnittelusta sekä toteutuksesta. Kaikki allianssin osapuolet ovat mukana päätöksenteoissa ja kaikissa hankkeen merkittäviin asioihin liittyvissä ratkaisuissa käytetään yhteistä päätäntävaltaa. Tämä tarkoittaa, että päätökset tehdään yksimielisesti allianssin kesken. Kaikki hankkeen kustannukset myös avataan kaikille projektin osapuolille. (Junnonen & Kankainen 2020, s. 42)

Yhteisvastuumuodot, joihin projektiallianssi kuuluu, sopivat kohteisiin, jotka ovat monimutkaisia ja/tai laajoja, esimerkiksi sairaalat, ja jotka sitä kautta sisältävät paljon riskejä ja mahdollisuuksia. Pienemmissä hankkeissa allianssimaiset kilpailutus- ja menettelytavat voivat muodostua tarpeettoman raskaiksi, jonka lisäksi hankkeen kehitys- ja toteutusvaiheen työtapo ja kustannukset voivat olla liian suuria koko hankkeen kustannuksiin suhteutettuna. Siitä huolimatta hankkeen kokoluokkaa ei kannata käyttää ainoana valintakriteerinä allianssin käytölle. Allianssissa nostetaan esille sopimusosapuolten yhteistä vastuuta hankkeesta ja allianssi voi sisältää erilaisia kannustinjärjestelmiä, kuten lisäpalkkioita tai palkkiovähennyksiä, riippuen hankkeen onnistumisista sovitulla mittareilla suhteessa asetettuihin tavoitekustannuksiin ja avaintavoitteisiin. (RT 103240 2020)

3.4 Vaativan toimitilahankkeen rakennuttaminen

Maankäyttö- ja rakennuslaissa työnjohdolliset- ja suunnittelutehtävät voidaan jakaa neljään vaativuus luokkaan: vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Esimerkiksi sairaalarakentamisen osalta, sekä työnjohdolliset- että suunnittelutehtävät luokitellaan poikkeuksellisen vaativiksi. (YM1/601 205; YM4/601 2015)

Vaativaksi mielletävät hankkeet ovat yleensä kalliita, pitkäkestoisia ja yhdistelevät eri toimialoja. Tällaisia ovat esimerkiksi isot teollisuus- ja tuotantorakennukset sekä sairaalat. Suurissa ja monimutkaisissa rakennusprojekteissa, kuten esimerkiksi sairaaloissa, on normaalisti mukana monia eri osapuolia, joista kullakin on omat tehtävänsä. Rakennuttajakonsultin käyttäminen vaativissa hankkeissa on yleistä, koska tilaajan oma osaaminen sekä erityisesti resurssit eivät ole riittäviä. Laajoissa hankkeissa myös käyttäjät ovat usein merkittävässä roolissa, sillä tilaajan täytyy kuunnella ja hyödyntää heidän toiveensa ja tietämyksensä. Juuri eri osapuolten määrä luo projektin koordinoinnille suuret vaatimukset, sekä myös kasvattaa tiedottamisen ja informaation kulun tärkeyttä. (Tien-suu 2018)

Vaativalle toimitilahankkeelle on siis ominaista, että ne ovat laajoja, teknisesti vaativia ja alttiita hankkeen aikaisille muutoksille sekä suunnitelmien ristiriitaisuuksille. Esimerkiksi talotekniikan suuri määrä ja tekninen haastavuus tahdistavat rakentamista keskimääräistä enemmän. (Kurvinen 2023) Tämän työn kannalta oleellinen vaativa toimitilahanke on sairaala, jonka erityispiirteitä vaativana toimitilahankkeena on käsitelty tarkemmin seuraavassa pääluvussa 4.

4. SAIRAALARAKENTAMISEN ERITYISPIIRTEET

Sairaalarakennukset ovat laajoja ja monimutkaisia hankkeita, jotka eroavat normaalista toimitilarakentamisesta sekä suunnittelun, että toteutuksen osalta. Yleensä julkisina hankkeina, niihin vaikuttavat myös esimerkiksi valtakunnallinen terveydenhuollon suunnittelu. (Tiensuu 2018) Sairaalarakentamisessa on tarkemmat vaatimukset esimerkiksi tilojen puhtautta ja puhdistettavuutta, toimivuusvaatimuksia, muuntojoustavuutta sekä säteilevyyttä koskien. Näitä asioita avataan tarkemmin seuraavissa alaluvuissa.

4.1 Sisäilmaluokitukset

Sisäilmastoluokat voidaan jakaa niiden laadun perusteella kolmeen tasoon: S1, S2 ja S3. S3 on tyydyttävä sisäilmasto, jossa luokiteltavan tilan sisäilman laatu, lämpötilat sekä valaistus- ja ääniolosuhteet ovat maankäyttö- ja rakennuslain säädösten ja terveyden- suojelulain vaatimusten perusteella vähimmäisvaatimukset täyttäviä. S2 on puolestaan hyvä sisäilmasto ja siinä luokiteltavan tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tilassa ole häiritseviä hajuja. Lämpötilat sekä ääni- ja valaistusolosuhteet ovat hyvät. Myös luokiteltavaan tilaan yhteydessä olevat rakenteet ja muut tilat ovat toteutettu siten, ettei niistä synny ilmanlaatua heikentäviä tekijöitä. Tiloissa ei normaalisti esiinny vetoa, mutta ke-säisin yllämpeneminen on mahdollista. S1, eli yksilöllinen sisäilmasto, tarkoittaa, että sisäilman laatu on erittäin hyvä, havaittavia hajuja ei ole, eivätkä luokiteltavaan tilaan yhteydessä olevat rakenteet tai tilat aiheuta sisäilman laadun heikkenemistä. Lämpötila on viihtyisä, säädettävissä, eikä yllämpenemistä synny. Tilassa ei ole vetoa ja siellä on käyttötarkoitukseen sopivat, erittäin hyvät ääniolosuhteet. Valaistusolosuhteet ovat hyvät sekä tarpeen mukaan säädettävissä. Sairaalakosteudessa sisäilmaluokituksen tarvitsee olla tasoa S1. (RT 07-11299 2018)

Jotta rakentamisen jälkeinen lopputuote täyttää sisäilmaluokituksen vaatimat edellytykset, niitä täytyy huomioida sekä suunnittelun, että rakentamisen aikana. Erityisesti riittävän tason saavuttamiseen vaikuttaa pölyn, kosteuden ja vedenpoiston hallinta rakentamisvaiheessa. Näin ollen riittävän korkeatasoisella suunnittelulla on keskeinen vaikutus sisäilmaluokituksen toteutumiseen. Rakentamisen aikana kosteuden- sekä puhtauden- hallintaa tulee seurata työmaalla ja niiden suunnitelmat tulee sisällyttää osaksi työmaasuunnitelmaa. (RT 07-11299 2018)

4.2 Puhtaus- ja puhdistettavuusvaatimukset

Kosteudenhallinnalla on oleellinen rooli rakennushankkeen lopputuotteen sisäilman laadun varmistamisessa. Kosteudenhallinnassa yhtenä osa-alueena on kosteusriskien karkeitus, jossa kasataan luettelo rakenteista, materiaaleista sekä tuotteista, joiden suunnittelu ja toteutus voivat sisältää ongelmia kosteuden kanssa. Näin projektin työnjohto pysyy valvonnassaan kiinnittämään erityistä huomiota kyseisten detaljien toteutukseen. Rakenteille, jotka päällystetään kosteuserkillä materiaaleilla, täytyy laatia kuivumisaikarviot, joissa on huomioitu erilaiset olosuhteet toteutuksen aikana. Näiden perusteella tehdään lämmitys-, kuivaus, suojaus sekä osastointisuunnitelmat, joissa käsitellään, miten materiaaleja voidaan tarvittaessa lämmittää, kuivata, suojata tai osastoida, erillään muista kohteen tiloista tai materiaaleista. Osana kosteudenhallintaa on myös varasuunnitelma aikataulussa pysymiseksi, jossa käydään läpi skenaariot, joissa kuivumisajat osoittautuvat suunniteltuja pidemmiksi ja valitaan tarvittavat toimenpiteet aikataulussa pysymiseksi. Materiaalien ja tarvikkeiden logistiikka selvitetään ja suunnitellaan ennen tuotantoa, jolloin vastaanotto, mahdollinen välivarastointi, suojaus sekä siirrot kohteisiin saadaan toteutettua ilman kosteusongelmia. Runkorakenteet ja eristetilat suojataan sekä sulamis-, että sadevesiltä. Kosteudenhallinnan organisointi tulee myös suunnitella erikseen, jolloin saadaan määritettyä vastuuhenkilöt ja heidän vastuualueensa kosteusteknisesti tärkeiltä osa-alueilta. Jotta kosteudenhallintaa pystytään seuraamaan riittäväällä tasolla, tulee laatia kosteudenmittaussuunnitelma, jossa on ilmoitettu mittaussuunnitelmat, niissä käytettävä laitteisto, mittausten aikataulut ja laajuudet sekä mittauspisteiden sijainnit. Lisäksi varmistetaan, että kosteudenhallintaa dokumentoidaan hankkeen aikana tarkoituksenmukaisella laajuudella. (RT 07-11299 2018)

Rakennustöiden puhtausluokituksista käytetään kirjainta P ja se sisältää vain yhden luokan P1. Kyseisen luokituksen vaatimuksia sovelletaan toimisto-, julkisten rakennusten, koulu-, päiväkotien sekä asuinrakentamisessa. Luokituksella pyritään varmistamaan, että rakennettavan kohteen sisältämät tilat ovat luovutusvaiheessa puhtaat, eikä lopputuotteen käytön aikana sisäilmaan kulkeudu rakennusvaiheessa syntyneitä epäpuhtauksia. Tällöin lopputuote voidaan ottaa välittömästi luovutuksen jälkeen käyttöön. Mikäli rakennusprojektissa ei käytetä puhtausluokan P1 vaatimuksia, se toteutetaan noudattaen hyvän rakentamisen mukaisia käytäntöjä (aiemmin luokka P2). Jotta puhtausluokitukseen P1 päästään, täytyy täyttää sen edellyttämät vaatimukset: rakennuksen täytyy olla puhtas ennen ilmanvaihdon päätelaitteiden suojausten poistamista ja ilmanvaihtojärjestelmien käynnistämistä. Tämä tarkoittaa, että pinnoilla ei voi olla hienojakoista irtolikaa, joka voisi joko ilmavirtojen tai kosketuksen takia nousta ilmaan. Tiloissa ei voi säilyttää tai varastoida materiaaleja eikä jätteitä, jotka häiritsevät pintojen puhdistamista. Pintoja

suojaavien pahvien tai muovien poistamisen jälkeen tiloissa voidaan tehdä vain pölymättömiä töitä, esimerkiksi ilmanvaihdon säätöjä tai toimintakokeita, ellei tehdä erityistoimia. Luovutusvaiheessa pinnoilla ei saa olla näkyvää likaa kuten esimerkiksi roskia, irtolikaa, pölyä tai kiinnittynyttä likaa / tahroja. Ennen lopputuotteen luovutusta arvioidaan kaikki näkyvät pinnat, kuten katto-, seinä-, kaluste ja lattiapinnat sekä kalusteiden sisäpinnat. Pölykertymää voidaan mitata myös esimerkiksi geeliteippimenetelmällä. Pölykertymän mittausta suositellaan tehtäväksi aikaisintaan kaksi tuntia siivouksesta, jolloin pöly on ehtinyt laskeutumaan pinnoille. (RT 07-11299 2018)

Rakennus- sekä sisustusmateriaaleista vapautuu erilaisia kemikaaleja huoneilmaan, jotka voivat olla peräisin esimerkiksi raaka-aineista, valmistusprosessin virheistä tai materiaalien vanhenemisesta. Huoneilman epäpuhtauspitoisuudella tarkoitetaan materiaalien kokonaispäästöjen ja ilmanvaihdon yhdistettyä vaikutusta sisäilmaan. Näin ollen epäpuhtauspitoisuuteen voidaan vaikuttaa kokonaispäästöjen ja ilmanvaihdon hallinnan avulla. Kun pyritään pieniin epäpuhtauspitoisuuksiin, tulee ensisijaisesti pyrkiä vähentämään materiaalien kokonaispäästöjä, ilmanvaihdon tehostamisen sijaan. Rakennusmateriaalien päästoluokitusta kuvataan tunnuksella M ja se jakautuu kolmeen luokkaan M1, M2 ja M3. Näistä M1 on paras luokka, kun taas M3 kuvaa materiaaleja, jotka eivät täytä luokan M2 vaatimuksia. Luokat M1 ja M2 pitävät sisällään emissiotestattuja materiaaleja, jotka neljän viikon ikäisinä täyttävät kuvan 6 mukaiset vaatimukset. (RT 07-11299 2018)

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [mg/m ² h]	M2 [mg/m ² h]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70 %.	< 0,2	< 0,4
Yksittäinen VOC µg/m ³	≤ EU-LCI	≤ EU-LCI
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH ₃) emissio	< 0,03	< 0,06
(EC) No 1272/2008 -luokittelun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien CMR-yhdisteiden emissio ¹⁾	< 0,005	< 0,005
Hajun hyväksyttävyys	+0,0	+0,0

¹⁾ ei koske formaldehydiä

Laastit, tasoitteet ja silotteet eivät saa sisältää kaseiinia.

LCI-arvot µg/m³, (kts. http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_fi)

HUOM 7. Pienten (2 m²) ja hyvin pienten pintojen (0,4 m²) emissioita voidaan tarkastella myös mallihuonepitoisuutta kohden. Tällöin M1-luokan raja-arvo (µg/m³) TVOC:lle on 20 µg/m³ ja formaldehydille ja ammoniakille 10 µg/m³, karsinogeeneille 1 µg/m³, yksittäisille VOC:ille (µg/m³) ≤ EU-LCI, eikä tuote saa haista. Pieniä pintoja ovat mm. puupalkit, ovet, ikkunat ja sauma-laastit ja hyvin pieniä pintoja mm. tiivistysaineet.

Kuva 6: Luokkien M1 ja M2 vaatimukset (RT 07-11299 2018)

Mikäli rakennusmateriaali koostuu useasta eri materiaalista, sen päästöluokitus määräytyy heikoimman luokituksen omaavan materiaalin mukaan kuvan 6 mukaisesti. Näin olen esimerkiksi M1 ja M2 luokan materiaaleja sisältävä tuote kuuluu luokkaan M2. (RT 07-11299 2018)

Ilmanvaihtotuotteille on myös oma puhtausluokituksensa, joka esitetään samalla tunnuk-sella, kuin rakennusmateriaalien tapauksessa, M. Siinä on rakennustöiden puhtausluo-kitusta vastaavasti vain yksi luokka M1. Sen vaatimukseen kuuluu, että ilmanvaihtotuote ei saa lisätä sellaisia epäpuhtauksia ilmanvaihtojärjestelmässä tai tuloilmassa, jotka oli-sivat haitallisia terveydelle tai viihtyisyydelle. Tuote ei myöskään saa tuottaa hajua, eikä kaasuu- tai hiukkasmaisia epäpuhtauksia, jotka huonontaisivat tuloilman laatua. Näiden lisäksi tuotteen tulee myös olla puhdistettavissa helposti. (RT 07-11299 2018)

Puhdistettavuudella tarkoitetaan tuotteen tai materiaalin ominaisuutta, joka helpottaa sen puhdistamista eli kuinka helppoa esimerkiksi vieraan orgaanisen tai epäorgaanisen materiaalin poistaminen sen pinnalta on. Siihen vaikuttavat esimerkiksi materiaalin koos-tumus, pinnan huokoisuus, tuotteen muotoilu ja tuotteen asennustapa/-sijainti. Siivotta-vuudella puolestaan tarkoitetaan sisätilan ominaisuuksia, jotka vaikuttavat sen siivoami-sen tehokkuuteen, ergonomisuuteen ja ennalta sovittavuuteen. Siihen vaikuttavat esi-merkiksi sekä tilan rakenne- sekä pintamateriaaliratkaisut, mutta myös kalusteiden siir-reltävyys ja tavaran määrä. Sisätilan hygieniatasot voidaan jaotella seuraavasti: erittäin vaativa-, vaativa-, hyvä- ja perushygieniataso. Erittäin vaativassa hygieniatasossa sisä-tilan hygieniaa parantavia toimenpiteitä käytetään niin kosketuspintojen, veden kuin il-manvaihdonkin kanssa. Sisätilan siivottavuuteen sekä puhdistettavuuteen kiinnitetään erityistä huomiota ja tason ylläpitämisen vaatima kiinteistöhoito-ohjeistus, kuten esi-merkiksi siivousaineet ja -menetelmät, sisällytetään rakennuksen käyttö- ja huolto-oh-jeeseen. Tällaisia tiloja ovat esimerkiksi sairaaloiden leikkaussalit, teho-osastot, infektio-herkkien potilaiden osastot, lääkkeiden valmistustilat, laboratoriot sekä välinehuollon ti-lat. Vaativan hygieniatason sisätiloissa, joita ovat esimerkiksi sairaaloiden tutkimus- ja vastaanottohuoneet sekä vuodeosastojen potilashuoneet, hyvän hygienian saavuttami-seen ja ylläpitoon kiinnitetään huomiota, kuten myös siivottavuuteen sekä puhdistetta-vuuteen. Samankaltaisesti, kuin erittäin vaativassa hygieniatasossa, hygieniaa paranta-via toimenpiteitä käytetään, mutta valikoidummin sekä rajoitetummin. Ratkaisuja voidaan myös muokata enemmän käyttäjien mukaan. Samalla tavalla, kuin erittäin vaativassa hygieniatasossa, hygieniatason ylläpitämisen edellyttämä kiinteistöhoito-ohjeistus sisäl-lytetään rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen. Hyvän hygieniatason sisätilassa hy-vän hygienian saavuttamiseen, ylläpitämiseen, puhdistettavuuteen sekä siivottavuuteen

kiinnitetään huomiota. Hygieniaa parantavia toimenpiteitä käytetään edelleen, mutta vaalikoidummin ja rajoitetummin, kuin vaativassa hygieniatasossa. Samalla tavalla, kuin erittäin vaativassa- sekä vaativassa hygieniatasossa, hygieniatason ylläpitämisen edellyttämä kiinteistöhoito-ohjeistus kirjataan rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeeseen. Hyvän hygieniatason sisätiloja on terveydenhuollon kiinteistöissä, mutta myös esimerkiksi koulut ja liikuntahallit kuuluvat samaan luokkaan. Viimeisenä on perushygieniataso, jonka sisätiloissa ei ole erityisiä ratkaisuja hygienian parantamiseksi, vaan huolehditaan vain tarkoituksenmukaisesta siisteydestä sekä puhtaudesta. Tämä luokka pitää sisällään esimerkiksi asuinrakennukset. (RT 103191 2020)

4.3 Tilojen toimivuusvaatimukset

Esteettömyys on terveydenhuollossa erityisen tärkeää, sillä joidenkin käyttäjien toimintakyky voi olla heikentynyt, jolloin he käyttävät erilaisia apuvälineitä. Tämän lisäksi erinäiset työt, kuten esimerkiksi potilaiden kuljettaminen tai sairaala- ja ruokahuolto, pitävät sisällään erilaisten taakkojen siirtelyä sekä työvälineiden käyttöä. Esteettömät tilaratkaisut ovat osa esteettömyyttä, ja kaikkien terveydenhuollon palvelujen pitää olla saavutettavia. Terveydenhuollon tiloissa kulkeminen ja asioiminen tulee tehdä saavutettavaksi siten, että se on mahdollista näkö-, kuulo-, sekä liikuntarajoitteisille, ikääntyneille ja lyhytkasvuksille. Tilojen, tuotteiden ja mekanismien, kuten hissien, aulatilojen, kulkuväylien, liukuovien, portaiden, ovien, sisäänkäyntien, luiskien, opasteiden ja WC- sekä hygieniatilojen suunnittelussa täytyy varmistaa mm. riittävät valaistukset, saavutettavat korkeudet, riittävät tilat (esimerkiksi käytävien leveydet siten, että pyörätuoli mahtuu kääntymään), riittävät automaatiot sekä tehostevärit. (Työterveyslaitos n.d.)

Odotukset, viiveet ja peruuntumiset ovat yleisiä terveydenhuollossa, jonka vuoksi potilaat usein olettavat, että odotus on harmillinen, mutta luonnollinen osa hoitoprosessia. Vuosia sairaalat ovat reagoineet näihin viiveisiin lisäämällä resursseja, kuten laajentamalla rakennuksia tai lisäämällä henkilökuntaa, kuin ne olisivat ainoita ratkaisuja ongelmaan. Monissa tapauksissa kuitenkin näiden resurssien lisääminen ei ratkaise ongelmaa, koska juurisyy on muualla. (Haraden & Resar 2004) Tampereen sydänsairaalassa tutkittiin potilaiden sairaalassa kulkemia matkoja vanhan ja uuden rakennuksen välillä, kun uuden rakennuksen suunnittelussa oli hyödynnetty informaatio teknologiajärjestelmiä, joilla sekä mitattiin näitä matkoja että pyrittiin optimoimaan niitä. Tuloksena saatiin 33 % pienemmät matkat uudessa rakennuksessa, joka puolestaan tehostaa tuottavuutta ja hoidon laatua. (Karvonen et al. 2022)

Lääkintätiloissa pitää olla varavoimajärjestelmä, joka yleisen sähkönjakelujärjestelmän vian aikana, syöttää ennalta määrätyn syötönvaihtoajan kuluessa virtaa, jota tarvitaan

toiminnan jatkamiseksi. Ennalta määrätyllä syötönvaihtoajalla tarkoitetaan aikaa, joka kuluu siihen, että varavoimajärjestelmän tuottama virta on käytettävissä. Se vaihtelee luokitusten perusteella välillä 0 sekuntia ja yli 15 sekuntia. Varavoimalähteen teholähteen täytyy käynnistyä automaattisesti, mikäli yhden tai useamman pääkeskuksen syötöjohdon nimellisjännite laskee alle 85 %:iin nimellisjännitteestä yli 0,5 sekunnin ajaksi. Sairaalalaitteita, joissa syötönsiirtoaika täytyy olla välitön, ovat mm. leikkausvalaisimet ja elämää ylläpitävät lääkintäsähkölaitteet sekä -järjestelmät. Lisäksi näissä varavoimajärjestelmän tulee tuottaa sähköä vähintään kolme tuntia. Varavoimalähteestä tulevaan sähköön tukeutuvia laitteita, kun syötönsiirtoaika on yli 15 sekuntia ja varavoimalähteen virransyöttö vähintään 24 tuntia, ovat mm. sterilointilaitteet, talotekniset asennukset (erityisesti LVI-laitteet), jäähdytyslaitteet sekä palokunnan- tai potilashissit. (SFS 6000-7-710 2022)

Lääkkeiden säilytys vaatii toimivan tilan, sillä väärä säilytys saattaa nopeuttaa lääkkeiden sisältämien aineiden hajoamista, jolloin lääke voi pilaantua jo ennen viimeistä käyttöpäivää. Useat lääkkeet ovat herkkiä sekä kosteudelle, lämmölle, auringonvalolle että ilman hapelle. (Yliopiston verkkoapteekki) Sairaaloissa lääkkeet tulee säilyttää osastoilla sekä muissa toimintausiköissä lukittavissa, riittävän suurikokoisissa ja tarkoituksenmukaisissa tiloissa. Toimintausiköissä, joissa käytetään tai säilytetään paljon lääkkeitä, pitää olla erillinen lääkehuone. Osastoilla lääkkeiden varastointiin käytettävät tilat pitää olla kulunvalvonnan piirissä. Lääkkeiden oikeanlaisiin säilytysolosuhteisiin täytyy kiinnittää erityistä huomiota sekä varmistaa niiden toteutuminen. Lääkekaapin sekä -huoneen kulunvalvonta pitää järjestää siten, että tiloihin ei pääse asiattomia henkilöitä, varsinkin väärinkäyttöriskin liittyvien lääkkeiden osalta. Lääkevalmistuksessa käytettävien tilojen pitää soveltua niiden käyttötarkoitukseen, olla hyvässä kunnossa sekä puhdistettavuuden ja siivottavuuden tulee olla korkealla tasolla. Kaikkien lääkevalmistuksessa käytettävien mitta- sekä muiden laitteiden toimivuus pitää varmistaa säännöllisesti. (Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus 2012)

4.4 Muuntojoustavuus

Muuntojoustavuuden määritelmiä on monia, mutta yksi niistä on kyky muuttaa tai muokata tiloja sopimaan tiettyyn käyttötarkoitukseen. (Häkkinen & Ala-Kotila 2019) Hakaste (2009) puolestaan määrittelee muuntojouston seuraavasti: ”Rakennuksen tai rakenteen kykyä mukautua tapahtuviin toiminnallisiin, tekniseen järjestelmään liittyviin tai käyttötarkoituksen muutoksiin.” Keskiniva et al. (2024) mukaan rakennuksen muuntojousto voidaan jakaa rakennushanke- ja käyttövaiheeseen. Rakennushankevaiheessa muunto-

jousto huomioidaan suunnittelujoustolla, jolla tarkoitetaan suunnitelmien ja tilojen mukautumiskykyä uusiin ja muuttuviin tarpeisiin. Käyttövaiheen muuntojousto voidaan jakaa monikäyttöisyyteen ja muunneltavuuteen. Monikäyttöisyydellä tarkoitetaan tilojen mukautumiskykyä ilman rakenteellisia muutoksia, kun taas muunneltavuudella mukautumiskykyä rakennusteknisten muutosten avulla. Avoimessa rakentamisessa rakennus jaetaan kiinteään perusosaan ja muuntuvaan tilaosaan. Kiinteällä osalla tarkoitetaan rakennuksen ”kuorta”, joka on mahdollisimman pysyvä ja mahdollistaa muuntuvan sisäosan tilaratkaisuvaihtoehdot ilman muutoksia. Sen tarkoituksena on tarjota joustava pohja muuntuville tiloille ja siihen kuuluu normaalisti erilaiset yleiset tilat sekä niihin sisältyvä talotekniikka. Muuntuvalla sisäosalla puolestaan viitataan kiinteän perusosan sisältämiä tiloja, joiden ominaisuuksien pitäisi olla käytön aikanakin käyttäjien muokattavissa ilman suurempia vaivoja.

Muuntojoustavuutta rakennuksen käyttöiän aikana voidaan tarkastella esimerkiksi tilamuutosten, taloteknisten järjestelmien sekä rakennuksen korjattavuuden kannalta, joista jokainen kategoria voidaan jakaa kolmeen luokkaan: hyvä, kohtalainen ja vaatimaton. Tilamuutoksilla tarkoitetaan tilan muutostarvetta, joka johtuu käyttötilanteiden vaihtelusta. Edellytyksenä muutosten toteuttamiselle on kantavien rakenteiden, hormien sekä ikkunoiden oikea sijoittelu. Tilamuutosten muuntojousto voidaan pitää hyvänä, mikäli rakenne- sekä LVIS-varaukset mahdollistavat muutokset ilman suurempaa remontointia. Huollettavuudella viitataan käytön aikaiseen ylläpitoon, ja se riippuu varusteiden, laitteiden sekä kalusteiden ominaisuuksista. Se edellyttää esimerkiksi pystynousujen oikeaa sijoittelua muihin, kuin kantaviin rakenteisiin. Moninaisuus pintamateriaaleissa puolestaan vaikeuttaa huoltoa eli huonontaa huollettavuutta. Huollettavuuden voidaan katsoa olevan hyvällä tasolla, jos varusteet sekä talotekniikka ovat helposti huollettavissa, jonka lisäksi roilot ovat keskitettyjä sekä avattavissa. Rakennuksen korjattavuus, eli saneerattavuus, tarkoittaa olosuhteita, jotka rakennus tarjoaa peruskorjauksen suorittamiseen. Tähän vaikuttaa mm. LVIS-nousujen sijoittelu ja avattavuus. Saneerattavuuden voidaan todeta olevan hyvällä tasolla, kun peruskorjauksia voidaan suorittaa ilman tilojen poistamista käytöstä. Lisäksi rakennuksen tulisi sisältää teknisiä kehitysvarauksia. (RT 93-11232 2016)

Sairaalan on elintärkeää pysyä toimintakykyisenä vuoden jokaisena vuorokautena, jonka vuoksi erilaiset muutostyöt tai laajennukset aiheuttavat paitsi häiriöitä, myös paljon kustannuksia. Tämän vuoksi sairaaloiden suunnittelussa on tärkeää sisällyttää suunnitelmiin riittävästi muuntojoustavuutta käyttöäille, jolloin sairaalan jatkuva toimintavalmius pystytään paremmin takaamaan. Sairaalat sisältävät paljon teknologiaa ja innovaatioita, jotka

kehittyvät todella nopeasti. (Barlow & Köberle-Gaiser 2009) Johtuen teknologian nopeasta kehityksestä, monimutkaisessa rakennushankkeessa, kuten sairaalassa, olisi tärkeää sisällyttää mahdollisuudet tarvittaville muutoksille myös rakennushankevaiheessa, sillä esimerkiksi alun perin suunnittelun aikana valittu teknologia saattaa jo rakentamisen aikana jäädä vanhaksi. (Decouvelaere et al. 2007)

Muuntojoustavuussuunnitelma on osa muuntojoustavuuden suunnittelua paljon talotekniikkaa sisältävissä hankkeissa, kuten esimerkiksi sairaaloissa. Se on erikseen laadittava suunnitelma, jossa käydään läpi mm. rakenteiden, tilojen ja teknisten järjestelmien valintoja sekä niiden vaikutusta kykyyn muuttaa ja muokata tilojen käyttötarkoituksia. Sen luomisprosessin aikana käydään keskusteluja tilaajan ja käyttäjän välillä, tavoitteena muunneltavuus- ja laajennettavuustavoitteiden selventäminen. Muuntojoustosuunnitelmassa on myös mahdollista ottaa kantaa käyttäjäpäästösten jäädyttämiseen ja suunnitelmaratkaisuiden lukitsemiseen. Mikäli näistä joudutaan jollakin alueella poikkeamaan, ne merkitään ”hold-alueiksi”, joka tarkoittaa, että ne suunnitellaan myöhemmin, kun lähtötiedot on saatu. Hold-alueita muodostuu yleensä niihin liittyvien ratkaisuiden viivästymisien myötä. (Keskiniva et al. 2025)

4.5 Säteilevydet

Yleisin tapa säteilyn hyödyntämiseen terveydenhuollossa on röntgenkuvaus. Muita säteilyä hyödyntäviä tapoja ovat mm. isotooppitutkimus, tietokonetomografiatutkimus ja sädehoito. (STUK n.d.) Liiallisen säteilyn terveyshaittojen vuoksi säteilylähteiden käyttötilat ovat sekä suunniteltava, että toteutettava siten, että altistus on niin pientä, kuin se käytännöllisin toimenpitein on mahdollista. Säteilysuojaus toteutetaan hyödyntämällä materiaaleja, jotka pienentävät säteilyn annosnopeutta. Rakenteelliset säteilysuojaukset toteutetaan usein hyödyntämällä lyijyä, mutta mikäli käytetään laitteita, joiden aiheuttama säteilyaltistus on pienempää, on monesti käytännöllisempää hyödyntää muita materiaaleja. Suojattavan tilan ikkunoiden, ovien sekä niiden karmien tulee vastata tilan vaadittua säteilysuojausta, kuten myös suurempien läpivientien. (Säteilyturvakeskus n.d.)

Radioaktiivisten aineiden käytön turvallisuuden takaamiseksi on tärkeää, että niiden käyttöpaikan suunnittelussa huomioidaan työn luonteesta sekä käytettävistä aineista aiheutuvat säteilyturvavaatimukset. Radioaktiivisten aineiden siirrot käyttöpaikkojen välillä on minimoitava tilasuunnittelun avulla siten, että tilat, joiden välillä radioaktiivisia aineita kuljetetaan ovat mahdollisimman lähellä toisiaan. Tilat täytyy säteilysuojata asianmukaisesti. Tilojen suunnittelussa täytyy myös huomioida se, että tarpeetonta oleskelua ja liikumista pystytään välttämään. Radioaktiiviset aineet sekä jätteet täytyy varastoida aiheuttamatta säteilyvaaraa ympäristölle ja niiden joutumatta asiattomien haltuun. Mikäli

radioaktiivista jätettä syntyä merkittävässä määrin, on varauduttava erilliseen varastointiin. (STUK 2016)

4.6 Kiinteät sairaalalaitteet

RT 96-10594 (1996) mukaan kiinteillä sairaalalaitteilla (KSL) tarkoitetaan muun muassa toimenpidevalaisimia, leikkaustasoja, hammaslääkärin tuoleja, röntgenvalotauluja, pesukoneita, dekontaminointilaitteita, autoklaaveja sekä vetokaappeja, mutta usein mukaan luetaan myös ruostumattomasta teräksestä valmistetut kiinteät pöydät, pesupöydät, kaapit ja hyllyt.

KSL:n vaikutus näkyy kaikissa edellä käsitellyissä kategorioissa. Niistä voi aiheutua säteilyä, jonka vuoksi niiden käyttötilojen suunnittelussa tulee huomioida säteilysuojaukset. Tämän lisäksi ne ovat myös välillä painoluokaltaan suuria, joka taas vaikuttaa tilan rakenteiden suunnitteluun, jotta rakenteet kestävät laitteen tuoman rasituksen. Nämä kaksi puolestaan yhdistettynä vaikuttavat muuntojoustavuuden suunnitteluun, koska tiettyjä laitteita voidaan käyttää ainoastaan riittävän vahvoissa sekä suojatuissa tiloissa, jonka lisäksi niiden siirtäminen vaatii paljon sekä tilaa, että voimaa. Sen lisäksi, että laitteilla itsellään on tarkat toimivuusvaatimukset, esimerkiksi mahdollisen säteilyn emittoimisen takia, myös niiden käyttötilojen toimivuusvaatimukset ovat korkealla tasolla, niiden aiheuttamien kuormien ja säteilyn vuoksi. (RT 96-10594 1996) Kiinteiden sairaalalaitteiden täytyy myös samoista syistä olla, käyttötilan ohella, helposti puhdistettavia sekä siivottavia. Sairaalalaitteiden painon, herkkyyden sekä korkean kustannusten vuoksi niiden logistiikka sekä asennus täytyy suunnitella huolella jo suunnitteluvaiheessa, mitä puolestaan vaikeuttaa teknologian kehittyminen. (Decouvelaere et al. 2007; RT 103191 2020)

KSL tarvitsee, laitteesta vaihdellen, mm. sähköä, vettä ja sairaalakaasuja. Taloteknisten järjestelmien asennukset riippuvat oleellisesti käytettävästä laitteesta ja sen vaatimuksista. Kiinteät sairaalalaitteet myös vanhenevat suhteellisen nopeasti, esimerkiksi kuvantamislaitteet noin 5–10 vuodessa, johtuen uusien tekniikoiden saapumisista markkinoille nopealla syklillä. Koska kiinteät sairaalalaitteet vanhenevat nopeasti ja sairaalahankkeet ovat pitkäkestoisia, KSL kilpailutetaan vasta hankkeen loppuvaiheessa, jopa vuosia taloteknisten asennusten jälkeen. Kilpailutus rakennushankkeen loppuvaiheessa puolestaan aiheuttaa sen, että tiettyjä suunnitteluratkaisuja ja asennuksia täytyy viivyttää tai vaihtoehtoisesti mitoitaa taloteknisiä järjestelmiä yläkanttiin. (Keskiniva et al. 2023)

5. AINEISTOANALYYSI

5.1 Käytetty lähdeaineisto

Lähteenä tutkimuksessa hyödynnettävälle aineistolle on tahtituotantoa hyödyntämällä rakennettu sairaala, jossa toteutusmuotona on ollut projektialianssi. Aineisto koostuu kehitys- ja toteutusvaiheen dokumenteista, jotka koskevat tahtituotannon suunnittelua, ohjausta ja valvontaa. Aineistoanalyysin tavoitteena on oleellisten tiedostojen löytäminen ja niiden analysointi tavalla, joka edistää tutkimusta kohti asetettuja tavoitteita. Toisaalta aineistoanalyysi on myös tukena haastatteluille siten, että aineistoanalyysin aikana esille nousseisiin asioihin haetaan lisätietoa ja mielipiteitä haastateltavilta. Aineistoanalyysin tukena on käytetty tutkimuskysymyksiä, joiden perusteella on pyritty löytämään tutkimuksen kannalta oleellisia tiedostoja, dokumentteja, pöytäkirjoja ja suunnitelmia.

Aineistoanalyysissä hyödynnettiin 22 dokumenttia, joihin sisältyy tahtituotantoon liittyviä suunnitelmia aikataulun ja toteutuksen suhteen, palaverimuistioita tahtituotannon toteutusvaiheesta sekä laatu- ja poikkeama pöytäkirjoja tahtituotannon toteutuksen ajalta. Nämä dokumentit on esitelty nimellisesti taulukossa 1.

Taulukko 1: Käytetyt dokumentit

Dokumentti	Kuvaus	Käyttötarkoitus
1. Allianssin projektiryhmän kokousmuistio	Muistio kokouksessa läpikäydystä asioista	Tutkia toteutuksen suunnitellun etenemistä
2. Tahtiaikataulut	Hankkeen sisävalmistusvaiheen tahtiaikataulujen eri versioita	Tutkia tahtialueiden määrää, kokoja ja sisältöjä sekä tahtiaikataulun muokkauksia.
3. Sisämestakartat	Sairaalan eri rakennusten kerroskohtaiset pohjakartat, joista näkyy tahdin sisäiset- ja ulkopuoliset alueet.	Tutkia tahtiaikatauluja tarkempia kuvauksia tahtialueiden töiden sisällöistä
4. Aikataulupalaverimuistiot	Muistioita palavereista, joissa on käsitelty aikataulua ja sen edellytyksiä & vaatimuksia	Tutkia miten aikataulussa on pysytty hankkeen aikana ja

		minkälaisia toimenpiteitä on suunniteltu
5. Urakoitsijapalaveri-muistiot	Muistioita urakoitsijapalaverista, joissa on käyty läpi eri urakoiden viikon tahtien etenemistä ja mahdollisia ongelmia	Tutkia mitä ongelmia urakoissa on mahdollisesti tullut vastaan ja miten niihin on haettu ratkaisuja
6. Seurantapalaveri-muistiot	Muistioita seurantalaverista, joissa on käyty erikseen tietyn urakoitsijan kanssa läpi aikataulussa pysymistä	Tutkia miksi jotkin urakat ovat jääneet jälkeen aikatauluista ja miten on suunniteltu aikataulun kiinniotto
7. Aloituspalaveri-muistiot	Muistioita / pöytäkirjoja aloituspalaverista, joista käy ilmi oleelliset läpi käydyt asiat	Tutkia miten tahtituotantoa on käyty läpi aloituspalaverissa
8. Congrid laatutarkastukset	Congrid sovelluksen sisältämiä dataa esimerkiksi itselle luovutuksista ja tarkastuksista ja työturvallisuudesta	Tutkia tahtituotannon tarkastuskäytäntöjä hankkeessa
9. Työnjohtopalaverimuistiot	Muistioita työnjohtopalaverista, joissa on käyty läpi työmaan asioita työnjohdollisesta näkökulmasta	Tutkia työnjohdon keinoja tuotannon ohjaamiseen ja valvontaan sekä mahdollisia ongelmia
10. TATE-Yhteensovitus-palaverimuistiot	Muistioita, joissa käyty läpi eri urakoiden yhteensovitusta esimerkiksi tietyllä tahtialueella	Tutkia mitä ongelmia urakoiden yhteensovituksessa on ollut sekä miten niitä on ratkottu
11. Kiinniottosuunnitelmat	Suunnitelmia, jolla pyritään varmistamaan aliurakoitsijan tahtiaikataulun mukainen suorittaminen	Tutkia miten on aliurakoitsijan kanssa sovittu toimenpiteistä myöhästymisen tapahtuessa

12. Hankkeen luku-järjestys	Lukujärjestys, jossa on ilmoitettu viikon aikana toistuvat palaverit ja toimenpiteet	Tutkia hankkeessa toistuvia palavereja ja toimenpiteitä
13. Monday muistiot	Muistioita pilvipohjaisen Monday palvelun käytöstä suunnittelun ja seurannan työkaluna	Tutkia Mondayn käyttöä hankkeen aikana yhteistoiminnallisuuden tukena
14. Projektisuunnitelma	Projektisuunnitelman kohta, joka käsittelee Big Roomin käyttöä	Tutkia Big Roomin käyttöä hankkeen aikana yhteistoiminnallisuuden tukena
15. SiteDrive	Hankkeessa käytetty sovellus aikatauluille	Tutkia mitä sovellus sisältää ja sen vaikutusta tiedonkuluun hankkeessa
16. Sopimus luovutuksen aikaistamisesta	Dokumentti, jossa on sovittu luovutuksen aikaistamisesta	Tutkia aikataulun toteutumista suhteessa alkuperäisiin suunnitelmiin
17. Tarjouspyynnöt	Tarjouspyynnöt, joita pääurakoitsija on lähettänyt aliurakoitsijoille	Käydä läpi miten pääurakoitsija on tuonut tahtituotannon käyttöä hankkeessa ilmi aliurakoitsijoille
18. Urakkaneuvottelu- pöytäkirjat	Pöytäkirjoja urakkaneuvotteluista, joita on käyty pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välillä	Käydä läpi miten pääurakoitsija on tuonut tahtituotannon käyttöä hankkeessa ilmi aliurakoitsijoille
19. Urakkasopimukset	Pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välisiä sopimuksia	Tutkia miten pääurakoitsija on sopimuksellisesti sitouttanut aliurakoitsijoita tahtituotantoon
20. SokoPro	Hankkeessa käytetty pilvipalvelu suunnitelmille	Tutkia mitä pilvipalvelu sisältää ja miten se tukee hankkeen tiedonkulkua

21. Työvaiheilmoitukset	Aliurakoitsijoiden tekemiä ilmoituksia käynnissä olevien töiden tilanteesta ja tulevien töiden suorittamisesta	Tutkia aliurakoitsijoiden vastuita pääurakoitsijalle
22. Muuntojoustavuus-suunnitelma	Suunnitelma, jossa käydään läpi sairaalan vaatimaa muuntojoustavuutta	Tutkia sairaalarakentamisen erityispiirteitä

Taulukossa 1 nähtävät dokumentit on numeroitu ylhäältä alas numeroilla 1–22. Dokumenttien numerointi helpottaa viittaamista tiettyihin dokumentteihin tämän pääluvun aikana. Viittaaminen on toteutettu hakasulkeilla, jotta se erottuu työssä muuten käytettävästä lähdeluetteloon yhteydessä olevasta Harvard viittaustekniikasta.

5.2 Tahtituotannon suunnittelu ja toteutus

Päätös tahtituotannon käytöstä kohteessa tehtiin sairaalan perustusten rakentamisen ollessa jo käynnissä. Ehdotus tahtituotannon hyödyntämisestä tuli allianssin projektiryhmän kokouksen aikana pääurakoitsijalta, ja se hyväksyttiin projektiallianssin osapuolten kesken. [1]

Sairaala oli jaettu toiminnallisuuksien perusteella kolmeksi eri rakennukseksi, joilla oli erilliset tahtiaikataulut. [2] Tahtituotanto otettiin käyttöön sisävalmistusvaiheeseen, jota ennen sairaalan eri rakennukset oli jaettu runkolohkoihin. [3] Sisävalmistusvaiheessa rakennuksien kerrokset oli jaettu tahtialueisiin, joiden lukumäärä vaihteli kerroksesta riippuen välillä 9–26 [2]. Tahtialueet muodostuivat esimerkiksi käytävistä, potilashuoneista, vastaanottohuoneista ja kuvantamisen tiloista. Kuvantamistilat oli määritelty omiksi tahtialueikseen, mutta toteutettiin kuitenkin lopulta erillisten suunnitelmien mukaisesti. Tahtituotannon ulkopuolisia alueita olivat sisävalmistusvaihetta edeltävien urakoiden lisäksi mm. IV-konehuone, tukipalvelurakennukset sekä tekniset tilat (mm. lämmönjakuhuone, kaasukeskus ja sähköpääkeskukset) [3] Tahtiajaksi oli määritetty yksi viikko. [2]

Alkuperäisen tahtiaikataulun mukaan tahtituotannon aloitusta oli pyritty tekemään helpommin toteutettavaksi ja valvottavaksi (soft start) aloittamalla sisävalmistusvaihe yhdestä kerroksesta. Tällöisessä tahtiaikataulussa oli mukana myös levyväliseinät. Ennen tahtituotannon aloittamista päädyttiin kuitenkin tekemään levyväliseinät irrallaan tahdistista, jonka lisäksi varsinainen tahtituotanto aloitettiin yhden kerroksen sijaan samanaikaisesti kahdessa eri kerroksessa. Levyväliseinät saatiin kuitenkin asennettua nopeammin, kuin tahtiaikataulussa oli suunniteltu. Päivitettyssä tahtiaikataulussa oli kevennetty

aloitusta lisäämällä ensimmäisten urakoiden yhteyteen puskureita, jotta tahtituotanto kuitenkin saataisiin ns. pehmeästi käyntiin. Puskureita oli luotu esimerkiksi tahdistamalla KSL:n kannakoinnit ja turvahyllyjen asennukset viikon tahtiajalla, vaikka niiden suorittamiseen ei laskennallisesti kulu niin kauaa. Lisäksi ennen IV-kanavien asennusta sekä niiden jälkeen oli sijoitettu tyhjiä vaunuja. Aikataulussa oli huomioitu myös esimerkiksi lomajaksot puskureina, jolloin urakoitsijoilla oli mahdollisuus kuroa aikataulua kiinni. [2]

Alkuperäisessä tahtiaikataulussa käytävät oli tahdistettu kerrosten ensimmäisiksi tahtialueiksi, joiden jälkeen oli tarkoitus siirtyä muihin tiloihin (potilashuoneet, vastaanottohuoneet jne.). Tämä kuitenkin vaihdettiin ennen tuotannon aloitusta siten, että käytäviä ja muita tiloja tehtiin vuorotellen, käytävien ollessa noin joka kolmas tahtialue. Tahtituotanto eteni hankkeen eri rakennuksissa eri tavalla. Ensimmäisenä aloitetussa rakennuksessa tahtituotanto alkoi samaan aikaan kolmannessa ja neljännessä kerroksessa, joissa työt etenivät viikon tahtiajoilla, mutta neljäs kerros sisälsi enemmän tahtialueita (26) kuin kolmas kerros (23). Tämän vuoksi toisen kerroksen tuotanto (20 tahtialuetta), joka oli suunniteltu alkavaksi kolmannen kerroksen perään, alkoi hieman ensimmäisen kerroksen tuotantoa (20 tahtialuetta) aikaisemmin, joka puolestaan oli suunniteltu alkavaksi neljännen kerroksen perään. [2] [3]

Toisena alkaneen rakennuksen tahtituotanto käynnistyi kolme kuukautta ensimmäisen jälkeen. Siinä neljäs kerros aloitettiin ensimmäisenä, joista tuotanto eteni alempiin kerroksiin noin kuukauden porrastuksella. Tuotanto eteni siis kerroksittain vierekkäisinä tahtijunina. Tästä pois lukien ensimmäisen kerroksen tuotanto, joka alkoi 11 viikkoa toisen kerroksen aloituksen jälkeen. 11 viikkoa piti sisällään myös neljän viikon lomajakson. Neljännessä, kolmannessa ja toisessa kerroksessa tahtialueita oli yhdeksän, kun taas ensimmäisessä kerroksessa niitä oli 14. [2] [3]

Viimeisenä alkanut rakennus eteni samalla tavalla, kuin ensimmäinen. Siinä aloitettiin kuudes ja viides kerros melkein samaan aikaan (viikon porrastuksella) ja molemmat kerrokset sisälsivät saman määrän (18) tahtialueita. Kuudennesta kerroksesta siirryttiin neljänteen kerrokseen ja viidennestä kolmanteen, jolloin neljäs ja kolmas kerros alkoivat samankaltaisesti viikon porrastuksella, kolme kuukautta ylempien kerrosten aloituksen jälkeen. Myös kolmas ja neljäs kerros sisälsivät saman määrän (19) tahtialueita. Toinen kerros (22 tahtialuetta) aloitettiin noin puolitoista kuukautta neljännen kerroksen aloituksen jälkeen ja se tehtiin kahdella eri junalla, jotka etenivät samanaikaisesti eripuolilla kerrosta. Ensimmäisen kerroksen, joka sisälsi poikkeuksellisesti vain kaksi tahtialuetta (sänkypesukeskus ja sisäänkäyntiaula), aloitettiin noin neljä kuukautta toisen kerroksen aloituksen jälkeen. [2] [3]

Hanke piti sisällään paljon erilaisia ja eri aikaväleillä toistuvia tapaamisia, joista tämän analyysin kannalta oleellisia ovat mm. työnjohto-, urakoitsija-, yhteensovitus-, seuranta- ja aikataulupalaverit. Tässä luvussa niitä käsitellään tahtituotannon ohjauksen ja valvonnan näkökulmasta. Seuraavassa alaluvussa 5.3 niitä, sekä muita hankkeessa käytettyjä menettelyjä, tarkastellaan yhteistoiminnallisuuden ja sitouttamisen näkökulmasta.

Työnjohtopalavereita pidettiin noin kerran viikossa ja niissä käytiin läpi aikataulu-, kustannus-, laatu- ja työturvallisuusasioita sekä tiimien haasteita. Työnjohtopalavereihin osallistui vain pääurakoitsijan toimihenkilöitä ja jokaisella rakennuksella oli oma työnjohtopalaveri. Aikataulun osalta käytiin läpi mm. mahdollisia muutoksia aikatauluihin, edellytyksiä töiden aloitukselle ja näin ollen aikataulussa pysymiselle sekä suunnitelma- ja -tarpeita. Laadun osalta analysoitiin toteutuneiden töiden laatu- ja -puutteita ja niiden ratkaisuja sekä ratkaisuiden tilannetta ja toimivuutta. Työturvallisuuden osalta käsiteltiin työturvallisuuden seurannan ja mittauksien toteutusta ja laatua sekä mahdollisia riskejä ja niiden eliminointia. Tiimien haasteissa käsiteltiin erinäisiä haasteita, joita on syntynyt tai syntymässä tuotannon osalta, sekä miten niihin saadaan haettua ratkaisut. Tiimeillä viitataan eri rakennusten eri osa-alueiden vastuuhenkilöiden muodostamiin tiimeihin. Työnjohtopalavereilla pyrittiin pysymään kartalla rakennuksen sisäisestä tilanteesta, ongelmista ja tulevaisuudesta, ja ne toimivat tukena tahtituotannon valvonnalle ja ohjaukselle. [9]

Urakoitsijapalavereita pidettiin kerran viikossa ja niihin kutsuttiin tilaaja, rakennuttajakonsultti, pääurakoitsija ja aliurakoitsijat. Palaveri pidettiin yhteisesti kaikkien rakennusten kesken. Palavereissa käytiin yleisellä tasolla läpi kaikkien osapuolten asiat. Pääurakoitsijan osalta käytiin läpi työturvallisuutta, sen mittauksia ja tarvittavia toimenpiteitä sekä laatuasioita, joissa käsiteltiin mm. laatuun vaikuttavia tekijöitä ja puhdistilojen vaatimuksia. Rakennuttajakonsultin osalta käytiin läpi esimerkiksi laadunvarmistusta, suunnitelmien tilannetta ja työturvallisuutta. Tilaajan puolelta käsiteltiin rakennustyömaan ja sen ympäristön yleisiä asioita, kuten toimintatapoja ja niiden noudattamista. Urakoitsijoiden osalta käytiin läpi töiden eteneminen tahtiaikataulujen mukaisesti sekä siihen vaikuttavat tekijät kuten suunnitelmamuutokset tai -puutteet, tulevien töiden edellytykset ja tarvittavia yhteensovituksia muiden urakoiden kanssa. Urakoitsijoiden osiota tiivistettiin hankkeen edetessä palaverien venymisen vuoksi, jonka jälkeen urakoitsijoita ei käyty yksitellen läpi, vaan puheenvuoron sai halutessaan. Osallistuminen oli silti pakollista kaikille urakoitsijoille ja työvaihe ilmoitukset täytyi toimittaa. [5] Työvaihe ilmoituksella tarkoitetaan urakoitsijan selvitystä käynnissä olevasta tahdistusta sekä seuraavien kolmen viikon tulevista tahdeista (3-viikkoisaikataulu) [21]. Urakoitsijapalavereilla pyrittiin varmistamaan,

että kaikilla hankkeen osapuolilla on sama kuva hankkeen ja tahtituotannon sen hetkisestä tilanteesta.

Aikataulupalavereja pidettiin rakennuskohtaisesti kaksi kertaa viikossa. Palavereihin osallistui aliurakoitsijat ja pääurakoitsija. Aikataulupalavereissa käytiin läpi rakennuksen sisämestakarttaa, josta näkyi kaikki tahtialueet, yksi tahtialue kerrallaan. Sisämestakarttaan tehtiin muistiinpanot kokouksen aikana ja kokouksen jälkeen päivitetyt sisämestakartat jaettiin kaikille tarvittaville osapuolille. Jokaiseen tahtialueeseen merkittiin käytännössä käynnissä olevat työvaiheet ja niiden etenemiset sekä muutaman viikon päähän eteenpäin myös tulevia työvaiheita. Mikäli työvaiheissa tai seuraavien työvaiheiden edellytyksistä aiheutui aikataulusta jäämistä, yhteensovituksellisia ongelmia tai muita ongelmia, sovittiin urakoitsijakohtaisesti seurantapalavereista. Aikataulupalaverien avulla seurattiin tarkasti tahtituotannon etenemistä ja ylläpidettiin sen vaatimia edellytyksiä ratkomaan vastaantulevia ongelmia. Niiden avulla myös pyrittiin varmistamaan, että niin aliurakoitsijoilla kuin myös pääurakoitsijalla on jatkuvasti sama tieto tahtituotannon sen hetkisestä tilanteesta ja tulevaisuudesta. [4]

Seurantapalavereja pidettiin tarvittaessa pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välillä. Niihin tukeuduttiin siinä tapauksessa, jos urakoitsija jäi jälkeen tahtiaikataulusta sellaisella laajuudella, ettei asiaa saatu käsiteltyä aikataulupalaverin yhteydessä tai asian käsittelystä huolimatta urakoitsija ei saanut tahtiaikataulua kiinni. Seurantapalaverissa tehtiin yhteistyössä aliurakoitsijan kanssa kiinniottosuunnitelma, jossa käytiin läpi millä toimenpiteillä varmistetaan tahtiaikatauluun takaisin pääseminen ja seurantapalavereja pidettiin niin kauan, että kiinniotto saatiin varmistettua. [6] Kiinniottosuunnitelmassa käytiin läpi resurssien käyttöä käynnissä olevissa, jäljessä olevissa ja tulevissa tahtialueissa. Lisäksi käytiin läpi mm. itselleluovutusten vaatimustaso ja aikataulut. [11] Seurantapalavereilla ja kiinniottosuunnitelmilla koitettiin varmistaa aliurakoitsijoiden aikataulussa pysyminen tai jälkeen jäännin tapauksessa sen kurominen kiinni.

TATE-yhteensovituspalavereita pidettiin kerran viikossa ja niihin osallistui pääurakoitsija, talotekniikan aliurakoitsijoita sekä suunnittelijoita. Yhteensovituspalavereissa käytiin yhteistyössä pääurakoitsijan, aliurakoitsijoiden ja tarvittaessa suunnittelijoiden kanssa läpi, miten suunnitelmia, aikatauluja sekä työsuoritteita saadaan järjestettyä tahtialueilla siten, että varmistetaan jokaisen urakan pysyminen tahtiaikataulussa. Yhteensovituspalavereiden tarkoituksena on varmistaa eri talotekniikan alojen töiden jouheva eteneminen ilman, että ne häiritsevät toisiansa tai hidastavat tuotantoa. [10]

Congrid-sovellus oli käytössä erityisesti pää- ja aliurakoitsijoilla. Sen avulla suoritettiin mestojen vastaanotot, itselleluovutukset sekä pääurakoitsijan tarkastukset. Se toimi työkaluna tahtituotannon seurannassa, kun aliurakoitsija merkitsi tahtialueen valmistumisen ja itselleluovutuksen sovellukseen, jonka jälkeen pääurakoitsija suoritti tarkastuksen, jonka jälkeen mestan todettiin olevan edellytykset täyttävä seuraavaa urakoitsijaa varten. Aliurakoitsijoilta vaadittiin myös dokumentointia sovellukseen, joiden avulla voitiin arvioida esimerkiksi laatua. Congridiin tehtiin lisäksi merkintöjä erilaisista puutteista ja laatuvirheistä sekä aliurakoitsijan että pääurakoitsijan toimesta, jolloin aliurakoitsijalle tuli suoraan tieto, mitä korjaustoimenpiteitä tarvitsee mahdollisesti suorittaa. Congridin käytön tarkoituksena oli mahdollistaa selkeä rytmitys ja valvonta tahtituotannolle. [8]

Edellä mainituista palavereista viikoittain toistuvat olivat rutiininomaisesti aina samana päivänä samaan kellonaikaan. Maanantaisin oli TATE-yhteensovituspalaverit, tiistaina aikataulupalaverit sekä työnjohtopalaveri, keskiviikkona urakoitsijapalaveri ja torstaina toiset aikataulupalaverit. Aliurakoitsijoille viikoittain toistuvat palaverit oli sijoitettu iltopäiville. Perjantait oli varattu tahtialueiden tarkastuksille. [12]

5.3 Sopimukset ja yhteistoiminnalliset menettelyt

Urakoiden hankintavaiheessa, tarjouspyynnöissä oli maininta tahtituotannon käytöstä hankkeessa, jossa oli myös kommentti siitä, että aliurakoitsijan tulee osallistua tahtiaikataulun suunnitteluun yhdessä pääurakoitsijan kanssa. Tätä mainintaa voidaan rinnastaa Last Planneriin, mutta aineiston perusteella varsinaista tahtiaikataulun viikkosuunnittelua ei järjestelmällisesti kuitenkaan toteutettu ali- ja pääurakoitsijan yhteistyöllä. Toisaalta tarjouspyynnön liitteenä oli kohteen alustava sisävalmistusvaiheen tahtiaikataulu. Sen perusteella tarjouspyynnössä oli jo ilmoitettu, että urakoitsijan tulee sitoutua viikoittaisiin aikataulu-, nokkamies- ja urakoitsijapalaverihin sekä toimittaa 3-viikkoisaikataulu joka viikko sovittuun aikaan. [17]

Urakkaneuvotteluissa oli käyty myös läpi tahtituotantoa, jotta voitiin varmistua siitä, että urakoitsija tietää minkälaiseen tuotantoon ja aikatauluun on sitoutumassa. Urakkaneuvotteluissa oli myös käyty läpi sakolliset välitavoitteet, joihin pääurakoitsijalla on oikeus, mikäli aliurakoitsija ei pysy vaaditussa aikataulussa. [18]

Urakkasopimukset oli luotu ja allekirjoitettu em. tarjouspyyntöjen ja urakkaneuvottelupöytäkirjojen mukaisesti. Urakkasopimuksessa suurin epäsuorasti tahtituotantoon sitouttava tekijä oli sakolliset välitavoitteet, joissa oli kirjattu tarkat päivämäärät, joihin men-

nessä aliurakoitsija sitoutuu toteuttamaan vaaditut työsuoritteet, tarkastukset ja toimintakokeet. Urakkasopimuksessa oli myös mainintoja seuraavista asioista: aliurakoitsija on velvollinen käyttämään Congrid-sovellusta tarkastuksiin, aliurakoitsijan tulee sitoutua tahtituotantoon, -alueisiin ja aikatauluun sekä noudattamaan tahtituotannon päivittäisiä johtamiskäytäntöjä ja kehittämään tuotantosuunnitelmia. [19]

Hankkeessa oli hyödynnetty Big Roomeja, joilla oli mahdollistettu mahdollisimman avoin ja tuottoisa vuorovaikutussuhde kaikkien hankeosapuolten kesken. Big Roomeihin oli osallistunut muun muassa suunnittelijat, käyttäjät, tilaaja sekä pää- ja aliurakoitsijat. Big Roomeja oli sijainnut työmaalla useita ja niiden käyttöä oli pyritty tehostamaan virtuaalisten työkalujen kuten Teamsin ja SharePointin avulla. [14]

Hankkeella oli suunnitelmien osalta käytössä yhteinen projektipankki SokoPro. Kaikki suunnitelmat ja niiden uusimmat versiot säilytettiin SokoPro pilvipalvelussa, johon oli käyttöoikeus niin tilaajalla, suunnittelijoilla, pääurakoitsijalla kuin aliurakoitsijoilla. Näin ollen kaikilla hankkeen osapuolilla on ollut pääsy ajan tasalla oleviin suunnitelmiin. [20]

Aikataulujen hallintaan hankkeella oli käytössä Sitedrive, jonka pilvessä oli puolestaan kaikki tuotannon ajantasaiset aikataulut, joihin myös kaikilla hankkeen osapuolilla oli käyttöoikeus. Tällä varmistettiin kaikkien osapuolten pysyminen kartalla aikataulujen suhteen hankkeen aikana, sillä sovellus mahdollisti tehtäväkohtaisen toteumaseurannan. Tahtialueiden osalta toteumat olivat:

- Aloittamatta
- Aloitettu
- Valmis
- Tarkastettu

Edellä mainituista ”aloittamatta” ja ”aloitettu” kohtiin järjestelmä teki lisäksi itse merkinnän ”myöhässä”, mikäli tehtävää ei ollut merkattu alkaneeksi ennen aikataulun mukaista aloitusta (**myöhässä, aloittamatta**) tai tehtävää ei ollut merkattu valmiiksi aikataulun valmistumisajankohtaan mennessä (**myöhässä, aloitettu**). Näiden lisäksi jokaisella toteumalla oli oma värikoodinsa, joka selkeytti tahtiaikataulun etenemän tulkintaa. [15]

Monday-palvelua oli hyödynnetty hankkeen aikana suunnittelunohjauksessa. Sen avulla oli määritelty esimerkiksi suunnitelmien ja lähtötietojen aikataulutusta, jotta saatiin varmistettua edellytykset hankinnalle ja sitä kautta tuotannolle. Lisäksi palvelua oli hyödynnetty myös toimintakokeiden ja vastaanoton osalta. [13]

Yhteistoiminnallisina menettelyinä voidaan pitää myös aiemmassa alaluvussa 5.2 käsitellyjä palavereita, joissa oli monipuolisesti hyödynnetty hankkeen eri osapuolten ammattitaitoa ja näin pyritty aikaansaamaan mahdollisimman toimivaa tuotantoa sekä sen valvontaa ja ohjausta. Esille voisi vielä kuitenkin erikseen nostaa käyttäjien roolin hankkeessa. Käyttäjien näkemyksiä ja ammattitaitoa oli huomioitu esimerkiksi heidän osallistamisellansa varusteurakan seurantapalavereihin sekä varusteiden sijoittelun suunnitteluun. [6] Käyttäjillä tarkoitetaan tilaajan hankkeeseen nimeämiä käyttäjien edustajia.

5.4 Hankkeen toteutuminen suhteessa alkuperäisiin suunnitelmiin

Sisävalmistusvaiheessa käytettyä tahtiaikataulua ei ollut suuremmin muokattu tuotannon aikana. Pieniä muutoksia, kuten joidenkin työpakettien järjestyksien vaihtoja tai siirtelyä oli tehty, esimerkiksi sairaalakaasu-urakan osalta. Enemmän toimenpiteitä oli kohdistettu viikkosuunnitelmiin ja kiinniottosuunnitelmiin, joilla pyrittiin varmistamaan alkuperäisessä aikataulussa pysyminen ja mahdollisen myöhästymisen jälkeen aikataulun kurominen kiinni. Kuten jo edelläkin on mainittu, ennen tahtituotannon aloittamista tehtiin muutoksia esimerkiksi pudottamalla levyväliseinien urakka tahtituotannon ulkopuolelle sekä muuttamalla aikataulua kerrosten aloittamisen ajankohdan osalta. Tuotanto pysyi suurilta osin tahtiaikataulun mukaisessa vauhdissa ja niiltä osin, missä se jäi aikataulusta jälkeen, se saatiin aiemmissa alaluvuissa mainituilla toimenpiteillä kurottua kiinni. Suurin myöhästymisen aiheutui erään talotekniikka urakoitsijan osalta, joka jouduttiin kokonaan vaihtamaan. Tässä tapauksessa tilalle tullut urakoitsija hyppäsi tahtiaikataulun sen hetkisten tahtialueiden kimppuun ja aiemmat puutteelliset tai väärin tehdyt tahtialueet siirrettiin tehtäväksi myöhemmin. Uusi urakoitsija resursoi töitensä siten, että he pystyivät samalla toteuttamaan aikataulun mukaisia alueita sekä aiemmalta urakoitsijalta jääneitä alueita. Tällä tavoin aikataulu saatiin kiinni, jonka jälkeen siinä myös pysyttiin. [3] [11] [6]

Aineiston perusteella aikataulussa oli pysytty kaikkien urakoiden osalta, vaikka myöhästymisiä oli satunnaisesti syntynyt. Tahtituotannon avulla hankkeen luovutusta saatiin aikaistettua kolmella kuukaudella. [16]

5.5 Tahtituotannon soveltuvuus sairaalarakentamiseen

Sairaalahanke oli sekä pinta-alaltaan että talotekniikaltaan hyvin laaja, jonka vuoksi myös suunnittelu ja tuotanto olivat monimutkaisia ja haastavia toteuttaa. Sairaala sisälsi taloteknisiä järjestelmiä, jotka eivät ole ominaisia ”normaalissa” rakentamisessa. Tällaisia järjestelmiä olivat esimerkiksi sairaalakaasu- ja putkipostijärjestelmät. [20]

Suuressa toimitilahankkeessa aliurakoitsijoiden määrä kasvoi myös suureksi, jolloin tiedonkulun ja kommunikoinnin kriittisyys korostui. Toisaalta sen organisointi voi olla haastavaa, mutta projektiallianssi ja tahtituotanto tukevat oikein toteutettuina sen järjestämistä ja ylläpitoa. [5]

Sairaalahankkeessa oli paljon pinta-alaa, joka piti sisällään jonkin verran toistuvuutta, mutta lähtökohtaisesti tilat eivät olleet tahtituotannon käytölle yhtä otolliset, kuin esimerkiksi kerrostalorakentamisessa. Tämän vuoksi tahtialueiden suunnittelu täytyi toteuttaa kompromisseja tehden, sillä juuri tilojen monipuolisuus käyttötarkoitusten, rakenteiden ja kokojen perusteella teki niistä hyvinkin erilaisia. Käytävät sisälsivät esimerkiksi paljon erilaista talotekniikkaa verrattuna esimerkiksi käytävän varrella olleisiin huoneisiin. Toisaalta esimerkiksi kuvantamisen tiloissa täytyi huomioida säteilysuojat, jolloin niiden rakenteelliset ominaisuudet erosivat täysin vastaavien kokoisista vastaanottohuoneista. [2]
[3]

Hankkeen erityispiirteitä olikin tuotu esille jo tarjouspyynnöissä. Niissä aliurakoitsijoita oli informoitu vaatimustasosta esimerkiksi puhtauden osalta sekä myös ilmoitettu, että aliurakoitsijan pitää olla tietoinen sairaalan teknisten järjestelmien vaatimuksista ja toimivuuksista. [17]

Kiinteät sairaalalaitteet muodostivat omat ongelmansa niiden hankinnan, toimitusten, asennusten ja yhteensovituksen vuoksi. Niitä sijaitsi hajanaisesti eri puolilla rakennusta, mikä teki urakkasuorituksista rikkonaisia, ei toistuvia ja hitaita. [19]

Hankkeelle oli laadittu erikseen muuntojoustosuunnitelma, jossa oli käyty läpi eri rakennuksien määrittelyt ja tavoitteet muuntojouston suhteen. Tämän jälkeen rakennuksien eri osa-alueita ja tiloja oli käsitelty muuntojouston asettamien vaatimusten mukaan sekä käsitelty, miten tiloja voidaan muuntaa tai hyödyntää toiseen käyttötarkoitukseen. [22]

6. HAASTATTELUTULOKSET

6.1 Haastatteluiden toteutus

Haastattelut on toteutettu anonymisti puolistrukturoituina teemahaastatteluina Teamsin välityksellä. Haastateltavat on valittu samasta hankkeesta aineistoanalyysin lähdeaineiston kanssa. Haastattelut on suoritettu liitteenä A olevan haastattelurungon mukaisesti.

Puolistrukturoidulla haastattelulla tarkoitetaan haastattelua, jossa haastattelija on laatinut kysymykset ennakkoon ja esittää ne kullekin haastateltavalle enemmän tai vähemmän samassa muodossa. Puolistrukturoidun haastattelun ideana on saada haastateltaville vapaus vastata haluamallaan tavalla ja pidempienkin puheen vuorojen analysointi jälkikäteen on nauhoittamisen ansiosta helppoa. Teemahaastattelulla puolestaan viitataan haastatteluun, jossa haastattelija on ensin itse perehtynyt tutkimusaihetta käsittelevään kirjallisuuteen, jonka perusteella hän valitsee oman näkökulmansa ja kysymyksensä. Niiden perusteella haastattelija tekee edelleen päätöksen, mitkä ovat tutkimuksen kannalta oleelliset teemat ja juuri teemat helpottavat haastatteluiden analysointia teemoittain. Myös teemahaastattelun oleellinen ominaisuus on haastateltavan vapaus puhua. Teemahaastattelu ja puolistrukturoitu haastattelu ovat hyvin samankaltaisia, jonka vuoksi esimerkiksi englanniksi ei oikeastaan tunneta käsitettä teemahaastattelu, vaan usein puhutaan vain puolistrukturoidusta haastattelusta. (Hyvärinen et al. n.d.)

6.2 Haastateltavien tausta

Haastatteluissa on alkuun taustoitettu haastateltavaa henkilöä kysymällä kokemus vuosina rakennusalalta, tahtituotannosta, sairaalarakentamista sekä pyydetty määrittelmään tahtituotanto omin sanoin. Lisäksi on selvitetty millä aikavälillä ja missä roolissa henkilö on ollut mukana hankkeessa tahtituotannon näkökulmasta. Henkilöiden roolit hankkeessa, kokemukset vuosina rakennusalalta, tahtituotannosta sekä sairaalarakentamisesta on esitetty taulukossa 2, joissa henkilöt on nimetty kirjaimilla A-M. Haastatteluiden tukena käytetty haastattelurunko on esitetty liitteessä A. Haastatteluiden kestot vaihtelivat välillä 30 min ja 1 h 34 min.

Taulukko 2: Haastateltavien tausta

Haastateltava	Osapuoli	Työtehtävä	Rakennusalan kokemus	Tahtituotannon kokemus	Sairaalarakentamisen kokemus
A	Aliurakoitsija (TATE)	Projektipäällikkö	30	6	20
B	Pääurakoitsija	Talotekniikka-urakan valvoja	7	4	5
C	Pääurakoitsija	Talotekniikkapäällikkö	13	2,5	3
D	Tilaaaja	LVI-asiantuntija	5	2	3
E	Pääurakoitsija	Allianssin projektipäällikkö	40	2	11
F	Pääurakoitsija	Projekti-insinööri / Projektipäällikkö	18	6	4
G	Tilaaaja	Rakennuttamis-päällikkö	27	3	21
H	Pääurakoitsija	Talotekniikka-insinööri	7	4	3
I	Pääurakoitsija	Hankintapäällikkö	22	3	7
J	Pääurakoitsija	Tuotantoin-sinööri	5	2	3
K	Pääurakoitsija	Urakkavalvoja	15	3	4
L	Aliurakoitsija	Työnjohtaja	15	2	1
M	Pääurakoitsija	Projektipäällikkö	21	7	11

Kuten taulukosta 2 nähdään, haastateltavien rakennusalan kokemus vaihteli välillä 5–40 vuotta, tahtituotannon kokemus välillä 2–6 vuotta ja sairaalarakentamisen kokemus välillä 3–21 vuotta. Seitsemän haastateltavista oli ollut hankkeessa mukana jo kehitysvaiheessa, kun taas loput kuusi olivat tulleet hankkeeseen mukaan toteutusvaiheen aikana. Kysyttäessä tahtituotannon määritelmää haastateltavilta, vastaukset vaihtelivat jonkin verran haastateltavien välillä. Tässä muutamien haastateltavien määritelmiä:

A: Työnohjausjärjestelmä, joka palvelee hyvin töiden yhteensovittamista eri osapuolten kesken.

B: Prosessin pilkkomista pieniin osiin, joissa tuote liikkuu teollisuuden liukuhihnan tavoin paitsi rakennusalan tapauksessa työryhmät liikkuvat tuotteen sijaan.

F: Tarkka paikka-aikakaavio, joka helpottaa tuotannon valvontaa ja ohjausta sekä tuo poikkeamat heti esille.

K: Eräänlainen tapa esittää aikataulu siten, että myös ulkopuolisten on helppo tulkita missä ja milloin työ suoritetaan.

6.3 Tahtituotannon valmistelu

Haastateltavien mukaan tilaaja ei asettanut vaatimuksia tahtituotannon käytölle hankkeessa. Osa haastateltavista myös totesi, etteivät osaa sanoa onko tilaaja asettanut mitään vaatimuksia. Haastateltavat F ja G kertovat, että päätös tahtituotannon käyttämisestä tehtiin rakentamisen ollessa perustusten osalta jo käynnissä. Heidän mukaansa pääurakoitsija ehdotti tahtituotannon käyttöä hankkeessa. Tämä tapahtui allianssin kokouksessa, jossa se hyväksyttiin kaikkien osapuolten kesken. Haastateltavan F mukaan ääniä oli aluksi sekä puolesta että vastaan, mutta lopulta tahtituotannon käyttö saatiin perustelua siten, että päätös oli yksimielinen.

Haastateltavan F mukaan erityisen hankalia urakoita tahtiaikatauluun sijoittamisen kannalta olivat mm. plaanot, KSL, logistiikkajärjestelmät ja varastoautomaatit, sillä ne olivat joko alueellisesti suuria (plaanot) tai teknisesti, logistisesti ja hankinnan aikataulutuksen puolesta hankalia (KSL, logistiikkajärjestelmät ja varastoautomaatit). Puolestaan haastateltavan G mukaan esimerkiksi putkipostit aiheuttivat haasteita. Haastateltava C puolestaan nostaa esille sähköön liittyvät kaapeloinnit, yleiskaapeloinnin, kovat sähköt ja yhteiskannakoinnin puuttumisen. Haastateltava D antaa esimerkkinä kiinteät sairaalalaitteet ja erityisesti yhteensovituksen taloteknisten- ja rakennustöiden kanssa. Hänen mukaansa myös puhtausvaatimukset aiheuttivat haasteita töiden yhteensovituksen osalta.

Haastateltava F nostaa tärkeänä asiana puskureiden varaamisen tahtiaikatauluun, erityisesti alkuvaiheeseen, joka sisälsi paljon kriittisen polun tehtäviä. Hänen mukaansa puskurien sijoittaminen erityisesti tekniikan tueksi, oli tärkeää tuotannon käynnistämisen näkökulmasta ja ilman niitä olisi todennäköisesti menty metsään heti alussa. Haastateltava M kertoo, että jo runkovaiheessa pyrittiin toimimaan tahtituotannon omaisesti jakamalla rakentamista työlohkoihin. Hänen mielestään se toimi ikään kuin kevyenä versiona tahtituotannosta, jonka avulla päästiin hieman tutustumaan toimintatapoihin jo ennen varsinaisen tahtituotannon aloittamista sisävalmistusvaiheessa. Haastateltava M sanoo, että tahtiaikataulun luonnissa lähdettiin liikkeelle tunnistamalla kaikkien rakennusten spesifejä tiloja ja erityisesti talotekniikkaa, sillä hanke sisälsi sitä reilusti yli puolet. Talotekniikan solmupisteiden, nousureittien ja toiminnallisuuksien perusteella aloitettiin luomaan varsinaisia tahtialueita kerroksiin. Alueiden suunnittelussa pyrittiin huomioimaan mahdolliset haasteet ja niihin varauduttiin esimerkiksi puskureilla ja järjestyksillä. Puskureita luotiin esimerkiksi tyhjillä viikoilla, lomajaksoilla, aloittamisella helpommista alueista sekä mahdollistamalla yksinkertaisempien urakoiden suorittaminen samalla tahtialueella. Haastateltava M nosti myös tärkeänä asiana esiin erottelun valmistelevien ja ensimmäisten töiden välillä. Esimerkkinä hän kertoo, että kokemusperäisesti tiedettiin, että levyväliseinät kannattaa tehdä ennen tahtituotannon aloittamista, jonka vuoksi niin tehtiin. Viikon tahtiaikaan puolestaan päädyttiin konsultoimalla toista vastaavanlaista hanketta, jossa tahtiaikana oli yksi päivä. Konsultoinnin perusteella tultiin siihen tulokseen, että päivän tahdistat tulevat hyödyt eivät ole riittävät verrattuna viikon tahtiajalla saavutettaviin hyötyihin. Hän nostaa esille myös projektiallianssin yhteistoiminnallisuuden hyödyt suunnittelun tukena, koska kommunikointi kaikkien osapuolien välillä on sujuvampaa, avoimempaa ja tehokkaampaa sekä mahdollistaa laadukkaamman lopputuloksen. Tällä hän viittaa esimerkiksi kommunikointiin suunnittelijoiden kanssa ja vertaa tilannetta muihin toteutusmalleihin, jossa suunnittelijat ovat suorassa sopimussuhteessa vain tilaajan kanssa.

Urakoitsijoiden valinnassa ei ollut haastateltavien mukaan juurikaan painoarvoa aikaisemmalla tahtituotanto kokemuksella. Haastateltavan I mukaan tärkeimpänä kriteerinä oli kustannus, mutta edellytyksinä valinnalle oli kuitenkin mm. urakoitsijan toiminnan vakauden ja referenssien varmistaminen. Haastateltava I nostaa esille kuitenkin, että urakoitsijoita informoitiin tahtituotannon käytöstä jo tarjouspyynnössä, sitä käytiin läpi urakaneuvotteluissa ja sisällytettiin lopulliseen sopimukseen. Hänen mukaansa tarjouspyynnön liitteenä oli kuvaus tahtituotannosta sekä sen käytöstä hankkeessa. Neuvotteluissa tahtituotantoa käsiteltiin sillä tasolla, että voitiin varmistua aliurakoitsijan ymmär-

ryksestä asian suhteen. Haastateltavan M mukaan tahtituotannon osalta pidettiin tarvittaessa koulutuksia niin allianssin sisällä kuin aliurakoitsijoidenkin kanssa. Allianssin sisäisesti koulutuksiin osallistui esimerkiksi suunnittelijat, pääurakoitsija sekä käyttäjät. Sopimuksia on käsitelty tarkemmin vielä alaluvussa 6.5.

6.4 Tahtituotannon ylläpito

Tahtituotannon päivittäisestä seurannasta oli haastateltavien kesken hieman eriäviä näkemyksiä. Haastateltavan C mukaan tahtituotantoa ei periaatteessa seurattu päivätasolla, vaan enemmänkin aikataulupalaverien yhteydessä kaksi kertaa viikossa. Aikataulupalaverien aikana varmistettiin tahtialueiden aikataulun mukainen eteneminen ja seuraavien mestojen edellytykset. Haastateltava G puolestaan kertoi, että sitä seurattiin ainakin urakkavalvojen sekä tilaajan teknisten asiantuntijoiden puolesta päivittäisillä työmaakerroksilla, joiden tarkoituksena oli selvittää töiden eteneminen erityisesti viikkotasolla, sillä käytössä oli viikon tahtiaika. Lisäksi hän nostaa esille Congrid-sovelluksen käytön, johon eri osapuolet, kuten esimerkiksi aliurakoitsijat ja pääurakoitsija, pystyivät tekemään havaintoja ja dokumentoimaan niitä. Haastateltava F nosti esille myös toteumakerrokset esimerkiksi kalusteiden, ovien ja ikkunoiden osalta. Haastateltavan J mukaan toteumakerroksilla tarkoitetaan tietomallipohjaista toteumaseurantaa, jossa urakoiden edistymistä päivitettiin työmaakerrosten perusteella manuaalisesti tietomalliin. Aliurakoitsijan näkökulmaa tuovat esille haastateltavat A ja L, joiden mukaan päivittäinen seuranta oli enemmänkin heidän vastuullaan ja viikkotason seuranta puolestaan yhteistoiminnallista. Haastateltava M kertoo, että hankkeella oli käytössä viikkokello, jossa oli käyty läpi viikoittain toistuvat rutiinit. Viikkokellossa sekä aamut, että iltapäivät oli rauhoitettu työmaakerroksille, joilla varmistettiin töiden aloittamisen ja toteutumisen seuranta päivätasolla. Viikoittain toistuvat palaverit sekä päivittäin toistuvat nokkamiespalaverit olivat sijoitettu viikkokelloon samoille päiville samoihin kellonaikoihin. Viikkokellon tarkoituksena oli tukea tahtituotannon valvontaa ja ohjausta päivätasolla, vaikka käytössä oli viikon tahtiaika.

Viikoittain tai erikseen sovitusti toistuvista palavereista haastateltavat nostavat esille aikataulupalaverit (mestakartat), seurantapalaverit ja yhteensovituspäiväpalaverit. Aikataulupalavereissa on haastateltavan H mukaan käyty läpi urakoiden etenemistä kyseisellä viikolla sekä edellytyksiä seuraavan viikon alueelle. Pohjana palavereissa on käytetty sisämestakarttoja, joissa on esitetty tahtialueet ja niihin on tehty muistiinpanot palavereissa käsiteltyjen asioiden pohjalta, jonka jälkeen päivitetty sisämestakartta (ns. palaverimuistio) on jaettu kaikille osapuolille. Haastateltava F kertoo, että mikäli aikataulupa-

lavereissa läpi käydyt haasteet tai ongelmat eivät korjaantuneet, sovittiin tiettyjen aliurakoitsijoiden kanssa erikseen seurantalavereista. Haastateltavan K mukaan niissä käsiteltiin tarkemmin ongelmien juurisyitä ja kehitettiin tapoja niiden ratkaisemiseksi yhteistyössä pää- ja aliurakoitsijan kanssa. Esimerkiksi laadittiin kiinniottosuunnitelmia, joissa oli pilkottu tuotantoa tarkempiin osiin esimerkiksi resursoinnin näkökulmasta. Seurantalavereja pidettiin niin kauan, että aliurakoitsija sai kurottua aikataulun kiinni. Laadun seurannan osalta esimerkiksi haastateltavat K, C, A ja L nostavat esille Congrid-sovelluksen, johon sekä ali-, että pääurakoitsija tekivät merkintöjä havainnoista dokumentoimalla niitä.

Haastateltava J kertoo, että Congridia hyödynnettiin vahvasti tahtitarkastusten tekemiseen. Congridin avulla tehtäviä tarkastuksia olivat mm. aliurakoitsijan mestan vastaanotot, aliurakoitsijan itselleluovutukset, mallikatselmukset, P1-tarkastukset sekä pääurakoitsijan tarkastukset.

Aliurakoitsijoiden näkökulmasta haastateltavat A ja L nostavat suurimmaksi haasteeksi tuotannossa alueiden eriarvoisuuden, jolla he tarkoittavat eroja tahtialueiden koossa ja työmäärässä. Myös haastateltava B nostaa työmäärän suuren vaihtelevuuden haasteeksi ja antaa esimerkiksi taloteknisen järjestelmän, jonka asennuspituus vaihteli kahdesta metristä 1,6 kilometriin, vaikka tahtiaika oli sama (viikko). Hän nostaa esille myös, vaikkakin enemmän työllistävänä tekijänä kuin haittana, erään taloteknisen järjestelmän tulppauksen ja avauksen. Tällä hän tarkoittaa sitä, että tahtialueiden hyppiessä käytävän ja sen molemmien puoleisten huoneiden väleillä, järjestelmää täytyi jatkuvasti tulppata ja avata kerralla tekemisen sijaan. Haastateltava C tuo esille, myös talotekniikan osalta, suunnitelmamuutokset, jotka johtuivat ratkaisuiden puutteesta. Esimerkiksi kuvantamisen tiloissa laitteiden mitoitus ei ollut lyöty riittävällä tasolla lukkoon, jonka vuoksi asennuksia ylimitoitettiin ja muokattiin oikeaksi lopullisen toteutusratkaisun tullessa. Haastateltava D puolestaan kertoo, että puhtausvaatimukset aloittamisen edellytyksenä aiheuttivat jonkin verran haasteita.

Haastateltavien mukaan haasteisiin ja ongelmiin puututtiin välittömästi niiden ilmetessä. Haastateltavan D mukaan ongelmat huomattiin parhaimmassa tapauksessa päivätasolla, mutta viimeistään viikkotasolla aikataulupalavereissa. Haastateltava M toteaa, että jo suunnitteluvaiheessa tuotantoa pyrittiin tutkimaan mahdollisimman monen eri henkilön ammattitaitoa hyödyntäen sekä mahdollisimman pitkällä aikavälillä, jotta saataisiin kaikki havaittavissa olevat ongelmat ratkaisua jo ennen niiden varsinaista syntymistä. Myös haastateltava K oli sitä mieltä, että lähtökohtaisesti ongelmat huomattiin jo niiden syntyttyä, mutta ne kuitenkin tulivat esille nopeammin verrattuna tavalliseen tuotantoon.

Hän nosti esille myös esimerkiksi ongelmat materiaalitoimituksissa johtuen mm. koronasta sekä Ukrainan ja Venäjän poliittisesta tilanteesta, jotka ovat ennakoimattomia asioita. Materiaalivaikeuksiin vastattiin priorisoimalla tahtituotannon eteneminen, eli sijoittamalla saatavilla oleva materiaali alueelle, jossa oli eniten kriittisiä urakoita etenemisen kannalta. Haastateltavat F, B ja C nostavat esille esimerkin yhdestä urakoitsijälähtöisestä haasteesta, jossa eräs talotekninen aliurakoitsija jouduttiin vaihtamaan. Heidän mukaansa oli selvää alusta asti, ettei aliurakoitsija kykene toimimaan aika- ja laatuvaatimusten vaatimalla tasolla, jonka vuoksi aloitettiin välittömästi toimenpiteet asian ratkaisemiseksi. Heidän mukaansa nopean reagoinnin ansiosta aliurakoitsija onnistuttiin vaihtamaan ja kuromaan uuden aliurakoitsijan avulla tahtiaikataulu kiinni.

Tahtiaikataulun muokkaamisen osalta hankkeen aikana haastateltavilla oli jokseenkin eriäviä mielipiteitä. Esimerkiksi haastateltavat E ja K olivat sitä mieltä, että muutoksia hankkeen tahtiaikatauluun ei tehty, vaan sitä noudatettiin loppuun asti resursoinnin, valvonnan ja ohjauksen avulla. Haastateltava F puolestaan kertoo, että suurempia muutoksia tahtiaikatauluun ei hankkeen aikana tehty, mutta esimerkiksi joidenkin työpakettien suoritusjärjestyksiä on vaihdettu keskenään, jotta toteutuksesta saadaan jouhevampaa. Hän nostaa myös esille yhden aliurakoitsijan vaihdon hankkeen aikana, jonka vuoksi kyseisen urakan ensimmäiset seitsemän tahtia siirrettiin tahtiaikataulussa edemmäs, jotta mahdollistettiin tahtiaikataulun kiinniotto kyseisen urakan osalta. Haastateltava M nostaa puolestaan esille, että tahtiaikataulua muokattiin lähtökohtaisesti urakoitsijälähtöisistä syistä, mutta korostaa myös sitä, että tahtiaikataulun muokkaaminen tuotannon kehittämiseksi on nimenomaan ominaista tahtituotannolle, jossa pyritään jatkuvaan parantamiseen.

Sairaalarakentamisen näkökulmasta haasteita aiheuttivat haastateltavien mielestä esimerkiksi talotekniikan laajuus, spesifit tilat ja laitteet sekä suuri osapuolten lukumäärä. Talotekniikan osalta haastateltavat G ja C nostavat esille yhteiskannakoinnin puutteellisuuden, joka olisi selkeyttänyt paljon tuotannossa. Haastateltava H puolestaan kertoo, että vain talotekniikan määrä ja sitä kautta töiden yhteensovitus tuo haasteita sairaalarakentamisessa. Haastateltava C nostaa esille esimerkiksi kuvantamisen tilat haasteena puhtausvaatimusten ja kiinteiden sairaalalaitteiden osalta. Myös haastateltavat H, M, F ja A nostavat esille kiinteät sairaalalaitteet ja M kertoo, että vaikeat ennustettavuudet niin toimituksissa kuin asennuksissa aiheuttavat haasteita niiden osalta. Haastateltava E tuo esille myös sen, että toimittajia on paljon, joista suuri osa ei ole tottunut rakennusalan sopimuskäytäntöihin.

6.5 Sitouttaminen & yhteistoiminnallisuus

Haastateltava G kertoo, että allianssin kesken ei ole ollut erillistä sopimusta tahtituotannon osalta, vaan toiminta on perustunut allianssin projektiryhmän päätökseen toteuttaa hanke tahtituotantoa hyödyntäen. Hänen mukaansa sen yhteydessä allianssin osapuolet ovat sitoutuneet tahtituotantoon. Aliurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan välisissä sopimuksissa on ollut haastateltavan F mukaan liitteenä tahtiaikataulu, jota aliurakoitsijoiden tulee noudattaa sakollisten välitavoitteiden uhalla. Haastateltava D puolestaan kertoo, että sopimuksissa oli myös sakkojen lisäksi bonuksia tarjolla erilaisten kriteerien kuten esimerkiksi turvallisuuden kautta, jota hän vertaa ns. keppi ja porkkana menetelmään.

Hankkeen aikana on haastateltavien mukaan käytetty laajasti erilaisia yhteistoiminnallisia menetelmiä ja työkaluja, kuten Big Roomeja, Last Planneria, Mondayta, SharePointia sekä muita useita osapuolia osallistavia palaverieita. Haastateltavat F ja M nostavat esille Last Plannerin hyödyntämisen suunnittelun tukena tahtiaikataulun luomisen yhteydessä. Haastateltava M toteaa, että varsinaista ”lappuversiota” ei ole alkuvaiheen jälkeen hyödynnetty ja lisää, että loppua kohti Monday pitkälti korvasi Last Plannerin käytön. Haastateltavat G, M, D ja F kertovat, että työmaalla oli fyysinen Big Room tila, jossa oli päivittäin toimintaa, mutta haastateltava M myös toteaa, että korona kiihdytti digitaalisten työkalujen hyödyntämistä. Haastateltavan B mukaan SharePoint toimi alustana palaverimuistioiden jakamiselle, jolloin kaikilla osapuolilla oli pääsy niihin, joka edesauttoi hankkeen avoimuutta ja tiedonkulkua. Haastateltava J toteaa, että esimerkiksi urakoitsijapalaverieissa oli mukana monia osapuolia kuten tilaaja, pääurakoitsija, aliurakoitsijoita ja rakennuttajakonsultti eli käytännössä kaikki muut paitsi käyttäjät ja suunnittelijat. Haastateltavan K mukaan aliurakoitsijoille tärkeitä kommunikoinnin välineitä olivat mm. palaverimuistiot, WhatsApp-ryhmät ja Congrid-sovellus. Hän myös sanoo, että koki monipuolisten palaverien useiden osapuolten kesken pakottamaan tutustumaan ihmisiin, joka hänen mielestään vaikutti positiivisesti niin työn mielekkyyteen kuin laatuunkin.

6.6 Soveltuvuus ja jatkokäyttö

Haastateltavat nostavat esille erilaisia tekijöitä, jotka heidän mielestään ovat tahtituotannon onnistumisen kannalta kriittisimpiä. Haastateltavan M mukaan tähän kategoriaan kuuluu esimerkiksi suuresti kaikkien osapuolien sitoutuminen ja sitouttaminen. Lisäksi hän mainitsee kriittiseksi tekijäksi riittävän aikaisen aloituksen, jotta saadaan sitoutettua suunnittelijat alusta asti, saadaan heille lähtötiedot riittävän varhaisessa vaiheessa, joilla puolestaan saadaan tuettua tuotannon suunnittelua. Haastateltava E nostaa puolestaan tärkeään rooliin viikkorutiinien muodostamisen, ylläpitämisen ja kehittämisen, jolla tar-

koitetaan viikkojen luomista toistuviksi rutiineiksi, joita pyritään ylläpitämään koko hankkeen ajan, kuitenkin mahdollisuuksien mukaan kehittäen tukemaan paremmin tuotantoa. Haastateltava D nostaa esille, että järkevien tahtialueiden luonti, jonka jälkeen tahtialueilla toteutettavan tuotannon ohjaus ja valvonta ovat pitkälti tärkeimmät kriteerit, jotka vaikuttavat tahtituotannon onnistuneeseen läpivientiin. Myös haastateltavat A ja B nostavat tahtialueiden määrittelyn, erityisesti työmäärien suhteen, oleelliseksi tekijäksi tuotannon onnistumisen kannalta.

Kysyttäessä mihin osa-alueisiin sairaalarakentamisen näkökulmasta tahtituotanto soveltuu, oli haastateltavilla hieman eriäviä mielipiteitä. Haastateltavan M mukaan sairaalarakentamisessa ei ole osa-aluetta, johon tahtituotanto ei sopisi, mutta nostaa esimerkiksi heikommin soveltuvasta käyttökohteesta kompleksiset saneerauskohteet, joissa työt suoritetaan hyvin pirstaleisina. Myös haastateltava F on sitä mieltä, että tahtituotantoa voidaan soveltaa jokaisessa vaiheessa, mutta nostaa esille tiettyjen osa-alueiden, kuten esimerkiksi kiinteiden sairaalalaitteiden, erityistarkastelut. Sillä hän tarkoittaa esimerkiksi ulkomailta tulevien laitteiden tai asentajien aiheuttamia kustannuksia suhteessa hyötyihin hankkeelle, jonka kannalta voi olla järkevämpää hankkeen kannalta irrottaa KSL:ta ainakin osaksi erikseen tahtituotannosta. Haastateltava G kertoo, että tahtituotanto sopii erinomaisesti toistuviin tiloihin, kuten potilashuoneisiin. Hän toteaa myös, että tilat, jotka ovat hyvin spesifejä eivätkä toistu kohteessa, soveltuvat paremmin tahtituotannon ulkopuolelle, vaikka niitäkin voi omina kohteinaan tahdistaa. Haastateltavat L, A ja C myös nostavat esille, että tahtituotanto ei yhtä hyvin sovellu spesifeihin tiloihin kuten leikkausaleihin tai kuvantamisen tiloihin. Haastateltava K toteaa, että neliömääräisesti pienet työt sopivat tahtituotantoon heikommin, mikäli maksuperusteita ei ole suhteutettu tahtituotantoon sopimuksessa.

Koska tahtituotannon soveltuvuudesta sairaalarakentamiseen oli eriäviä mielipiteitä, haastateltavat myös nostivat esille eri näkökulmia sen soveltamisesta tulevaisuudessa. Haastateltava M toteaa, että erityisesti organisaatioilla, jotka ovat läpivieneet hankkeita tahtituotannolla, tulisi olla tähtäimessä sen kehittäminen esimerkiksi pienentämällä tahtiaikaa, esimerkiksi viikosta päivään. Toisaalta hän myös nostaa esille sen, että tahtituotannon soveltamisessa ei tule lähtökohtaisesti keskittyä aikataulusäästöihin, vaan tuotannon palasiin pilkkomisen hyötyihin kuten aikataulussa pysymiseen ja laadun varmistukseen. Haastateltavan E mukaan jatkossa tulee varmistaa, että kaikki edellytykset ovat kunnossa, jolloin voidaan rakentaa suoraan suunnitelmien ja tietomallien perusteella, eikä suunnitelmien ja toteutuksen välille synny ristiriitoja. Haastateltavan F mukaan tahtituotantoa tulisi jatkossa soveltaa laajemmin, koska tahtituotannolle sopimattomia koh-

teita ei ole, kunhan vain on riittävästi mielikuvitusta ja innovointia. Haastateltavan B mukaan tahtituotantoa kannattaa soveltaa tulevaisuudessa mahdollisimman paljon, jotta siitä saadaan mahdollisimman monipuolisesti toimivat käytännöt esille. Hänen mukaansa tahtituotantoon pitäisi tulevaisuudessa saada sisällytettyä enemmän joustavuutta. Haastateltava I nostaa esille, että tulevaisuudessa tahtituotantoa olisi hyvä soveltaa koko hankkeen laajuudella sisältäen myös jo runkovaiheen.

6.7 Kehittäminen

Haastateltavilta kysyttiin, miten he toimisivat eritavoin, mikäli aloittaisivat hankkeen alusta hankkeen aikana saamiensa tietojen ja oppien kanssa. Haastateltava M toteaa, että henkilöiden ja sovellusten kehittymisen myötä, hän asettaisi kunnianhimoisempia tavoitteita aikataulusäästöihin, jonka lisäksi lisäisi digitaalisten työkalujen käyttöä sekä automaatiota. Hän on myös sitä mieltä, että mikäli betonielementtien valmistajat saataisiin pysymään tahtituotannon rytmissä mukana, hän aloittaisi tahtituotannon käytön jo runkovaiheessa. Haastateltava F kertoo, että irrottaisi esimerkiksi kuvantamisentilat aikaisemmin tahdista. Hän kokee myös, että loppuvaiheen pienempiin tehtäväkokonaisuuksiin ei olisi tarvinnut suorittaa niin yksityiskohtaista suunnittelua, vaan tärkeämpää olisi varmistaa tehtävien suorittaminen. Hän nostaa myös esille ns. työkalunpakin, joka olisi koottu ratkaistuista ongelmista, jota pystyisi hyödyntämään päätöksenteon selkeyttämisessä ja nopeutuksessa. Haastateltavat G ja D kertovat, että käyttäisivät ehdottomasti yhteiskannakointia talotekniikan töissä. Haastateltava H kokee, että suunnittelijoiden tarkemmalla sitouttamisella olisi päästy vähemmillä suunnittelumuutoksilla ja suunnitelmien myöhästymisiltä olisi paremmin välttytty. Hän toteaa myös, että varaisi enemmän aikaa suunnitelmakatselmuksille. Haastateltava K kiinnittäisi puolestaan enemmän huomiota urakoitsijoiden resursointiin, jottei syntyisi tilanteita, jossa saman urakoitsijan täytyisi pahimmillaan olla töissä kaikissa kolmessa rakennuksessa samanaikaisesti. Hän toteaa myös, että suorittaisi valvontaa ennemmin litterakohtaisesti sijaintiperusteisen valvonnan sijaan. Tällä hän viittaa siihen, että sijainnin, kuten esimerkiksi yhden kerroksen valvonnan sijaan, hän suorittaisi valvonnan litteran eli yhden urakan tasolla. Hän toteaa, että siten hän pystyisi priorisoimaan tietyn osa-alueen tarkemmin, jolloin myös työn valvonta eri rakennusten välillä olisi tehokkaampaa. Myös haastateltavan J mukaan litterakohtaisella valvonnalla voitaisiin saavuttaa enemmän hyötyjä. Hänen mukaansa se selkeyttäisi kommunikointia pääurakoitsijan ja aliurakoitsijan välillä, kun pääurakoitsijan yhteyshenkilö ei aina kerroksen välein vaihtuisi, vaan pysyisi samana. Hänen mukaansa tämä nousi puheenaiheeksi joidenkin aliurakoitsijoiden kanssa, jotka olivat sitä mieltä,

että järjestely tekee töiden suorittamisesta epäselvää, kun toimintamallit vaihtelevat kerrosten välillä, johtuen yhteysenkilön vaihtumisesta. Hän toteaa myös, että sijaintikohtaisella valvonnalla kerrosten kaikkien urakoiden aloituspalaverit ja muut urakoiden aloittamisiin liittyvät selvitystyöt jäävät ensimmäisen tahtialueen valvojien vastuulle. Litterakohtaisella vastuulla urakkavalvojien työmäärää saisi enemmän tasapainotettua.

Haastattelujen lopuksi haastateltavat saivat kertoa vapaasti tahtituotannon hyviä ja huonoja puolia sekä oma hankkeensa näkökulmasta että yleisellä tasolla. Haastateltavilla ei juurikaan noussut huonoja puolia esille, vaan enemmänkin tahtituotannon koettiin tuovan mukanaan erinäisiä haasteita. Haastateltava K nostaa esille esimerkiksi sen, että tahdin ulkopuolisten töiden osalta, aliurakoitsijoilla ei ollut pakotteita käyttää Congrid-sovellusta, joka johti huonompaan laatuun dokumentoinnin osalta. Haastateltava B toteaa, että tahtituotanto oli ainakin kyseisessä kohteessa jäykkää. Hänen mukaansa tahtituotanto edellytti myös enemmän kommunikointia ja keskenään toimeen tulemistä urakoitsijoiden välillä. Hän totesi sen onnistuneen hankkeessa hyvin, mutta sanoi myös, että siitä olisi voinut muodostua ongelmia. Haastateltava E nostaa esille sen, että tahtituotanto vaatii enemmän ammattitaitoista henkilökuntaa, jottei kukaan pala loppuun. Hän toteaa myös, että aikataulusta putoaminen on helppoa verrattuna aikataulun kiinni ottamiseen. Hyviksi asioiksi haastateltavat A ja B nostavat aikataulujen selkeyden sekä resursoinnin helpouden. Haastateltava L puolestaan toteaa hyvänä asiana mahdollisuuden suorittaa omia töitään täydellä tehokkuudella. Haastateltavat G, K ja M nostavat esille yhteistoinnallisuuden, jonka vuoksi kaikkien osapuolten ammattitaitoa pystyttiin hyödyntämään tehokkaasti. Sekä haastateltava E että B nostaa hyvänä asiana esille suurienkin hankkeiden hallittavuuden tahtituotannon avulla.

6.8 Haastatteluiden tulokset

Koska haastatteluiden runko (Liite A) oli jaettu eri teemoihin, myös haastatteluiden tulokset on luokiteltu teemoittain. Haastatteluiden perusteella saadut tulokset on esitetty tiivistetysti taulukossa 3.

Taulukko 3: Haastatteluiden yhteenveto

Teema	Tulokset	
Valmistelu	Tahtituotanto ei tullut tilaajalta. Pääurakoitsijan ehdotus, allianssin hyväksyntä	Hankalia urakoita: KSL, logistiikka, varastoautomaatit, putki-posti, sähkö ja kaapeloinnit
	Vaikeasti tahdistettavat urakat: Viitekniset, logistisesti tai hankinnallisesti haastavat kokonaisuudet	Puskureita toteutettiin tyhjiillä viikoilla, lomajaksoilla, helpompien alueiden aloituksilla
	Puskureiden suunnittelu kriittistä erityisesti alkuvaiheessa	Viikon tahtiaika valittiin harkiten, päivän tahtiajan hyötyjä ei katsottu riittäviksi
	Tahtialueiden määrittäminen talotekniikan erityispiirteiden kautta	Koulutuksia järjestettiin allianssille ja aliurakoitsijoille
	Aliurakoitsijoiden aiempaa kokemusta tahtituotannosta kysyttiin	Aliurakoitsijoiden valinnassa ei kuitenkaan painotettu tahtituotantokokemusta
Ylläpito	Tuotantoa seurattiin tarkasti sekä päivä- että viikkotasolla	Aliurakoitsijoiden resursoinnin haasteet, esim. työmäärien suuret vaihtelut
	Viikkokello, päivittäiset kierrokset ja rutiinipalaverit tukivat valvontaa ja ohjausta	Materiaalisaatavuuden vaikeudet (korona, geopoliittinen tilanne)
	Congrid keskeinen dokumentoinnin ja laadun työväline	Esimerkki aliurakoitsijan vaihtamisesta aikataulu ja laatuongelmien vuoksi
	Haasteet liittyivät alueiden eriarvoisuuteen, suunnitelmamuutoksiin ja puhtausvaatimuksiin	Seurantapalaverit juurisyyanalyysiin ja kiinniottosuunnitelmiin

	Ongelmiin puututtiin nopeasti. Tahtiaikataulua muokattiin rajatusti, lähinnä urakoitsijälähtöisesti	Ongelmiin pyrittiin puuttumaan ennaltaehkäisevästi, mutta suurin osa ilmeni vastaan tullessa
Sitouttaminen & yhteistointa	Allianssissa ei erillistä sopimusta tahtituotannosta, mutta yhteinen päätös sitoutti osapuolia	SharePoint tuki avoimuutta, Big Room päivittäistä yhteistyötä
	Aliurakoitsijoilla tahtiaikataulu sopimuksissa, sakolliset välitavoitteet	Digitaalisten työkalujen käyttö kasvoi koronan myötä, WhatsApp-ryhmät ja monipuoliset palaverikäytännöt tukivat kommunikaatiota
	Yhteistoiminnalliset työkalut laajassa käytössä: Big Room, Last Planner, Monday, SharePoint, Congrid	Palavereiden, työkalujen ja sovelusten nähtiin lisäävän myös yhteisöllisyyttä
Soveltuvuus & jatkokäyttö	Tahtituotannon onnistumisen kannalta kriittisiä: sitoutuminen, aikainen aloitus, järkevät tahtialueet, viikkorutiinit	Haastavat tilat: leikkaussalit, kuvantaminen, kiinteät sairaalalaitteet
	Soveltuu hyvin toistuviin tiloihin, haastavampaa spesifeissä, ei toistuvissa tiloissa	Jatkossa: enemmän joustavuutta, tahtiajan lyhentäminen, soveltaminen myös runkovaiheeseen
	Näkemykset soveltuvuudesta vaihtelivat, mutta yleisesti nähtiin laajasti hyödynnettävänä	Sairaalarakentamisessa tahtituotantoa voisi hyödyntää myös sisävalmistusvaiheen ulkopuolella
Kehittäminen	Tahtituotannon soveltaminen alusta alkaen laajemmin ja kunnianhimoisemmin	Litterakohtainen valvonta koettiin potentiaalisesti selkeämmäksi kuin sijaintiperusteinen
	Tarve paremmalle suunnittelijoiden sitouttamiselle ja yhteiskannakoinnille	Kokemusperäisen "työkalupakin" kokoaminen nopeuttaisi päätöksentekoa

	Resursointi- ja valvontamallit kehityskohteita	Vaatii runsaasti ammattitaitoista henkilöstöä
	Digitaalisten työkalujen ja automaation lisääminen	Tahtituotanto koettiin kokonaisvaltaisesti hyödylliseksi: selkeä aikataulu, hyvä hallittavuus, resurssien optimointi

Kuten taulukosta 3 näkyy, haastatteluiden teemat on jaettu viiteen: valmistelu, ylläpito, sitouttaminen & yhteistoiminta, soveltuvuus & jatkokäyttö sekä kehittäminen. Tuloksia on avattu tarkemmin alaluvuissa 6.3.-6.7, jotka on myös nimetty teemojen mukaisesti.

7. POHDINTA

Tämän luvun tarkoituksena on pohtia aineistoanalyysin ja henkilöhaastatteluiden perusteella saatuja tuloksia sekä verrata niitä kirjallisuuskatsauksen teoriaan. Työn tavoitteena on vastata alaluvussa 1.3. kerrottuihin tutkimuskysymyksiin, mutta myös pohtia saatujen vastausten luotettavuutta sekä yleistettävyyttä. Tässä työssä tutkimuksen kohteena oli tahtituotannon soveltaminen sairaalarakentamisessa sekä sen kehittäminen tulevaisuudessa, jonka vuoksi tässä luvussa asioita on käsitelty sairaalarakentamisen näkökulmasta.

7.1 Päätös tahtituotannon käyttämisestä

Päätös tahtituotannon käyttämisestä tulisi tehdä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta päätöksenteko tukee tuotantomallia. Lisäksi aikainen päätös auttaa hankkeen eri osapuolien sitoutumisessa sekä sitouttamisessa ja näin ollen edelleen tukee tahtituotantoa. (Saari et al. 2018) Henkilöhaastattelujen sekä aineistoanalyysin perusteella kohdehankkeen osalta päätös tahtituotannon käyttämisessä tehtiin rakennustöiden jo alettua, vaikkakin tahtituotannon soveltaminen rajoitettiin sisävalmistusvaiheeseen, joka mahdollisti noin 15 kk ajan tahtituotannon suunnittelulle sekä osapuolten perehdyttämiselle ja sitouttamiselle. Päätös tahtituotannon hyödyntämisestä olisi kuitenkin hyvä tehdä jo ennen hankkeen valmisteluvaihetta, eli huomattavasti aiemmin (IPT4-RAIN3 2023). Eri-tyisesti laajassa ja monimutkaisessa hankkeessa, kuten sairaalassa, osapuolten sitouttaminen ja sitoutuminen jo aikaisessa vaiheessa on tärkeää osapuolten laajuuden vuoksi. Tämäkin nousi esille haastatteluissa, joissa todettiin, että kaikkien osapuolten sitoutuminen ja sitouttaminen oli tärkeässä roolissa tahtituotannon onnistumisen kannalta.

Henkilöhaastatteluiden ja aineistoanalyysin perusteella tilaaja ei ollut hankkeessa asettanut vaatimuksia tahtituotannon käytölle hankkeessa, vaan päätös sen käyttämisestä tehtiin pääurakoitsijan ehdotuksen perusteella allianssin kesken. Haastatteluiden perusteella yhteinen päätös kuitenkin motivoi kaikkia osapuolia sitoutumaan tahtituotantoon ja tilaaja omaksui nopeasti tahtituotannon omakseen. Nevalaisen (2021) mukaan rakennushankkeen alkuvaiheen päätöksillä on suuri merkitys hankkeen etenemisen kannalta. Sillä viitataan esimerkiksi tilaajan hitaisiin ja byrokraattisiin päätöksentekoprosesseihin, jotka vaikuttavat osakseen rakennushankkeiden myöhästymisiin. Lisäksi vaikutusta aiheuttaa vajavaiset suunnitelmat tai suunnitelmamuutokset, jotka voivat myös perustua

tilaajan päätöksenteon riittämättömyyteen. Haastatteluiden perusteella tämä nousi jonkin verran esille juuri suunnitelmamuutosten tai niiden vajauksien yhteydessä, joka ei aiheuttanut kuitenkaan hankkeen tasolla myöhästymistä aikataulusta, vaan haasteita tuotannossa.

7.2 Tahtituotannon suunnittelu

Lehtovaaran et al. (2019b) mukaan monissa hankkeissa on havaittu, että tahtituotannon tehokaskin soveltaminen on mahdollista pelkästään tuotantovaiheen optimoinnilla. Kuitenkin parhaisiin lopputuloksiin päästään kehittämällä yhteistyötä tuotannon valmistelevien ja toteuttavien toimintojen välillä. Tällä tarkoitetaan hankkeen kokonaisvaltaista prosessitarkastelua, johon hyödynnetään mahdollisimman laajasti koko projektin osapuolien tietotaitoa yhteistoiminnallisuuden avulla. Henkilöhaastatteluiden sekä aineistoanalyysin perusteella hankkeessa oli hyödynnetty monipuolisesti erilaisia yhteistoiminnallisuutta tukevia työkaluja sekä osallistettu laajasti hankkeen eri osapuolia suunnittelun aikana. Lehtovaara et al. mukaan (2019b) suunnittelijoita tulisi haastaa ja palkita suunnitelmien rakennettavuuden perusteella, eikä pelkästään katsomalla kulutettuja tunteja. Henkilöhaastatteluiden perusteella suunnittelussa suunnittelijoille olisi pitänyt saada aikaisemmassa vaiheessa lähtötietoja ja heidän töitään olisi pitänyt aikatauluttaa tarkemmin. Haastatteluissa nousi esille, että suunnitelmamuutoksia jouduttiin tekemään työmaalla ilman suunnittelijan hyväksyntää johtuen aikataulupaineesta ja suunnitelmapuutteista.

Tahtituotannossa fokus on usein tuotannon valmistelussa ja toteutuksessa, mutta tulevaisuuden kehityksessä tulisi huomioida enemmän myös asiakkaiden ja loppukäyttäjien tarpeita. (Lehtovaara et al. 2019b) Haastatteluista sekä aineistoanalyysistä käy ilmi, että käyttäjiä ja heidän ammattitaitoansa oli hyödynnetty läpi hankkeen tukien juuri heidän tarpeidensa täyttämistä.

Haastatteluiden perusteella tahtialueiden suunnittelu sisävalmistusvaiheeseen aloitettiin talotekniikka painotteisesti hankkeen suuren talotekniikan määrän vuoksi. Rakennuksien kerroksia tutkittiin taloteknisten solmupisteiden ja nousujen avulla ja pyrittiin tunnistamaan toiminnallisuuksien perusteella alustavia tahtialueita. Tahtialueita ei pyritty määrittämään vastaamaan toisiaan neliömääräisesti, vaan ajallisen keston perusteella viikon mittaisiksi. Suunnittelun, keskustelun ja kokemuseräisen tiedon perusteella tehtiin linjaukset valmistelevista töistä sekä ensimmäisistä töistä. Tahtiaikatauluun varattiin pus-kureita lomajaksoilla, tyhjillä viikoilla, tahdin ulkopuolisilla alueilla (esim. KSL), aloitussi-jainnin valinnalla sekä luopumalla ajatuksessa, että kaikilla tahtialueilla on aina vain yksi aliurakoitsija kerrallaan. Dlouhy et al. (2016) mukaan Saksan mallissa suunnittelu etenee

tiivistetysti seuraavalla tavalla: lohkojako, lohkojen sisältämien töiden analysointi ja tehtäväpakettien muodostaminen niiden perusteella, tahtiajan määrittäminen sekä työpakettien tasapainotus ja aikataulun hienosäätö. Diplomityössä tutkittavan hankkeen tahtiaikataulun suunnittelu on hankkeessa edennyt lähtökohtaisesti Saksan mallin mukaan. Lisäksi sen toteutus on onnistunut tuotannossa, joka puolestaan viittaa suunnittelun onnistumiseen. Henkilöhaastattelussa kävi ilmi, että osa haastateltavista koki tahtiaikataulun muokkaamisen ikään kuin kiellettyinä asiana, kun taas aikataulun suunnittelussa enemmän mukana olleet henkilöt kokivat tahtiaikataulun muokkaamisen olevan em. hienosäätöä, jonka tavoitteena on tuotannon kehittäminen ja jatkuva parantaminen.

Henkilöhaastatteluiden sekä aineistoanalyysin perusteella allianssin sisällä ei ollut varsinaisesti erillistä sitouttamista tai siihen liittyvää sopimusta tahtituotannon osalta. Allianssin osapuolet sitoutettiin tahtituotantoon yksimielisellä päätöksellä tahtituotannon käyttämisestä, jonka tukena käytettiin koulutuksia hankkeen osapuolille. Koulutuksien tarkoituksena oli tehdä kaikille selväksi mitä tahtituotanto on sekä miten kaikkien sitoutuminen vaikuttaa sen onnistumiseen. Nevalaisen (2021) mukaan tilaajan ja pääurakoitsijan välisessä sopimuksessa on tärkeää huomioida koko toimitusketjun sitouttaminen etenemään tahtituotannon mukaisesti. Diplomityössä käsiteltävän hankkeen osalta allianssin osapuolten sitoutumisessa ei koettu henkilöhaastatteluiden perusteella olevan mitään ongelmia, vaan haastattelussa nousi esille, kuinka kaikkien sitoutuminen vaikutti positiivisesti lopputulokseen. Nevalaisen (2021) mukaan sopimuksellisesti sitouttaminen on tärkeää pääurakoitsijan ja aliurakoitsijoiden välillä. Hän nostaa esimerkiksi maksuerien sitomisen tahtiaikatauluun, sakolliset välitavoitteet sekä tahtituotannon vaatimusten selkeyden. Henkilöhaastatteluiden sekä aineistoanalyysin perusteella hankkeessa aliurakoitsijoita oli perehdytetty sekä sitoutettu tahtituotantoon. Jo tarjouspyyntövaiheessa, tarjouspyynnössä oli ollut maininta tahtituotannon käytöstä kohteessa, sekä liitteenä tahtiaikataulu johon urakoitsijan tulee sitoutua. Urakkaneuvotteluissa oli varmistettu, että urakoitsija on sisäistänyt sen, että hanke toteutetaan hyödyntäen tahtituotantoa. Itse sopimuksissa oli sakollisia välitavoitteita, jotka olivat sidottuja tahtiaikatauluun. Tämän lisäksi tahtiaikataulu oli ollut myös sopimuksen liitteenä. Samaan tapaan kuin allianssin sisällä, aliurakoitsijoille oli myös pidetty tarpeen vaatiessa ja ajan salliessa koulutuksia tahtituotannosta, jotta voitiin varmistua idean sisäistämisestä. Yhtenä ongelmana sopimuksellisen sitouttamisen osalta oli joissakin sopimuksissa henkilöhaastatteluiden perusteella ollut maksuerätaulukko, joka ei aina ollut täysin tukenut tahtituotannon etenemistä halutulla laajuudella. Tämän perusteella hankkeen osapuolten sitouttaminen, niin allianssin kuin aliurakoitsijoiden osalta oli onnistunut hankkeessa hyvin. Hankkeessa ei kuitenkaan käytetty lainkaan aliurakoitsijoita, joiden kanssa olisi aikaisemminkin tehty

yhteistyötä. Tämä johtui osakseen siitä, että pääurakoitsijalle ei ole vielä muodostunut tällaista kumppaniverkostoa, jota olisi voitu hyödyntää. Se näkyi esimerkiksi aikaisemmin mainitun taloteknisen urakoitsijan kohdalla radikaalina myöhästymisenä tuotannossa ja lopulta sopimuksen purkuna. Kontrastina sille, tilalle tullut aliurakoitsija oli aikaisemminkin työskennellyt tahtituotantokohteissa ja onnistui kuroma aikataulun kiinni. Salmisen (2021) mukaan tahtituotannossa onkin hyödyllistä perustaa kumppanuuksverkostoja, jotka sitoutuvat kyseiseen toteutusmalliin ja pystyvät parantamaan suorituksiaan kohteesta toiseen.

7.3 Tahtituotannon toteutus

Henkilöhaastatteluiden sekä aineistoanalyysin perusteella hankkeessa tahtituotantoa valvottiin ja ohjattiin sekä päivä että viikkotasolla. Päivittäin työt aloitettiin nokkamiespalaverilla, jossa käytiin läpi päivän työsuoritteet ja mahdolliset ongelmat. Päivän alkuun oli varattu työnjohdolle aikaa työmaakerrokselle, jotta töiden aloitukset pystyttiin varmistamaan ja mahdolliset ongelmat saatiin heti esille. Myös päivän lopuksi työnjohdolle oli varattu aikaa työmaakerrokselle, jossa käytiin läpi päivän toteumat, joita pystyttiin vertaamaan tahdin valmistumiseen. Työmaakerrokset vahvistivat kommunikointia kasvotusten sekä dokumentointia Congrid-sovelluksen avulla mahdollisten puutteiden ja muiden havaintojen osalta. Keskinivan et al. (2021) mukaan päivittäiset työmaakerrokset sekä niiden aikainen kommunikointi ja dokumentointi ovat edellytys tahtituotannon valvonnan onnistumiselle. Toisena hyödyllisenä sovelluksena hankkeella oli käytössä Sitedrive, joka puolestaan mahdollisti aikataulun seurannan digitaalisesti. Myös Lehtovaa-
ran et al. (2019a) nostaa Sitedriven esille hyvänä työkaluna tahtituotannon valvontaan.

Viikoittain toistuvia tahtituotannon valvontaan ja ohjaukseen liittyviä menetelmiä olivat henkilöhaastatteluiden ja aineistoanalyysin perusteella aikataulu-, yhteensovitus- sekä urakoitsijapalaverit. Aikataulupalavereita pidettiin kaksi kertaa viikossa, tiistaisin ja torstaisin. Aikataulupalavereissa käytiin sijaintipohjaisesti pohjakuvan (sisämestakartta) avulla läpi jokaisen tahtialueen tilanne asianomaisen aliurakoitsijan kanssa. Aikataulupalaverin aikana käytiin läpi mahdolliset ongelmat ja varmisteltiin viikon etenemistä tahtiaikataulun mukaisesti. Urakoitsijapalavereissa käytiin läpi myös tilaajan, rakennuttajakonsultin sekä pääurakoitsijan asioita. Urakoitsijapalavereissa tuotiin aluksi jokaisen urakoitsijan asioita esille, mutta palavereiden venymisen vuoksi urakoitsijat ottivat puheenvuoron vain tarvittaessa ja heidän asioitaan käsiteltiin tarkemmin aikataulupalavereiden aikana. Yhteensovituspalavereita pidettiin erityisesti taloteknisten töiden osalta ja niiden tarkoituksena oli suunnitella eri TATE-alojen töiden toteuttamiset siten, etteivät eri alojen työt häiritse toistensa etenemistä, vaan etenevät jouhevasti tahtiaikataulun mukaisesti.

Lehtovaara et al. (2019a) toteavatkin, että yhtenä toimivana tahdin ohjaus ratkaisuna voidaan pitää kolmea viikoittaista palaveria, jotka ovat: tahdin ohjaus palaveri (hankkeessa aikataulupalaveri ja kaksi kertaa viikossa), urakoitsijapalaveri sekä työnjohtopalaveri. Dlouhy et al. (2016) puolestaan nostavat esille hyvänä tapana päivittäiset noin 15 minuutin ”takt status meetings” palaverit, joilla tarkoitetaan nopeaa katsausta aliurakoitsijoiden ja pääurakoitsijan työnjohtajien välillä. Niiden tarkoituksena on kerätä dokumentaatiota visuaaliseen muotoon, jonka avulla pystytään paremmin valvomaan ja ohjaamaan tahtituotantoa.

Tarvittaessa pidettävänä palaverina aineistoanalyysin ja haastatteluiden perusteella nousi esille seurantapalaveri. Sen tarkoituksena oli käydä tarkemmin läpi ongelmat, joiden ratkaisuun ei ollut riittävästi aikaa yhteisen aikataulupalaverin aikana. Seurantapalaverissa pidettiin yhdessä pää- ja aliurakoitsijan kanssa ja siellä luotiin ratkaisut (kiinniotto-suunnitelma) tahtiaikataulun kiinniottoon. Seurantapalavereja pidettiin ali- ja pääurakoitsijan välillä niin kauan, että aikataulu oli saatu kiinni.

Tarkan viikkorutiinin mahdollisti henkilöhaastatteluiden perusteella hankkeelle luotu viikkokello. Viikkokello oli käytännössä lukujärjestys, johon oli jokaiselle viikonpäivälle merkitty sinä päivänä toistuvat palaverit / toimenpiteet. Siitä jokaisen oli helppo lukea mitä minäkin päivänä tapahtuu, jonka lisäksi se muodosti ajan kuluessa selkeän rutiinin viikon rytmiin.

Jatkuva parantaminen ja innovointi on osa tahtituotantoa, johon tulisi osallistaa myös aliurakoitsijoita (Saari et al. 2018). Aineistoanalyysin tai henkilöhaastatteluiden perusteella hankkeesta ei noussut esille selkeää erillistä jatkuvan parantamisen kulttuuria, tahtituotannon mukaisen tuotannonhallinnan sisältämän jatkuvan parantamisen lisäksi. Toki kaikkiin vastaan tulleisiin ongelmiin tartuttiin heti ja niihin pyrittiin hakemaan ratkaisut, joita implementoitiin myöhempään tuotantoon. Niin sanotusti jo toimivilla osa-alueilla jatkuvan parantamisen suhteen ei ollut suurempia toimenpiteitä eli ei pyritti erikseen miettimään, miten tuotantoa voitaisiin edelleen tehostaa myös hyvin aikataulussa pysyvillä osa-alueilla. Tämä johtuu osakseen varmaankin siitä, että tahtituotanto oli monelle vielä kokonaan uusi asia ja aikaa kului paljon itse toimintamallin sisäistämiseen sekä tahtituotannon ohjaukseen ja valvontaan, jolla varmistettiin tahtituotannon onnistuminen. Toisaalta Howellin (1999) mukaan jatkuva parantaminen lean-rakentamisessa perustuu suunnitteluun, jossa määritellään onnistumisen kriteerit ja strategiat niiden saavuttamiseksi sekä ohjaukseen, jonka tarkoituksena on saada suunnitelmat käytäntöön sekä käynnistää oppiminen ja uudelleensuunnittelu. Lisäksi on hyvä huomioida, että tahtituotannon käyttö rakennusosalalla on Suomessa alkanut yleistymään enemmän vuodesta

2018 eteenpäin, jonka vuoksi hankkeen alkaessa empiiristä dataa tahtituotannosta ei ole ollut saatavilla yhtä paljon, kuin tämän tutkimuksen tekemisen aikana.

Nevalaisen (2021) mukaan tahtituotannolla voidaan lyhentää tuotannon läpimenoaikaa. Aineistoanalyysin ja haastatteluiden perusteella tässäkin hankkeessa luovutusta saatiin aikaistettua tahtituotannon avulla kolme kuukautta. Vaikka sitä voikin pitää onnistumisenä, haastatteluissa nousi esille, että mikäli hankkeen aikana kertyneen ammattitaidon kanssa pääsisi aloittamaan hankkeen alusta, niin tavoitteet voisivat olla korkeammallakin.

7.4 Tahtituotannon kehittäminen

Haastatteluiden perusteella nousi esille, että tahtituotantoa voisi kehittää erityisesti käyttämällä sitä monipuolisesti ja pelottomasti eri hankkeissa. Näin kokemus karttuu ja oppeja edellisistä kohteista saadaan vietyä seuraaviin ja parannettua tuotantomallia jatkuvasti. Sairaalarakentamisen näkökulmasta tässä tärkeään rooliin nousee hankkeiden dokumentaatio ja läpinäkyvyys, koska uusien sairaaloiden rakentamistiheys ei ole verrattavissa esimerkiksi asuinrakentamiseen. Suurin osa tutkitun hankkeen kehitysehdotuksista oli sellaisia, joita olisi voitu toteuttaa jo kyseisessä kohteessa, mikäli käytännön kokemusta tai kokemusperäistä tietoa olisi ollut enemmän. Sairaalahankkeissa olisikin hyvä tulevaisuudessa pystyä hyödyntämään enemmän aikaisemmin rakennettujen hankkeiden oppeja ja dokumentteja myös eri yritysten välillä.

Henkilöhaastatteluiden perusteella tahtituotannosta ei noussut suoranaisesti esille ollenkaan huonoja puolia, vaan pelkästään haasteita. Niin kuin jo edellä on mainittu, haasteet ovat yksi tahtituotannon ominaispiirteistä, joka pakottaa projektissa työskentelevät henkilöt jatkuvasti parantamaan toimintatapoja, jotta niihin pystytään vastaamaan. Huonojen puolien esiintymättömyys korostaa sitä, että tahtituotantoa voisi soveltaa kaikenlaisissa rakennushankkeissa ja sen yleistyminen laajemmin olisi myös tärkeää tahtituotannon kehityksen kannalta. Vaikka tahtituotantoa teoriassa pystyy soveltamaan kaikissa hankkeissa, täytyy muistaa, ettei se tarkoita sen olevan paras toteutustapa esimerkiksi kustannusten tai vaivalloisuuden näkökulmasta. Myös jo haastatteluissa esille noussut digitaalisten työkalujen ja automaation hyödyntäminen laajemmin tahtituotannon tukena tulee näkymään tulevaisuudessa sekä tehostamaan tahtituotannon hyötyjä.

7.5 Pohdintojen tulokset

Pohdinnan aikana tahtituotannon soveltamista esimerkki kohteessa on käsitelty koko hankkeen laajuudella, jonka mukaisesti tulokset on jaoteltu eri hankevaiheiden perusteella. Tulokset on jaettu neljään kategoriaan, jotka ovat tahtituotannon näkökulmasta: päätös käyttämisestä, suunnittelu, toteutus sekä kehittäminen. Saadut tulokset on esitetty tiivistetysti taulukossa 4.

Taulukko 4: Pohdinnan seurauksena saadut tulokset

Päätös käyttämisestä	Suunnittelu	Toteutus	Kehittäminen
Päätös tehtiin myöhään, jo rakentamisvaiheen alettua	Yhteistoiminta toimi hyvin	Valvonta ja ohjaus onnistui sekä päivä- että viikkotasolla	Kokemuksen keräilytärkeys
Tilaaja ei asettanut vaatimuksia tahtituotannon käytölle, vaan aloite tuli pääurakoitsijalta	Suunnittelu toteutettiin TPTC-mallia mukailen talotekniikka lähtöisesti	Digitaalisten työkalujen käyttö auttoi tuotannon seurannassa	Dokumentoinnin ja läpinäkyvyyden kehittäminen hankkeiden välillä
Yhdessä tehty päätös kuitenkin vahvasti sitoutumista	Sopimukselliset sitouttamiset onnistuivat melko hyvin, pl. yksittäiset maksuerätaulukot	Seurantalaverit olivat toimiva työkalu aikataulun kiinniintoon	Digitaalisten työkalujen ja automaation kasvava rooli
Aikaisempi päätös olisi selkeyttänyt lähtötietojen ja suunnitelmien aikataulutusta	Haasteina lähtötietojen saaminen ja suunnitelmamuu- tokset	Viikkokello loi selkeän ja toimivan ruutiinin	Pystyy soveltamaan laajasti erilaisiin hankkeisiin

<u>Yhteenveto:</u> Päätös tahtituotannon käytämisestä tulisi tehdä kehitysvaiheessa	<u>Yhteenveto:</u> Lähtötietojen saamisen aikataulutus ja tuotannon muokkaus enemmän suunnitelmamuutoksiin varautuvaksi tärkeää	<u>Yhteenveto:</u> Tuotannon valvonta ja ohjaus toimi hyvin ja kohde luovutettiin 3 kk etukäteen	<u>Yhteenveto:</u> Kokeudesta, digitaalisia työkaluja ja automaatiota tulee lisätä suorittamalla lisää hankkeita rohkeammilla tavoitteilla
---	---	--	--

Taulukon 4 tulokset ovat muodostuneet alaluvuissa 7.1.–7.4. käsiteltyjen aiheiden summana. Tästä syystä tarkemmat analyysit saaduista tuloksista ovat luettavissa em. alaluvuista, jotka on nimetty kategorioiden mukaisesti.

7.6 Tulosten luotettavuus

Tämän diplomityön tulosten luotettavuuteen vaikuttavat pääasiassa kirjallisuuskatsaus henkilöhaastattelut sekä aineistoanalyysi. Kirjallisuuskatsauksen osalta luotettavuuteen vaikuttaa käytetyt lähteet, henkilöhaastatteluiden osalta haastatellut henkilöt ja heidän otantansa sekä aineistoanalyysin osalta itse aineisto, mutta myös sen tulkitseminen.

Kirjallisuuskatsauksessa on käytetty pääasiassa tieteellisiä tutkimuksia, artikkeleita sekä muita julkaisuja. Tämän vuoksi niiden luotettavuutta voidaan pitää hyvänä varsinkin, koska samaa tietoa on löytynyt useammasta eri lähteestä. Lähteissä on lisäksi pyritty hyödyntämään sekä englannin- että suomenkielisiä tekstejä ainakin sillä tasolla, että samat asiat ovat löytyneet eri maalaisten tutkijoiden kirjoituksista. Luotettavuutta saattaa heikentää englanninkielisten lähteiden tulkinta, jonka johdosta asian esittäminen tässä työssä voi poiketa jossain määrin alkuperäisen julkaisun tarkoituksesta.

Henkilöhaastattelun osalta suurimman vaikutuksen luotettavuuteen tekee haastateltavien henkilöiden tausta sekä otanta. Henkilöitä on ollut haastateltavina yhteensä 13, joka voisi olla enemmän, vaikka kyseessä onkin yhden hankkeen osapuolia. Toisaalta haastateltavat on pyritty valitsemaan mahdollisimman monipuolisesti eri tehtävistä, jotta työn tuloksista saataisiin yleistettäviä monesta näkökulmasta katsottuna. On myös hyvä huomioda, että puhuttaessa tahtituotannon parhaista soveltamiskohteista sairaalarakentamisessa, yhden hankkeen käyttäminen on otantana pieni.

Aineistoanalyysin osalta tulokset ovat suhteellisen luotettavia, sillä kyseisellä aineistolla on suoritettu rakennushanke alusta loppuun. Suurin epäluotettavuustekijä syntyykin ai-

neiston tulkinnasta, joka on tehty hankkeen ulkopuolisen henkilön silmin. Tulkinnan luotettavuutta nostaa puolestaan perehtyminen rakennusalaan, sairaalarakentamiseen sekä tahtituotantoon ennen aineistoanalyysin tekoa sekä sen aikana ja jälkeen.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämä luku on jaettu kahteen alalukuun, joista ensimmäisessä käydään läpi, onko tutkimuksen tavoitteet saavutettu, eli onko työn aikana kyetty vastaamaan tutkimuskysymyksiin. Toisessa alaluvussa puolestaan käsitellään tämän tutkimuksen perusteella esiin nousseita mahdollisia jatkotutkimuksen kohteita, joita olisi mielenkiintoista tai kannattavaa toteuttaa.

8.1 Tutkimustavoitteiden saavuttaminen

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli vastata alaluvussa 1.3. esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Alla on lueteltu tutkimuskysymykset sekä niihin tutkimuksen aikana saadut tulokset.

Miten rakennuttaja on ”ohjelmoinut” ja asettanut vaatimukset tahtituotannon käytölle hankkeissa?

Tilaaaja ei asettanut vaatimuksia tahtituotannon käytölle hankkeessa. Rakentamisvaiheen käynnistyttyä (toteutusvaihe) pääurakoitsija ehdotti tahtituotannon käyttöä sisävalmistusvaiheeseen allianssin palaverissa, jossa ehdotus hyväksyttiin allianssin osapuolien kesken. Ihanteellisessa tilanteessa tilaaaja olisi asettanut tahtituotannon käytön vaatimukseksi hankkeessa jo strategiavaiheessa. Tällöin tahtituotannon käyttö olisi ollut tiedossa jo projektiallianssin muodostamisvaiheessa ja kehitysvaiheessa olisi pystytty käyttämään enemmän aikaa sen suunnitteluun. Toisaalta myös pääurakoitsija olisi voinut ehdottaa tahtituotantoa jo kehitysvaiheessa, joka olisi myös mahdollistanut pidemmän ajan tahtituotannon suunnittelulle ja valmistelulle.

Miten hankeosapuolet on sitoutettu tahtituotantoon ja millaisia yhteistoiminnallisia menettelyjä hankkeissa on käytetty?

Allianssin osapuolet oli sitoutettu tahtituotantoon allianssin yhteisellä päätöksellä siitä, että sisävalmistusvaiheessa hyödynnetään tahtituotantoa. Erillistä sopimusta allianssin kesken tahtituotannosta ei tehty. Allianssin sisäisesti pidettiin kuitenkin koulutuksia, joilla varmistettiin, että kaikki osapuolet sisäistävät tahtituotannon idean sekä sen, miten sitä hyödynnetään hankkeessa. Pääurakoitsija sitoutti aliorakoitsijat tahtituotantoon sopimuksellisesti sakollisilla välitavoitteilla. Maininta tahtituotannosta ja tahtiaikataulu olivat myös liitteenä tarjouspyynnössä sekä sopimuksessa. Näiden lisäksi myös aliorakoitsijoille pidettiin koulutuksia tahtituotannosta. Sakollisten välitavoitteiden lisäksi sopimuksissa olisi hyvä olla myös erilaisia bonuksia kannustimina, jotka myös motivoivat aliorakoitsijaa sitoutumaan tahtituotantoon.

Millaisia hankkeiden tahtiaikataulut ovat olleet ja miten niitä on mahdollisesti ylläpidetty hankevaiheittain?

Tahtiaikataulun suunnittelu aloitettiin noin 15 kk ennen tahtituotannon aloitusta. Tahtiaikataulut luotiin erikseen kaikille kolmelle rakennukselle niiden erilaisista toiminnallisuuksista johtuen. Tahtiaikataulujen luonnissa konsultoitiin muita sairaalahankkeita, joiden perusteella tehtiin päätös viikon tahtiajasta. Tahtialueet on luotu toiminnallisuuksien perusteella talotekniikka lähtöisesti. Tahtialueiden välillä on ollut jonkin verran eriarvoisuuksia. Tahtiaikatauluja ei ole juurikaan muokattu hankkeen aikana niiden valmistumisen jälkeen, pois lukien yksittäiset järjestysmuutokset, jotka ovat lähtökohtaisesti johtuneet urakoitsijälähtöisistä asioista. Tahtiaikataulun suunnittelulle, erityisesti kyseisen kokoluokan hankkeessa, olisi optimaalista varata enemmän aikaa. Tahtiaikataulujen luonnissa tahtialueiden eriarvoisuuksia voi väkisin syntyä jossain määrin, jolloin niihin pitää pystyä varautumaan jo etukäteen esim. kiinnittämällä tarkempaa huomiota resursointiin tarvittavien urakoiden osalta, yhdessä kyseisen aliurakoitsijan kanssa.

Miten hankkeita on valvottu ja ohjattu ajallisesti, ja miten hankkeet ovat toteutuneet suhteessa aikatauluun? Missä asioissa on ollut haasteita?

Tahtituotantoa valvottiin ja ohjattiin päivittäin ja viikoittain toistuvilla palavereilla sekä toimenpiteillä. Tärkeimpinä päivittäiset nokkamiespalaverit, työmaakierrokset sekä viikoittaiset aikataulu-, yhteensovitus ja urakoitsijapalaverit. Jos aikataulusta oli jääty jälkeen, urakoitsijoiden kanssa tehtiin kiinniottosuunnitelma ja pidettiin seurantapalavereita niin kauan, että aikataulu oli saatu kiinni. Aikatauluja seurattiin digitaalisesti Sitedriven avulla ja urakoitsijoiden etenemistä ja työnlaatua Congrid-sovelluksen avulla. Suurimmat haasteet hankkeessa johtuivat ulkopuolisten tekijöiden aiheuttamista materiaalipulista, urakoitsijoiden resurssiongelmista sekä suunnitelmapuutteista ja -muutoksista. Sisävalmistusvaihe toteutui tahtiaikataulun mukaisesti ja alkuperäistä luovutuspäivämäärää saatiin kohteessa aikaistettua kolmella kuukaudella. Resurssiongelmiin tuomat haasteet ovat ehkäistävissä riittävän tarkalla tuotannon suunnittelulla yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa, jotta varmistetaan aliurakoitsijoiden käsitys siitä, mikä on riittävä resurssimäärä. Suunnitelmamuutoksia ei välttämättä pystytä sairaalarakentamisessa kokonaan poistamaan, mutta suunnittelijoiden onnistunut sitouttaminen ja riittävät katselmukset ja yhteensovittamiset ennaltaehkäisevät tarpeettomia suunnitelmamuutoksia. Suunnitelmapuutoksien tuomiin ongelmiin niin ikään ratkaisut löytyvät samoilla tavoilla.

Miten tahtituotantoa kannattaa jatkossa soveltaa erityisesti sairaalahankkeissa?

Tahtituotantoa kannattaa jatkossa soveltaa laajemmin ja erityisesti tukeutuen jo aikaisemmin toteutettujen sairaalahankkeiden dokumentaatioihin. Näin pystyttäisiin tulevaisuudessa tehokkaammin ehkäisemään samojen ongelmien ratkaisemista eri yritysten toimesta. Digitaalisia työkaluja sekä automaatiota tulisi tulevaisuudessa hyödyntää laajemmin tahtituotannon tukena heti hankkeen alusta.

8.2 Jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen suorittamisen aikana jatkotutkimusehdotuksia nousi esille kolme. Niitä nousi esille sekä kirjallisuuskatsauksen, aineistoanalyysin että henkilöhaastatteluiden kautta.

Ensimmäisenä on digitaalisten työkalujen sekä automatisoinnin hyödyntäminen tahtituotannon tukena, joka nousi esille kirjallisuuskatsauksen sekä henkilöhaastatteluiden aikana. Tahtituotannon tueksi on jo olemassa monia työkaluja, kuten esimerkiksi Congrid ja Sitedrive, jotka tukevat aikataulun seurantaa sekä laadunvalvontaa. Oleellista olisi sekä niiden kehittäminen eteenpäin tai korvaaminen paremmilla sovelluksilla, mutta myös erityisesti automaatio eri sovellusta välillä, jolloin manuaalinen työ vähentyisi ja työmaakerrokselta kerätty tieto päivittyisi samalla esimerkiksi laatu-, aikataulu ja tietomallipohjiin.

Toisena jatkotutkimismahdollisuutena nousi henkilöhaastatteluiden aikana esille kiertoalouden hyödyntäminen sairaalarakentamisessa. Se nousi esille erityisesti kiinteiden sairaalalaitteiden sekä muiden käytännössä vain sairaaloille ominaisten tuotteiden osalta. Sairaalalaitteet ovat kustannuksiltaan suuria ja niiden toimitukset ja asennukset aiheuttavat haasteita niin suunnitteluun kuin tuotantoonkin. Tutkimuksen tavoitteena voisi olla esimerkiksi olemassa olevien sairaaloiden maksimaalinen hyödyntäminen uuden rakentamisessa.

Kolmas jatkotutkimusmahdollisuus syntyi aineistoanalyysin ja kirjallisuuskatsauksen tuloksena. Sen ideana olisi tutkia sitä, miten voitaisiin hyödyntää aikaisemmillä sairaalahankkeilla kerätty informaatio mahdollisimman laajasti uusissa hankkeissa. Sairaalahankkeiden tilaajat ja pääurakoitsijat vaihtuvat usein sijainnista riippuen, mutta olisi tärkeää pystyä hyödyntämään muidenkin yritysten keräämää dataa sekä sairaalarakentamisesta että tahtituotannosta. Tämä toisaalta pienentäisi kilpailuetuja, mutta myös lisäisi kaikkien mahdollisuuksia onnistumisien suhteen. Lisäksi, koska kyse on sairaalarakentamisesta, hankkeiden onnistuminen on myös yhteiskunnallisesti tärkeää.

LÄHTEET

- Ahonen, T., Lehtovaara, J., Peltokorpi, A. & Uusitalo, P. (2022). Continuous improvement of takt production with data-driven knowledge management approach. Proceedings of the 30th annual conference of the international group for lean construction. s. 376-387. Saatavissa (Viitattu 2.12.2025.): <https://doi.org/10.24928/2022/0140>
- Barlow, J. & Köberle-Gaiser, M. (2009). Delivering Innovation in Hospital Construction: Contracts and Collaboration in the UK's Private Finance Initiative Hospitals Program. California management review. 51. s. 126-143.
- Bertagnolli, F. (2022). Lean management. Introduction and in-depth study of Japanese management philosophy. Kirja. Springer.
- Binninger, M., Dlouhy, J., Muller, M., Schattmann, M. & Haghsheno, S. (2018). Short takt time in construction – a practical study. Proceedings of the 26th annual conference of the international group for lean construction. s. 1133-1143. Saatavissa (Viitattu 1.12.2025): <https://doi.org/10.24928/2018/0472>
- Decouvelaere, M., Berrard, E. & Fabrega, D. (2007). The Role of the Clinical Engineer in the Design of New Hospitals. Proceedings of the 29th Annual International Conference of the IEEE EMBS. s. 1782-1785.
- Dlouhy, J., Binninger, M., Oprach, S. and Haghsheno, S. (2016). Three-level Method of Takt Planning and Takt Control – A New Approach For Designing Production System in Construction. Proceedings of the 24th Annual Conference of the International Group of Lean Construction. s.13-22. Saatavissa (Viitattu 10.11.2025): www.iglc.net
- East, W. (2015). Critical path method (CPM) tutor for construction planning and scheduling. Kirja. McGraw-Hill Education. New York.
- Erazo-Rondinel, A.A., Rivera-Nalvarte, C.C., Villar-Vasquez, J.A., Melgar-Morales, M.A. & Gimenez, Z. (2024). Respect for people and lean construction: good practices, benefits and barriers. Proceedings of the 32nd annual conference of the international group for lean construction. s. 1207-1218. Saatavissa (Viitattu 15.9.2025): <https://doi.org/10.24928/2024/0191>
- Frandsen, A., Seppänen, O. & Tommelein, I. (2015). Comparison between location based management and takt time planning. Proceedings of the 23rd annual conference of the international group for lean construction. s. 3-12. Saatavissa (Viitattu 1.12.2025): www.iglc.net
- Frandsen, A. (2019). Takt time planning as a work structuring method to improve construction work flow. UC Berkeley. Väitöskirja. Saatavissa (viitattu 2.12.2025): <https://escholarship.org/uc/item/6dp4n4fz>
- Griffiths, B. (2023). Industries lean manufacturing application. Lean transition solutions. Nettisivu. Saatavissa (Viitattu 12.12.2025): <https://leantransitionsolutions.com/Lean-Technology/industries-lean-manufacturing-application>
- Haghsheno, S., Binninger, M., Dlouhy, J., Sterlike, S. (2016). History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control. Proceedings of the 24th annual conference of the international group for lean construction. s. 53-62. Saatavissa (viitattu 20.9.2025): www.iglc.net
- Hakaste, H. (2009). Muuntojouston uusi tuleminen. Rakentajan kalenterin artikkeli. Rakennustieto Oy.
- Haraden, C. & Resar, R. (2004). Patient flow in hospitals: understanding and controlling it better. Frontiers of health services management. s. 3-15.

Howell, G. (1999). What is lean construction – 1999. 7th annual conference of the international group for lean construction. Saatavilla (Viitattu 10.10.2025): www.iglc.net

Hyvärinen, M., Suoninen, E. & Vuorinen, V. (2021). Haastattelut. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tietoarkisto. Saatavissa (Viitattu 27.11.2025): <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetaelmaopetus/kvali/laadullisen-tutkimuksen-aineistot/haastattelut/>

Häkkinen, T. & Ala-Kotila, P. (2019). Monikäyttöisyys ja muunneltavuus kestävässä rakentamisessa. VTT.

IPT4-RAIN3. (2023). Virtautus hankkeen suunnittelusta käyttöönottoon. IPT4 hanke. Työpaja. Helsinki.

Junnonen, J.M. & Kankainen, J. (2020). Rakennuttaminen. 6. Painos. Helsinki. Rakennustieto.

Keskiniva, K., Saari, A. & Junnonen, J.M. (2020). Takt planning in apartment building renovation projects. Artikkele. Construction innovation. Saatavilla (Viitattu 3.10.2025): <https://doi.org/10.3390/buildings10120226>

Keskiniva, K., Saari, A. & Junnonen, J.M. (2021). Takt production monitoring and control in apartment renovation projects. Artikkele. Construction innovation. Saatavilla (Viitattu 4.10.2025): <https://doi.org/10.3390/buildings11030092>

Keskiniva, K., Saari, A. & Junnonen, J.M. (2022). Suggestions for takt production subcontract clauses- a conceptual study. Artikkele. Construction innovation. Saatavilla (Viitattu 5.11.2025): <https://doi.org/10.1108/CI-09-2021-0176>

Keskiniva, K., Moradi, S., Junnonen, J.M., Sormunen, P. & Saari, A. (2023). Talotekniikan optimaalinen aikataulutus rakennushankkeessa. Talotekniikka 2030 TH3-hankkeen loppuraportti. Tampereen yliopisto.

Keskiniva, K., Sormunen, S. & Saari, A. (2024). TH5 Talotekniikkatoteutuksen uudet mallit – talotekniikkaohjattu rakentaminen. Tampereen yliopisto.

Keskiniva, K., Luoto, A., Sormunen, P. & Saari, A. (2025). Talotekniikka 2030-TH 10. Talotekniikan suunnittelun ohjaus. Tampereen yliopisto.

Karvonen, S., Eskola, M., Haukilahti, A. & Porkkala, T. (2020). Patient-flow analysis for planning a focused hospital layout: Tampere heart hospital case. Health environments research and design journal. s. 264-276. Saatavissa: (Viitattu 15.9.2025): <https://doi.org/10.1177/19375867221086199>

Koskela, L. (1997). Lean production in construction. Artikkele. Lean construction. s. 47-54.

Koskela, L., Howellt, G., Ballardt, G. & Tommelein, I. (2002). The foundations of lean construction. Kirjan luku.

Koskela, L. (2004). Making-do – the eighth category of waste. 12th annual conference of the international group for lean construction. Saatavilla: (Viitattu 10.10.2025): www.iglc.net

Kurvinen, A. (2023). Vaativan toimitilahankkeen luovutusprosessin ongelmien juurisyiden analysointi. Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.

LCI. (n.d.a). Tenets of lean. Lean Construction Institute. Verkkosivu. Saatavissa (Viitattu 16.10.2025): <https://leanconstruction.org/about/lean-tenets/>

LCI. (n.d.b). An introduction to lean construction. Lean construction institute. Verkkosivu. Viitattu 1.12.2025. Saatavissa: <https://leanconstruction.org/lean-topics/lean-construction/>

Lehtovaara, J., Mustonen, I., Peuronen, P., Seppänen, O., & Peltokorpi, A. (2019a). Implementing Takt Planning and Takt Control Into Residential Construction. Proceedings of the 27th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. s. 417–428. Saatavissa (Viitattu 15.11.2025): <https://doi.org/10.24928/2019/0118>

Lehtovaara, J., Seppänen, O. & Heinonen, A. (2019b). Building 2030 – Tahti suunnittelussa ja tuotannossa loppuraportti. Aalto Yliopisto.

Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P., Grönvall, M. (2021) How takt production contributes to construction production flow: A theoretical model. Artikkele. Construction management and economics. s. 73–95. Saatavissa (Viitattu 9.10.2025): <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1824295>

Lehtovaara, J. & Hartikainen, U. (2024). Tahtituotanto. Kirja. RIL ry.

Lehtovaara, J. Tommelein, I. & Seppänen, O. (2022). How a takt plan can fail: Applying failure modes and effects analysis in takt control. Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. s. 715–726. Saatavissa (Viitattu 28.11.2025): <https://doi.org/10.24928/2022/0182>

Liker, J. K. (2004). The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. McGraw-Hill.

Lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus. (2012). Sairaala-apteekin ja lääkekeskuksen toiminta. Määräys. Finlex

Maraqa, M., Spatari, S. & Sacks, R. (2023). Strategies for reducing construction waste using lean principles. Artikkele. Resources conservation & recycling advances.

Mossman, A.. (2018). What Is Lean Construction: Another Look - 2018. 26th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. s. 1240–1250. Saatavissa (Viitattu 30.11.2025): <https://doi.org/10.24928/2018/0309>

Mölsä, S. (2019). Onko tahtituotanto työmaalle riski? – 25 mestarin kokemukset kertovat joustavuudesta ja laadun paranemisesta. Artikkele. Rakennuslehti. Saatavissa (Viitattu 06.09.2025): <https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/onko-tahtituotanto-joustamaton-riskikokeilu-building-2030-testasi-asian-pilottiprojekteissa/>

Nevalainen, M. (2021). Rakennuttajan rooli ja tehtävät tahtituotantohankkeessa. Diplomityö. Aalto-yliopisto.

RT 07-11299. (2018). Sisäilmastoluokitus 2018. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RT 10-11222. (2016). Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen osapuolet. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RT 10-11223. (2016). Talonrakennushankkeen kulku. Toteutusmuodot. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RT 10-11224. (2016). Talonrakennushankkeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RT 10-11284. (2017). Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtävälueet HJR18. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RT 93-11232. (2016). Muuntojousto asuntosuunnittelussa. Tila- ja pääsuunnittelu. Helsinki. Rakennustieto Oy.

RT 96-10594. (1996). Terveyskeskukset ja terveysasemat. Helsinki. Rakennustieto Oy.

LIITE A: HAASTATTELURUNKO

Haastateltavan tausta:

1. Titteli hankkeessa?
2. Millä aikavälillä tahtituotannon näkökulmasta olet ollut hankkeessa mukana?
 - a. Tahtituotannon suunnittelu?
 - b. Tuotanto? 23–25
3. Rakennusalan kokemus vuosina?
4. Tahtituotannon kokemus vuosina?
5. Sairaalarakentamisen kokemus vuosina?
6. Määrittele tahtituotanto omin sanoin.

Suunnitteluvaihe (aikataulun laadinta):

1. Mitä vaatimuksia tilaaja on asettanut tahtituotannon käytölle hankkeessa?
2. Oliko jotain tiettyjä urakoita tai osa-alueita, joita oli erityisen hankala sijoittaa tahtiaikatauluun ja miten näiden kanssa meneteltiin?
3. Huomioitiinko urakoitsijoiden valinnassa aikaisempi tahtituotantokokemus?
 - Miten varmistettiin ”ensikertalaisten” tahtituotannon sisäistäminen?

Toteutusvaihe (tuotanto):

1. Miten tuotantoa seurattiin päivätasolla?
2. Mitä tahdin ohjauskeinoja hankkeessa käytettiin?
3. Miten jo aikataulun laadinnassa ilmenneet hankalat alueet, aiheuttivat ongelmatilanteita tuotannossa?
4. Kuinka ajoissa mahdolliset ongelmat huomattiin ja miten niihin lähdettiin hakemaan ratkaisuja?
5. Miten tahtiaikataulua muokattiin hankkeen aikana?
6. Nousiko esille joitain osa-alueita, jotka aiheuttivat hankaluuksia nimenomaan sairaalarakentamisen näkökulmasta?

Yhteistyö

1. Miten hankkeen eri osapuolet sitoutettiin tahtituotantoon, esim. sopimusten avulla?
2. Mitä yhteistoiminnallisia menettelyjä hankkeessa on hyödynnetty?
3. Oliko käytössä joitain sovelluksia, joissa eri urakoitsijat pystyivät ”kommunikoimaan” keskenään, tukien tahdissa pysymistä?

Soveltuvuus ja jatkokäyttö

1. Mitkä tekijät ovat mielestäsi kriittisimpiä onnistumisen kannalta?
2. Mihin osa-alueisiin sairaalarakentamisessa tahtituotanto mielestäsi parhaiten sopii ja mihin ei?
3. Miten tahtituotantoa tulisi mielestäsi soveltaa jatkossa erityisesti sairaalarakentamisessa?

Kehittäminen

1. Jos aloittaisit hankkeen nyt alusta, mitä tekisit toisin?
2. Mitä nostaisit nyt esille tahtituotannosta kohteen jälkeen, hyvät ja huonot asiat?