



Jani Palonen

Tahtituotanto korjausrakentamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

2.6.2025

Tiivistelmä

Tekijä: Jani Palonen
Otsikko: Tahtituotanto korjausrakentamisessa
Sivumäärä: 60 sivua
Aika: 2.6.2025

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka
Ammatillinen pääaine: Rakentamisen projektihallinta
Ohjaajat: Sami Vaso, Vastaava työnjohtaja
Mika Lindholm, Yliopettaja

Tahtituotanto on tuotu teollisuuden puolelta rakentamiseen. Tahtituotannolla tavoitellaan rakennushankkeen läpimenoajan lyhentämistä tehostamalla tuotantoprosessia. Rakentamisessa tahtituotanto näyttäytyy Lean-rakentamisena, jossa poistetaan hukkaa eli tuottamatonta työtä. Tahtituotannolla on löydetty rakentamiseen selkeitä hyötyjä, mutta sen soveltaminen rakennustyömaalla muuttuvien tekijöiden takia luo haasteita toteutukseen.

Opinnäytetyön tilaajana toimi Renevo Oy. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia tahtiaikatauluun vaikuttavia tekijöitä korjausrakennushankkeessa sekä miten tuotannon häiriöt vaikuttavat tahtiaikatauluun. Opinnäytetyössä tutkitaan ongelmakohtiin varautumista hankesuunnittelussa sekä etsitään ratkaisuja aikatauluviivästyksen toteutuksessa. Pyrkimyksenä oli tuottaa tietoa, miten viivästyksiä kohdattaessa aikataululliset haitat saadaan mahdollisimman vähäisiksi.

Tärkeänä osana tutkimustyötä on pääurakoisijan rooli tahtiaikataulun suunnittelussa ja laadinnassa. Työssä sivutaan tahtiaikataulun haasteita ja hyötyjä taloudellisesta näkökulmasta. Tutkimustyö toteutettiin etsimällä tietoa tuotannonohjauksesta ja tahtituotantoa käsittelevästä rakennusalan kirjallisuudesta sekä teemahaastatteluin. Työn lopussa haettiin ratkaisuja siihen, millaisilla toimilla aikataulunhallintaa voidaan parantaa ennakoimalla ja miten toimitaan aikatauluviivästyksien kohdalla.

Avainsanat: Tahtituotanto, korjausrakentaminen, tuotannonohjaus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Jani Palonen
Title: Takt Time Production in Renovation Project
Number of Pages: 60 pages
Date: 2 June 2025

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Civil Engineering
Professional Major: Project Management for Construction
Supervisors: Sami Vaso, Site manager
Mika Lindholm, Principal Lecturer

Takt production has been brought from industry to construction. The aim of takt production is to shorten the lead time of a construction project by making the production process more efficient. In construction, takt production is seen as Lean construction, which removes waste, i.e. unproductive work. Takt production has brought clear benefits for construction, but the application on the construction site creates challenges for implementation due to changing factors.

The thesis was commissioned by Renevo Oy. The purpose of this thesis was to investigate the factors affecting the takt schedule in a renovation project and how production disruptions affect the takt schedule. The thesis examines preparedness for problem areas in project planning and seeks solutions in the event of a schedule delay. The aim was to produce information on how to minimise scheduling inconveniences in the event of delays.

An important part of the study is the role of the main contractor in the planning and preparation of the takt schedule. The thesis touches on the challenges and benefits of takt schedules from a financial perspective. The project was carried out by searching for information in the construction literature regarding production management and takt production and by conducting thematic interviews. At the end of the study, solutions are sought for what kind of measures can be taken to improve schedule management by anticipating and how to act in the event of schedule delays.

Keywords: takt time production, renovation, project production control

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Tavoitteet	2
1.3	Tutkimusmenetelmät ja toteutus	2
2	Korjausrakentaminen	4
2.1	Korjausrakentamisen vaihtoehdot	4
2.2	Korjaustarpeen määrittely	5
2.3	Korjaustöiden haastavuus	7
3	Lean-rakentaminen	8
3.1	Kehityskulku	8
3.2	Lean-ajattelu	9
3.3	JIT ja JOT	10
3.4	Imu- ja työntöohjaus	10
3.5	Last Planner	11
4	Tahtituotanto	14
4.1	Tahtituotannon periaatteet	15
4.2	Tahtiaikataulun suunnittelu	16
4.2.1	Tahtiaikataulun valitseminen	17
4.2.2	Työtehtävien mitoitus	18
4.2.3	Häiriöihin varautuminen	20
4.2.4	Työvaiheiden järjestys	22
4.2.5	Logistiikka ja hankinnat	23
4.3	Tahtiaikataulun haasteet	26
4.3.1	Tahtiaikataulussa pysyminen	27
4.3.2	Olosuhteidenhallinta ja rakennevauriot	28
4.3.3	Ennakoimattomat viivästykset	29
4.3.4	Purkutyö	30
4.3.5	Mallityö ja laadunseuranta	31
5	Pääurakoitsijan keskeiset tehtävät tuotannossa	33

5.1	Työnsuunnittelu ja johtaminen	33
5.2	Tehtävien suunnittelu ja kustannukset	34
5.3	Suunnitelmien saaminen työmaalle	36
5.4	Toteuman seuranta tahtituotannossa	36
6	Tahtituotannon nykytila yrityksessä	37
6.1	Haastattelujen toteutus	37
6.2	Haastatteluiden kysymykset ja koonti	38
6.3	Haastatteluiden yhteenveto	49
6.3.1	Haasteet	49
6.3.2	Onnistumiset	50
6.3.3	Johtopäätökset haastatteluista	50
7	Johtopäätökset	53
7.1	Kehitysideat yritykselle	54
7.2	Jatkotutkimuksen aiheita	56
8	Yhteenveto	57
	Lähteet	59

Lyhenteet ja käsitteet

JIT:	Just In Time
JOT:	Juuri Oikeaan Tarpeeseen
Hukka:	Lisäarvoa tuottamaton prosessi
Last Planner	Tuotannonohjauksen menetelmä/ohjelma
Lean:	Tuotannonohjausmalli, jolla poistetaan turhaa resursien käyttöä
Mesta:	Työkohde
PTS:	Pitkän tähtäimen suunnitelma
Rakennuttaja:	Toimii rakennushankkeen toimeksiantaja, jolla on ratkaiseva päätösvalta
Resurssi:	Työresurssit eli työvoima
Tahti:	Yksittäisen tehtävän vaatima aika
Tahtialue:	Tahdin aikana suoritettava tehtäväkokonaisuus alueella
Tilaaja:	Rakennushankkeen tilauksen tehnyt taho
TTH:	Työntekijätunti
TTP:	Tehtävien toteutusprosentti
Varatyö:	Varatyötä on erillinen työ, jota tehdään alkuperäisen työvaiheen keskeytyessä

1 Johdanto

Opinnäytetyössä käsitellään tahtiaikataulussa pysymiseen vaikuttavia tekijöitä korjausrakentamisessa sekä miten tuotannon aikana ilmentyvät ongelmat vaikuttavat aikatauluun. Työn tavoitteena on tuottaa tietoa aikataulullisten haasteiden välttämiseksi hyvällä suunnittelulla ja miten tahtituotantoketjun häiriöt vaikuttavat tuotantoon. Työssä sivutaan aikatauluviivästyksen taloudellisia vaikutuksia.

1.1 Tausta

Korjausrakentamisessa lähtötietojen tarkkuus korostuu erityisesti tahtiaikataululla toimittaessa. Tahtiaikataulua käytettäessä pyritään tehostamaan tuotantoa, jolloin kireässä aikataulussa ei juurikaan ole varaa viivästyksille. Mikäli rakennushanketta lähdetään toteuttamaan tahtiaikataululla ja lähtötiedot osoittautuvat vääriksi, aiheuttaa tämä usein merkittävästi haasteita tuotannon etenemiseen.

Korjausrakentamisessa tahtiaikataulun laatiminen on haastavaa, sillä työn tarkkaa kestoa ei aina pystytä ennakoimaan. Lähtötietojen poikkeamisella todellisuudesta voi olla suuriakin vaikutuksia työvaiheiden suunniteltuun ajalliseen keston. Korjausrakentamisessa puutteellisten lähtötietojen vaikutuksia tulee huomioida myös riskien jakautumisessa pääurakoitsijan ja rakennuttajan välillä. Toimiakseen tahtiaikataulu edellyttää nopeita päätöksiä haasteita kohdattaessa, jolloin sujuva päätöksentekoprosessi korostuu korjausrakennushankkeessa.

Työ toteutetaan Renevo Oy:lle. Renevo on perustettu vuonna 2012 ja sen päätoimiala on rakennusalan urakointi, pääasiassa korjausrakentamista. Yritys kuuluu nykyisin osaksi Re:mount-konsernia. Renevo toteuttaa laajamittaisia peruskorjauksia, perusparannuksia sekä muuttokorjauksia. Renevo toteuttaa vuosittain useita erilaisia korjausrakennushankkeita tyypillisesti asuintalokohteissa, joissa on paljon toistuvaa työnsisältöä. Tahtiaikataulun selkeät hyödyt on tunnistettu yrityksessä ja tahtiaikataulun avulla on saatu rakennushankkeiden läpivientiaikaa lyhennettyä huomattavasti.

Renevo Oy toteuttaa vuosittain merkittävän osa korjausrakennushankkeita tahtiaikataululla. Tyypillisesti tahtiaikataulua käytetään asuntojen sisäpuoliset korjauksiin ja muut suuremmat kokonaisuudet, kuten julkisivut ja yleiset tilat tahtitetaan asuntotuotannon rinnalle. Tahtituotannolla toteutettavissa korjausrakennushankkeissa ilmenee erilaisia haasteita. Yleisimmin hankkeissa ilmenee eritasoisia poikkeamia suunnitellusta, joka aiheuttaa selvitystöiden myötä aikataulullista haastetta ja painetta.

1.2 Tavoitteet

Tavoitteena tuottaa tietoa, mitä huomioida tahtiaikataulua suunniteltaessa ja millaiset tekijät vaikuttavat tahtiaikataulun toteutukseen, jota tutkitaan tahtituotannon nykytilan selvittämisellä yrityksessä. Tavoitteena löytää keskeiset tekijät onnistuneen tahtiaikataulun suunnitteluun ja toteutukseen korjausrakennushankkeessa.

Opinnäytetyössä tutkitaan myös keskeisiä haasteita tahtiaikataululla toteutettavissa korjausrakennushankkeissa. Käsitellään tuotannonhäiriöihin varautumista rakennushankkeen aikataulua laadittaessa, jotta erilaiset häiriöt vaikuttaisivat aikataulullisesti mahdollisimman vähän. Lisäksi käsitellään miten tuotannon aikana ilmentyviä haasteita voidaan ennakoida sekä miten menetellä työvaiheen viivästyksien kohdalla.

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää Renevo Oy:n toimintaa omien rakennushankkeidensa hankesuunnittelussa ja toteutuksessa tahtiaikataululla, tutkimalla ja tuottamalla tietoa nykytilasta. Työssä perehdytään myös pääurakoitsijan keskeisiin tehtäviin tahtiaikataulun toteutuksen ohjaamisessa.

1.3 Tutkimusmenetelmät ja toteutus

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmiä ovat rakennusalan kirjallisuus sekä teema-haastattelut. Kirjallisessa tutkimusosiossa perehdytään tahtituotannon historiaan ja tällä saavutettuihin selkeisiin hyötyihin. Käsitellään

tahtiaikataulun suunnittelussa huomioitavia tekijöitä, sekä työmaan toteutuksen aikaisia haasteita ja näiden näyttäytymistä tahtituotannolla toteutettavassa rakennushankkeessa.

Tutkimustyö on toteutettu pääurakoitsijan näkökulmasta ja työssä on pyritty löytämään pääurakoitsijan keskeiset tehtävät aikatauluseurannan suorittamiseen ja tilannekuvan säilyttämiseen. Työssä tarkastellaan myös tahtiaikataulun taloudellista optimoimista sekä haasteiden aiheuttamia taloudellisia vaikutuksia korjausrakentamisen näkökulmasta.

Lopussa on tutkimustyön teemahaastattelujen koonti ja tutkimustyön yhteenveto. Teemahaastattelu toteutettiin yrityksessä aktiivisesti työskentelevien toimihenkilöiden kanssa. Haastattelujen pohjalta saatiin kattavasti tietoa keskeisistä onnistumisista ja ongelmakohdista. Haastatteluiden pohjalta löytyi tärkeitä havaintoja, joiden pohjalta laadittuja johtopäätöksiä voidaan hyödyntää tulevilla hankkeilla.

2 Korjausrakentaminen

2.1 Korjausrakentamisen vaihtoehdot

Yleisimpiä korjausrakentamisen töitä ovat linjasaneeraus, julkisivuremontti, vesikatton korjaus tai uusiminen sekä yhden laajemman korjaustyön suorittaminen, kuten esimerkiksi ikkunoiden uusiminen, tai kylpyhuoneen pintojen uusiminen. Kohteessa voidaan myös korjata vain yksittäisiä tiloja tai huoneistoja. Korjaushankkeen toteutukseen vaikuttaa merkittävästi korjaustyön sisältö, tämän laajuus ja vaikutukset rakennuksen käyttäjiin tai yleisimmin asukkaisiin. [3, s. 88.]

Korjausrakentamista voidaan tehdä monella eri korjausasteella. Lähtökohtaisesti rakennushankkeen tilaaja päättää rakennuksen korjausasteesta. Suuriksi korjausrakennushankkeiksi luokitellaan perinteisesti korjausasteen ylittäessä 50 prosenttia. Korjausasteen ollessa alle 50 prosenttia ovat korjaustyöt tyypillisesti pieniä tai vuosittaisia huoltotoimenpiteitä, lisäksi pienemmät vaipparakenteiden korjaukset voidaan luokitella vähäisiksi (kuva 1). Korjausasteen ollessa matala, tulee rakennuksen omistajan olla tietoinen rakenteiden kunnostuksen riskeistä. Rakenteiden kuntoa ja näiden korjaustarvetta arvioidaan kuntotutkimuksella yhdessä ammattitaitoisten suunnittelijoiden tai konsulttien kanssa. Laajalla kuntotutkimuksella usein saadaan kattavasti tietoa rakennuksen nykytilasta ja korjaustarpeista. Joidenkin rakenteiden kohdalla tarkkaa tietoa saadaan vain rakenneavauksilla, mikäli lähtötiedoissa on paljon puutteita. [12, s. 33; 13.]



Kuva 1. Havainnollistus korjaustöiden korjausasteen laajuudesta. [13.]

Korjaustarpeiden ja tilaajan tahtotilan mukaan määritetään korjauksien laajuus. Peruskorjauksella korjataan rakennus uutta vastaavaan kuntoon, jolla tavoitellaan rakennuksen elinkaaren pidentymistä merkittävästi. Perusparannus on peruskorjausta vähän keveämpi vaihtoehto, jossa tyypillisesti korjauksella parannetaan aikaisempaa laatutasoa ja toiminnallisuutta. Perusparannuksessa tyypillisesti keskitytään pintojen ja varusteiden uusimiseen, jolloin talotekniikkaa uusitaan rajoitetusti. [12, s. 33.]

Kokonaistilajärjestelykohteilla korjausaste on korkea. Tyypillisesti toteutetaan laajalti muutoksia tai korjauksia rakenteisiin ja tehdään laajasti LVIS- sekä perusparannustöitä. Töiden laajuuden takia kohteen käyttö samanaikaisesti ei yleensä ole mahdollista. Usein rakennuksen tai tämän osan ollessa pois käytöksen käytöstä on rakennusaika varsin lyhyt, jolloin yllätykset, kuten lisä- ja muutostyöt aiheuttavat häiriöherkkyyttä aikatauluun. Korjauskohteessa kuluu aikaa yleensä enemmän samankaltaisen työnsisällön toteuttamiseen, kuin uudiskohteessa. Korjauskohteessa lähes aina suoritetaan purkutyöt ja tehdään tarvittavat valmistelevat korjaukset ennen varsinaisen työn suorittamista. Usein vanhoissa rakennuksissa rakenteet voivat tuottaa haasteita suunnitellun työnsisällön toteuttamiseen. [3, s. 88.]

Vanhoja tiloja voidaan modernisoida ja näin parantaa tilan käytettävyyttä uusimalla rakennusosia tai tekniikkaa. Vanhaa rakennusta voidaan myös lisä rakentaa laajentamalla käytettävää tilaa esimerkiksi ullakolle, tai laajentaa rakennusta ulkopuolelle, luoden kokonaan uusi osa olemassa olevaan rakennukseen. Tyypillisesti kulttuurihistoriallisesti arvokkaita rakennuksia entisöidään restauroimalla, säilyttäen tai palauttaen rakennuksen alkuperäistä arkkitehtuuria. Vastavasti arvokasta tilaa voidaan konservoida säilyttäen olemassa olevaa rakennustekniikkaa. [12, s. 33.]

2.2 Korjaustarpeen määrittely

Rakennusten kuntoa seurataan kuntoarvioilla ja pitkän tähtäimen suunnitelmalla (PTS), joiden pohjalta kartoitetaan mahdollisia korjaustarpeita sekä niiden

kiireellisyyttä. Tyypillisesti ensimmäinen kuntoarvio tehdään rakennuksen ollessa kymmen vuotta vanha, jonka jälkeen viiden vuoden välein tai useammin. PTS laaditaan tyypillisesti yli kymmenen vuoden päähän, jolloin korjaustarpeita voidaan ennakoida ja suunnitella hyvissä ajoin. [11, s. 2.]

Kiinteistön ylläpitoon ja korjaustarpeiden arvioimista varten laaditaan huoltokirja. Huoltokirja laatiminen on pakollista uusille rakennuksille tai vanhoille pysyvään asumiseen tai työskentelyyn tarkoitetuille kiinteistöille, joissa tehdään rakennuslupaa edellyttäviä muutoksia. Huoltokirjaa voidaan lisätä laajasti erilaista tietoa rakentamisen tai korjausrakentamishankkeen ajalta. Huoltokirjan tietoja voidaan hyödyntää tulevien korjaustarpeiden suunnittelussa ja kilpailuttamisessa. Huoltokirjasta löytyy kiinteistöhuoltoa varten huoltokohteet, ohjeet ja suunniteltu käyttöikä. [11, s. 2–3.]

Korjaushistorian antaessa viitteitä korjaustarpeiden lisääntymisestä ja korjauskustannuksien lisääntymisestä vuosittain, voidaan kuntotutkimuksella arvioida perusparannuksen tulevaa toteutumisaikankohdtaa. Kuntotutkimuksen pohjalta saadaan tietoa korjauksien kiireellisyydestä ja arvioidaan rakennuksen korjaustarpeita. Korjauksien laajuuteen vaikuttaa rakennuksen omistajan tai omistajien strategia, korjataanko rakennusta säilyttävästi vai parantavasti. Jossakin tapauksissa korjauskustannuksien ollessa liian merkittävät voidaan tehdä päätös purkaa rakennus. [11, s. 2–3.]

Korjausrakentamisen keskeisiä eroja uudisrakentamiseen verrattuna ovat purku-, tuenta- ja vahvistustyöt. Tarve tilapäisille asennuksille ja rakenteille. Korjausasteen, eli korjausten laajuuden vaihtelut kohteissa. Lähtötiedot, rakenteiden kuntoa ei välttämättä tiedetä ennen purkutöitä. Työkohteet ovat ahtaita, erityisesti vanhaa pintaa laajalti säilytettäessä. Käyttäjien tarpeet, liikkuminen ja asukasmuutot kohteessa huomioitava. Tilakohtainen rakennusaika on lyhyt. Rakennuksessa asutaan tai työskennellään korjaustöiden aikana. [3, s. 88.]

2.3 Korjaustöiden haastavuus

Erilaiset korjaushankkeet voidaan jaotella vakio-, keskivaikea- tai haastaviksi kohteiksi. Vakiokohteissa on tyypillisesti valmiit suunnitelmat ja selkeä sisältö. Rakennus on tyhjä ja aikataulu riittävä. Runkorakenteisiin ei tehdä muutoksia ja työ on toistuvaa tyypillisesti pintaremonttia. LVIS-tekniikka pystyy laajalti ennallaan tai muutokset ovat pieniä ja selkeitä. Kokenut projektin toteutusorganisaatio ja rakennuttajan kanssa yhteistyö on toimivaa. [3, s. 88.]

Keskivaikeassa korjaushankkeessa tyypillisesti havaitaan suunnitelmapuutteita tai lähtötiedot ovat vajavaisia. Rakennus on käytössä kokonaan tai osittain, tyypillisesti asukkaat ovat paikalla tai heidän irtaimistonsa on asunnossa. Aikataulu on tiukka ja taloudellisesti merkittävä hanke, mahdollisesti urakkamuoto on myös erikoisempi. LVIS-tekniikkaa uusitaan laajemmin ja kohteen käyttötarkoitusta saatetaan muuttaa. Kohde on logistisesti hankala tai keskustakohde. [3, s. 88.]

Haastavassa rakennuskohteessa keskivaikean korjaushankkeen haasteet ovat laajempia tai vielä merkittävämpiä. Tyypillisesti laajempia rakennemuutoksia ja LVIS-tekniikka uusitaan kokonaan. Kohteen ollessa käytössä tehdään vaihteellaisia luovutuksia. Aikataulu erittäin tiukka ja resurssien kanssa haasteita. Suunnitelmat sisältävät paljon puutteita tai suunnitteluvastuu kuuluu urakoitsijalle. [3, s. 88.]

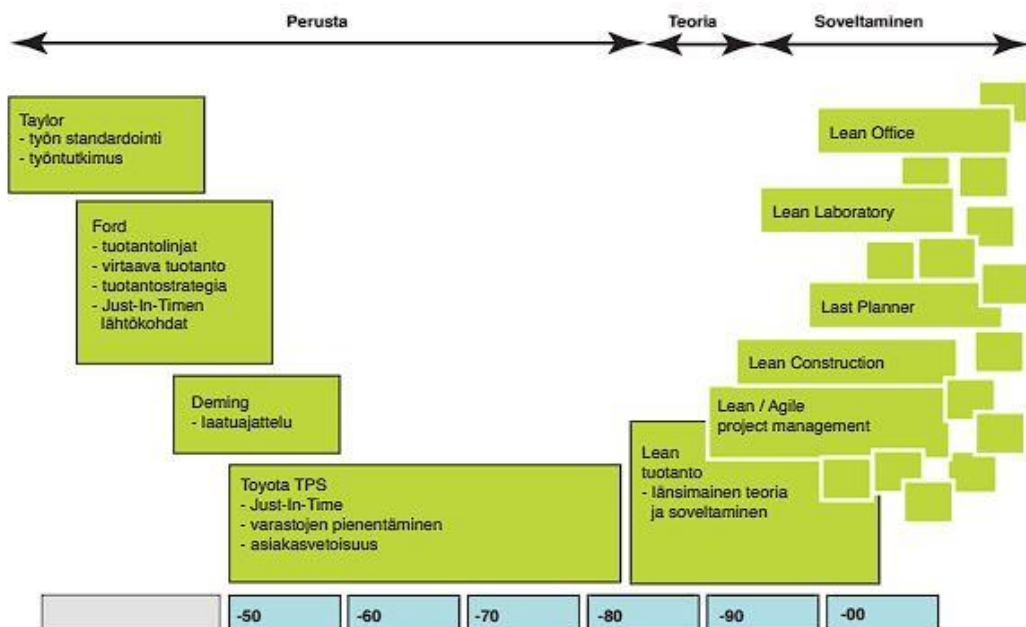
Korjaustöiden toteuttaminen sarjatuotantona usein edellyttää lohkojen olevan samanlaisia ja rakennusteknisesti toteutuskelpoisia. Esimerkki tyypillisestä lohokosta on asuinkerrostalon linjasaneeraus, jossa yksi tai useampi linja toteutetaan samanaikaisesti, jotta LVIS-järjestelmien asennus on mahdollista. Yksittäisen lohkon läpimenoaika on tyypillisesti kireä, jotta haitta käyttäjälle saadaan minimoitua. [3, s. 88–89.]

3 Lean-rakentaminen

3.1 Kehityskulku

Lean-rakentamisen kehityskulkua voidaan tarkastella eri näkökulmista. Teollinen vallankumous on ollut keskeisenä tekijänä tahtituotannon kehittymisen taustalla. Hiilikäyttöinen höyryvoima loi vallankumouksen mahdollistaen koneistetun ja automatisoidun tuotannon. Höyryvoiman käyttö on keskeinen tekijä massatuotannon taustalla, tehden yksittäisen työntekijän tehtävästä toistuvamman ja suppeamman tehostaen tuotantoa. [3, s. 7.]

Liukuhihnamenetelmä sai vauhtia teollisen vallankumouksen myötä 1900-luvun alkupuolella Henry Fordin kehittäessä autojen sarjatuotantoa (kuva 2). Ennen teollista vallankumousta työ oli pitkälti käsityötä pienessä mittakaavassa. Sarjatuotannosta yksittäisten työvaiheiden tehokkuudesta siirryttiin keskittymään tuotantoprosessien kehittämiseen. Tämän pohjalta syntyi JIT-filosofia (Just In Time), jossa keskeisenä tekijöiden osaamisen hyödyntäminen, tiimityöskentely ja laadun korostaminen. [3, s. 7.]



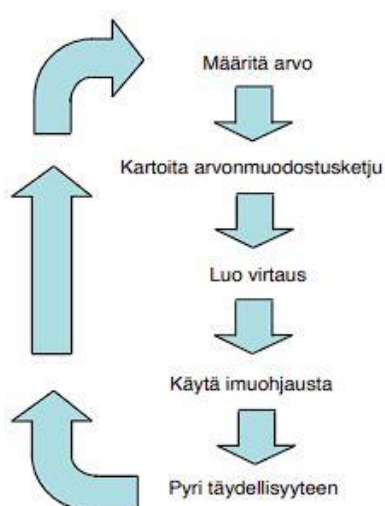
Kuva 2. Lean-ajattelun kehittymisestä. [3, s. 14.]

3.2 Lean-ajattelu

Lean-ajattelun taustalla on Toyotan luomaa filosofiaa tuotannon optimoimiseksi, joka kehittyi 1900-luvun loppupuoliskolla (kuva 2). Toyotan tuotantofilosofian taustalla TPS (Toyota Production System), jolla tähdätään JIT (Just In Time) tuotantoon. Lean-ajattelu on johtamistapa kannattavuuden ja tehokkuuden optimointiin. [3, s. 13.] Erilaiset tehtävät etenevät suunnitellusti systemaattisesti luoden toistoa ja virtauksen. Tekemisestä tulee ennakoitavaa samalla poistaen hukkaa. Samaiset periaatteet keskeisessä asemassa tahtituotantoa [14, s. 8.]

”Lean-ajattelu periaatteet ovat arvon määrittely, arvoketjun tunnistaminen, virtauksen luominen, imuohjaus ja täydellisyyteen pyrkiminen. Kun kierros on saatu päätökseen, aloitetaan se uudelleen. Pyrkimyksenä on siis kehittää toimintaa jatkuvasti (Kaizen).” [3, s.10.]

Tavoitteena on luoda tehokkaita tuotantoprosesseja, joilla saadaan luotua laadukas lopputulos minimoiden resurssien käyttöä (kuva 3). Ajatuksena tuottaa mahdollisimman paljon lisäarvoa asiakkaalle tuottavalla toiminnalla. Lean on jatkuvaa kehittämistä tehokkaiden tuotantoprosessien ja työkalujen löytämiseksi. Merkittävää arvoa tuo hukkan minimointi, jolla poistetaan kaikki ylimääräinen lisäarvoa tuottamaton toiminta. [3, s. 13.]



Kuva 3. Esitetty Lean-ajattelun keskeiset periaatteet. [3, s. 10.]

Lean-rakentamisessa sovelletaan Lean-ajattelun keskeisiä ajatuksia. Keskeisenä pyrkimyksenä minimoida hukka ja projektin ajallinen kesto, maksimoiden asiakkaalle tuotettu arvo. Tavoitteena minimoida ylimääräinen työaika, materiaali, energia ja ylipäättänsä eri resurssien tuhlaus. Rakentamisessa Lean-soveltamiseen liittyy erityispiirteitä, vaikka pohjimmiltaan se ei poikkea teollisuuden aloista. [3, s. 14.]

3.3 JIT ja JOT

JIT eli (engl. Just In Time) keskeinen Lean-ajattelun taustalla oleva tekijä, jossa materiaalit tuotetaan juuri niitä tarvittaessa ja juuri sinne missä niitä tarvitaan. Suomen kielessä puhutaan myös JOT eli Juuri Oikeaan Tarpeeseen. Menetelmässä materiaaleja siirretään ja valmistetaan vain tarpeeseen minimoiden turhia varastoja. JIT-toimituksissa materiaali tuodaan työmaalla juuria ajallaan työpisteelle, missä materiaali menee suoraan asennukseen. Tällöin työmaalla säilytetään vähemmän materiaalia luoden siistimmän työympäristön edistäen työturvallisuutta. Työmaalta saadaan ylimääräinen varastointi pois, millä vähennetään materiaalien vaurioitumista ja kosteudelle alttiita materiaaleja saadaan säilöttyä turvallisesti työmaan ulkopuolella. [2.]

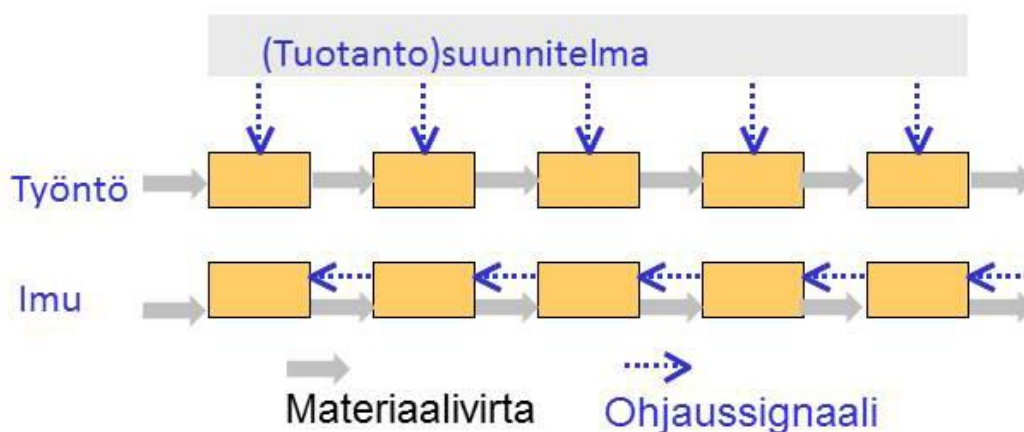
Tahtiaikataulun toteutus edellyttää materiaalin saantia työn kanssa samaan aikaan, jotta työvaihe pääsee alkamaan. JIT-toimitukset edellyttävät koko toimitusketjulta paljon. Toimitus on tapahduttava pienellä ennakolla tai materiaali tulee työn aloituksen kanssa samaan aikaan, riippuen työstä ja tähän tarvittavista materiaaleista. Materiaalitoimitusten tulee olla ajallaan, jotta työ pääsee etenevänsä ajallaan suunnitellusti. [2.]

3.4 Imu- ja työntöohjaus

Imuohjauksen onnistuminen edellyttää edellisen vaiheen tuottavan haluttu lopputulos, jotta seuraava vaihe voi käynnistyä suunnitellusti (kuva 4). Imuohjaus poistaa turhia varastoja, kun tehtävät tapahtuvat edellisen valmistuessa tai suunnitellusti. Onnistuessaan imuohjaus vähentää turhaa odotusta pienentäen

koko rakennushankkeen läpimenoaikaa [3, s.10]. Imuohjaus tapahtuu helpoiten materiaalitarpeen ollessa tasaista ja toimitusten ollessa nopeita ja täsmällisiä [2].

Työntöohjaus on imuohjauksen vastakohta (kuva 4), jossa aikataulu työntää työntekijät ja materiaalin työmaalle saaden tehtävät valmistumaan. Käytännössä seuraavaksi alkava työvaihe työntää edellisen valmistumista. Työntöohjauksen onnistuminen edellyttää kaikilta hyvää yhteistyötä ja kommunikointia [3, s. 14]. Käytännössä molempia periaatteita sovelletaan samanaikaisesti, jotta materiaalivirta pysyy tasaisena ja työt edistyvät ajallaan. Materiaalin pitkät toimitus- ja valmistusajat tekevät haasteita imuohjauksen toteutukseen [2].



Kuva 4. Imu- ja työntöohjaus esitetty kuvassa. [2.]

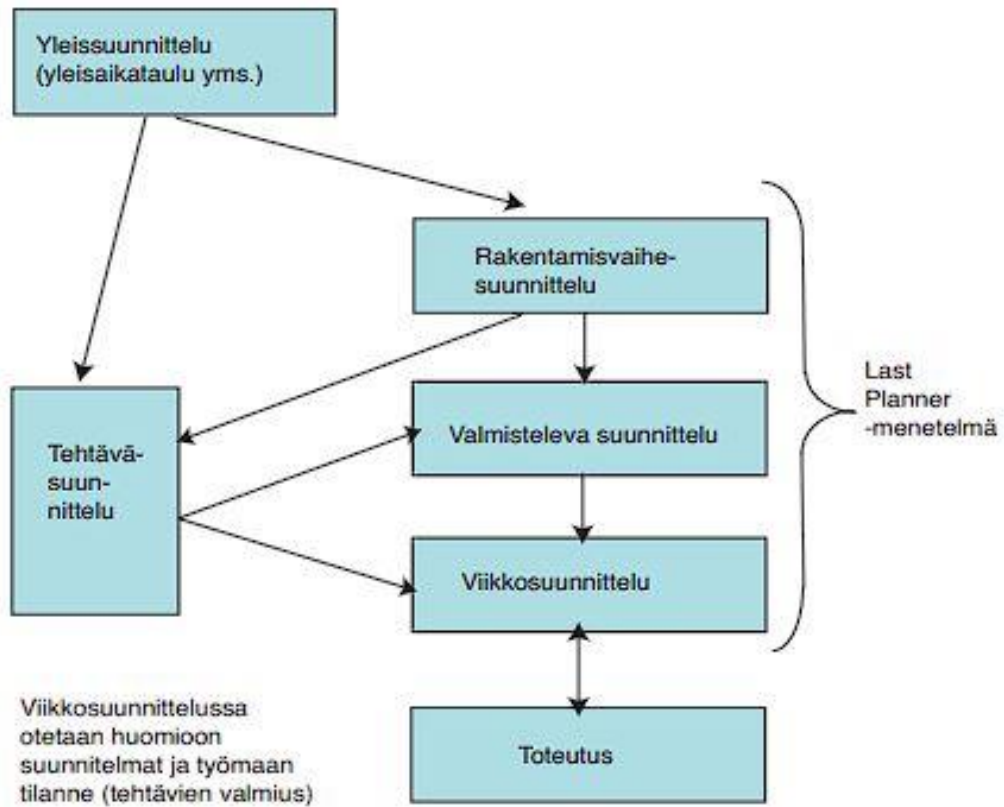
3.5 Last Planner

Last Plannerin ja tahtituotannon välillä on paljon samankaltaisuuksia, joita voidaan hyödyntää tahtituotannon tavoitteiden muodostamisessa [14, s. 19–20]. Last Plannerilla seurataan koko rakennushankkeen tuotannon etenemistä kokonaisuutena. Kaikkia tehtäviä tarkasteltaessa, myöskään vähäpätöiseltä vaikuttavat tehtävät eivät jää huomioimatta. Käytännössä kaikki tehtävät vaikuttavat osaltaan koko hankkeen onnistumiseen, joten kaikkien tehtävien samanaikainen seuranta on oleellista. Last Plannerilla seurataan töiden etenemistä ja

tulevien tehtävien aloitusvalmiutta. Aktiivista seuranta tekemällä mahdolliset haasteet ja ongelmat käyvät ilmi välittömästi. Uusien tehtävien aloitus tehdään vain, kun tiedetään tehtävän olevan toteutuskelpoinen. [3, s. 105.]

Last Plannerin tärkein tehtävä on seurata ja varmistaa tehtävien valmistumista aikataulussa. Mahdollisiin poikkeamiin reagointi onnistuu välittömästi ongelmien esiintyessä. Seurannan tavoitteena on ennakoida valmistelemalla ja viikkosuunnittelulla tehtävien aloitusten mahdollisuuksien arvioimista. Tehtävien aloituksen edellytyksiä tarkastellaan jatkuvasti viikoittain, jolloin aloitusvalmiuden tarkastelu ei jää aloitusajankohdalle ja näin pyritään välttymään viivästyksiltä. Tehtävien aikana ilmaantuvat ongelmat voivat keskeyttää suorittamisen kokonaan aiheuttaen aikataululle viivästyksen. Viivästykset tahti-aikataulussa usein vaikuttavat välittömästi seuraavien tehtävien aloittamiseen, jonka takia ennakointi ja aloituskelpoisuuksien seuranta on erityisen tärkeää. [3, s. 105.]

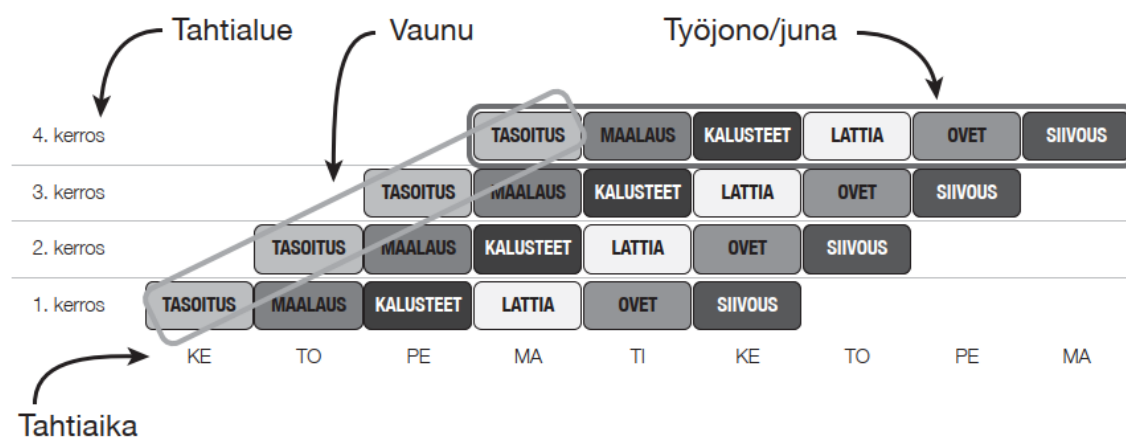
Last Planner on tärkeä tuotannosuunnittelun työkalu yleisaikataulun seurantaan (kuva 5). Seuranta pystytään tekemään huomattavasti tarkemmin aikataulua seurattaessa viikkotasolla päiväkohtaisesti. Työmaan tuotannon seurantaan saadaan täten huomattavasti tarkemmaksi ja aikataulun seuranta helpottuu. Last Planneriin on tärkeää kirjata mahdolliset välitavoitteet ja valmistumisaikankohdat, jolloin tuotantoa voidaan ohjata kyseisten tavoitteiden saavuttamiseksi. [3, s. 105–106.]



Kuva 5. Last Plannerin käyttö työmaan seurantaan. [3, s. 17.]

4.1 Tahtituotannon periaatteet

Tahtiaikataulussa tahtialueet tyypillisesti jaetaan siten, että tehtävien suorittamiseen tarvittavat tahtiaika olisi toisiaan vastaava. Menetelmän seurauksena työryhmä pääsee tehtävän valmistumisen myötä siirtymään seuraavaan tahtialueeseen saumattomasti (kuva 7). Tahtialue vapautuu seuraavalle työryhmälle luoden työjonon jokaiselle tahtialueelle. [6, s.36.]



Kuva 7. Esimerkki tahtituotannon periaatteesta ja termistöstä. [6, s.36.]

Tahtiaikataulun hyötyjä voidaan tarkistella rakennuttajan, urakoitsijan, työnjohdon ja asentajien näkökulmasta. Tahtituotannon ollessa järjestelmällistä, saadaan rakennushanke valmistumaan nopeammin, halvemmalla ja paremmalla laadulla. Läpimenoajan ollessa lyhyempi saadaan pääoma kiertämään nopeammin. Näin jokainen projektin osapuoli saa tahtiaikataulusta hyötyjä. [1.]

Laatu paranee pullonkaulojen systemaattisesta tunnistamisesta ja niiden syntyamisen ehkäisemisestä. Hyvällä suunnittelulla ja menetelmien vakioitumisella saadaan hankkeet tehtyä onnistuneesti ja saatuja oppeja voidaan hyödyntää tulevissa hankkeissa. Aikataulun ja menetelmien ollessa tiedossa, voidaan vähentää turhia puskureita säästämällä aikaa. [1.]

Urakoitsija pääsee eroon turhasta tuottamattomasta työstä, kun jokainen tahtialue on mitoitettu oikein, asennusryhmä pääsee tekemään tehokkaasti työtä. Työvoima voidaan aikataulun avulla aikatauluttaa tulemaan oikeaan aikaan

paikalle. Tahtiaikataulu pakottaa suunnittelemaan tuotantoa tarkemmin, jolloin voidaan ennakoida mahdollisia haasteita ja laatia ongelmakohtiin ratkaisuja etukäteen. Ongelmien ilmaantuessa on tehtävä nopeita ratkaisuja, jotka antavat työntekijöille mahdollisuudet jatkaa työvaihetta aikataulussa pysymiseksi. Tahti-tuotanto onnistuakseen edellyttää myös kuuntelemaan työntekijöitä, joilla on ongelmiin käytännön ratkaisuja, joiden avulla saadaan työt etenemään sujuvasti tahdissa pysyen. [1.]

Työnjohto kykenee seuraamaan tuotantoa systemaattisesti kaikkien toimiessa aikataulun mukaisesti. Hankinnat saadaan toimitettua ajallaan ja ennustettavasti aikataulun pohjalta. Tekemistä ei jätetä muistinvaraan, työvaiheiden etenemistä seurataan reaaliajassa aikataulusta. [1.]

4.2 Tahtiaikataulun suunnittelu

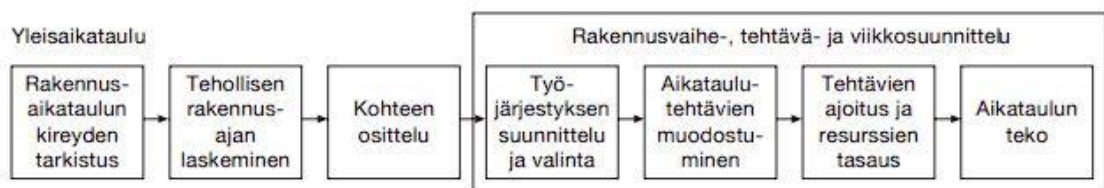
Onnistunut aikataulunsuunnittelu edellyttää realististen tavoitteiden asettamista ja tietoa eri työvaiheiden kestoista. Työvaiheiden ajallista menekkiä arvioidaan kokemusten, tehtyjen kohteiden ja alihankkijan ammattitaidolla. Hyvänä ajallisen keston arviointityökaluna toimii RT-kortistot, joista löytyy realistisia lähtötietoja ajallisesta työmenekistä (kuva 8). Yhteistyökumppanit osallistuvat aikataulun tekoon ja samalla heidät sitoutetaan tämän noudattamiseen. [6, s. 11.]

Toimiva aikataulu edellyttää monen eri tekijän huomioon ottamista samanaikaisesti. Aikataulutuksessa on huomioitava omien töiden ja aliurakoiden määrää. Aikataulu laaditaan käyttäen realistista työmenekkiä, joka pohjautuu työlle riittävään toteutusaikaan, huomioiden mahdolliset häiriöt. Työvaiheiden suunnittelussa huomioidaan olosuhteet, vuodenajat ja mahdolliset kuivumisajat. Eri työvaiheiden toteutus aikataulutetaan niin, ettei samanaikaisesti ole käynnissä samassa tilassa useita työvaiheita. [6, s. 12.]

Työnsuorittaminen tulisi olla riittävän ositeltua työn ohjauksen kannalta. Tulee myös varata riittävästi vapaita työkohteita työvaiheiden keskeisten riippuvuuksien varalta, jolloin resursointi voidaan pitää kohtuullisen tasaisena. Aikataulua

luodessa on hyvä olla riittävästi aikaa työn suunnitteluun ja suunnitelmien läpikäyntiin, millä voidaan luoda riittävät edellytykset seuraavan työvaiheen alkamiselle sekä tuotantoa pystytään valvomaan, kun työvaiheita ei ole samanaikaisesti käynnissä liian montaa. [6, s. 12.]

Aikataulusuunnittelu voidaan jakaa eri vaiheisiin. Vaiheiden keskinäinen järjestys ja merkitys ovat riippuvaisia hankkeen teknisestä vaikeudesta ja laajuudesta. Hankkeen kokonaiskesto määrittää tarvittavien resurssien määrää ja alirakointiasteen. [6, s. 12.]



Kuva 8. Havainnollistus ajallisen suunnittelun kulusta. [6, s. 12.]

4.2.1 Tahtiaikataulun valitseminen

Yleensä jo varhaisessa vaiheessa rakennushankkeen toteutuksen suunnittelua tehdään päätös tahtiaikataulun käyttämisestä. Tahtisuunnittelussa korostuu osaaminen ja ymmärrys yksittäisen työvaiheen työmenekistä. Halutaan tehdä Lean-rakentamista, kuitenkin samanaikaisesti tahtien tulee olla realistisia ja saavutettavissa. Tahtisuunnittelu edellyttää jo varhaisessa vaiheessa tekemään karkeaa tuotannon suunnittelua, tiedonkeruuta ja yhteistoiminnan tahtisuunnittelua. [6, s. 35–38.]

Tahtiaikataulussa korostuu työvaiheiden edellytyksien luonti. Tuotanto on oltava läpinäkyvää, jotta jokainen taho pysyy aikataulussa ja tekee oman tehtävänsä ajallaan. Suunnittelussa tulee huomioida riittävä aika tahdin toteuttamiseen, jotta tahtiaikataulussa pysytään isossa kuvassa. Tahtiaikataulussa pysyminen edellyttää eri osapuolten keskinäistä kommunikointia erityisesti haasteita kohdattaessa. [6, s. 35–38.]

4.2.2 Työtehtävien mitoitus

Rakennushankkeen varsinaisen rakennusajan määrittää rakennuttaja tarjouspyynnössään. Rakentamiseen varattu aika määrittyy monesta eri tekijästä ja rakennuttajan tahtotilasta [3, s. 64.]. Urakoitsija arvioi tarjouspyynnössä annettua rakennusaikaa ja sen toteutuskelpoisuutta. Apuna hankkeen toteutuskelpoisuuden määrittämisessä voidaan käyttää seuraavaa kaavaa normaalikeston määrittämiseen, joka antaa hankkeeseen kuluvaan ajan kuukausina [3, s. 66.].

Hankkeen normaalikesto:

Isoissa kohteissa (kokonaistyöntuntimäärä yli 10 000 tth) kaavalla

$$T_n = 4,6 \times \ln(\text{hankkeen kokonaistyöntuntimäärä}) - 35,0$$

Pienissä kohteissa (kokonaistyöntuntimäärä alle 10 000 tth) kaavalla

$$T_n = 1,8 \times \ln(\text{hankkeen kokonaistyöntuntimäärä}) - 9,3 \quad [3, \text{s. } 66].$$

Normaalikeston määrittämistä varten on laskettu koko hankkeeseen kuluvat työntuntimäärät. Hankkeeseen kuluvaan työntuntimäärän ollessa tiedossa, tarkistetaan rakennushankkeen normaalin kireystason ja rakennussuunnitelmien mukaista rakentamiseen varattua aikaa. Normaalikestosta on vähennetty kesälo-makuukaudet ja ennalta tiedossa olleet keskeytykset. Normaalikestoa verrataan tarjouspyynnössä annettuun aikaan, joka määrittää hankkeen kireyttä. [3, s. 66.]

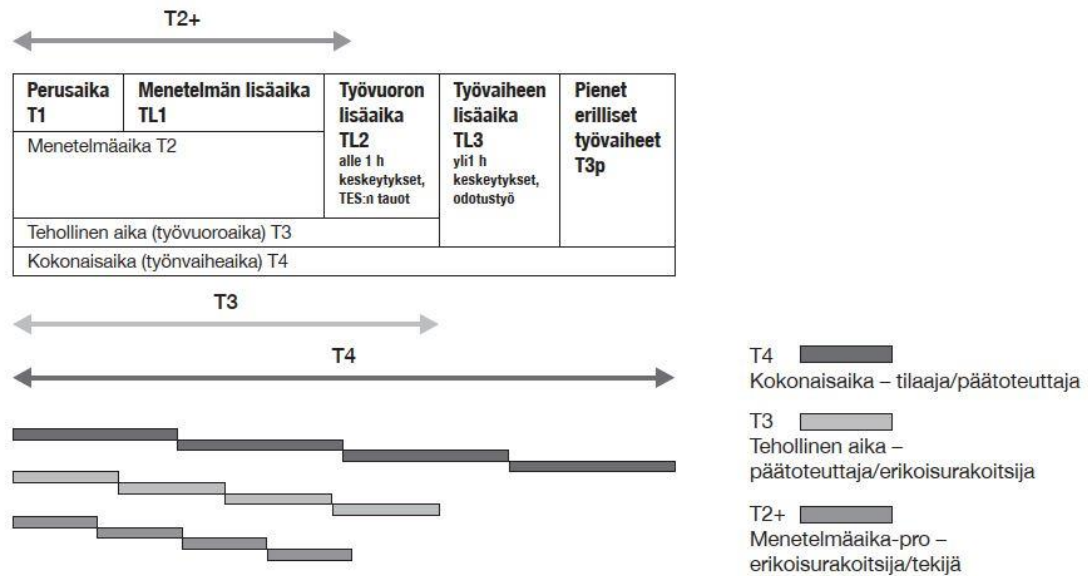
Kun koko rakennushankkeeseen vaadittava työpanos on tiedossa ja tämän ollessa kohtuullinen, suunnitellaan paljonko yksittäinen tehtävä tai työvaihe saa viedä aikaa. Eri tehtävien kestoja lasketaan kokemusten tai Ratu-kortistoista löytyvien työmenekkitietojen pohjalta. Aikataulua voidaan myös laatia urakoitsijoiden antamien tietojen pohjalta, jolloin urakoitsija sitoutuu tekemään työn ilmoittamassaan ajassa. [3, s. 78.]

$$\begin{aligned} \text{Työmenekki} &= \frac{\text{Työntekijätuntia}}{\text{Suoritemäärä}} \\ &[\text{tth/yks}] \\ \\ \text{Työryhmän} \\ \text{työmenekki} &= \sum (\text{Työntekijöiden} \\ &[\text{tth/yks}] \quad \text{työmenekki}) \\ \\ \text{Työsaavutus} &= \frac{1}{\text{Työmenekki}} \\ &[\text{yks/h}] \quad [\text{tth/yks}] \\ \\ \text{Työryhmän} \\ \text{työsaavutus} &= \frac{\text{Työryhmä} \times 8 \text{ tth/tv}}{\text{Työmenekki}} \\ &[\text{yks/tv}] \quad [\text{tth/yks}] \end{aligned}$$

Kuva 9. Laskentakaavoilla voidaan selvittää työryhmän työsaavutuksia. [3, s. 78.]

Työmenekki on työntekijän, työryhmän tai työkoneen kyseiseen työvaiheeseen tai yksikköön käyttämä aika (kuva 9). Työmenekki ilmoitetaan yksiköissä tth/yks, tth/m² tai h/m³. Työryhmä koostuu tyypillisesti ammattimiesten ryhmästä, jotka tekevät tahdistavaa työtä. Tehokkaaseen työhön tyypillisesti kuuluu tarvittavat apumiehet, jotta ammattilaiset voivat keskittyä työn suorittamiseen. Työsaavutuksella mitataan työryhmän aikaan saamaa valmista työtä, eli monta yksikköä saadaan valmiiksi tunnin aikana. [3, s. 78.]

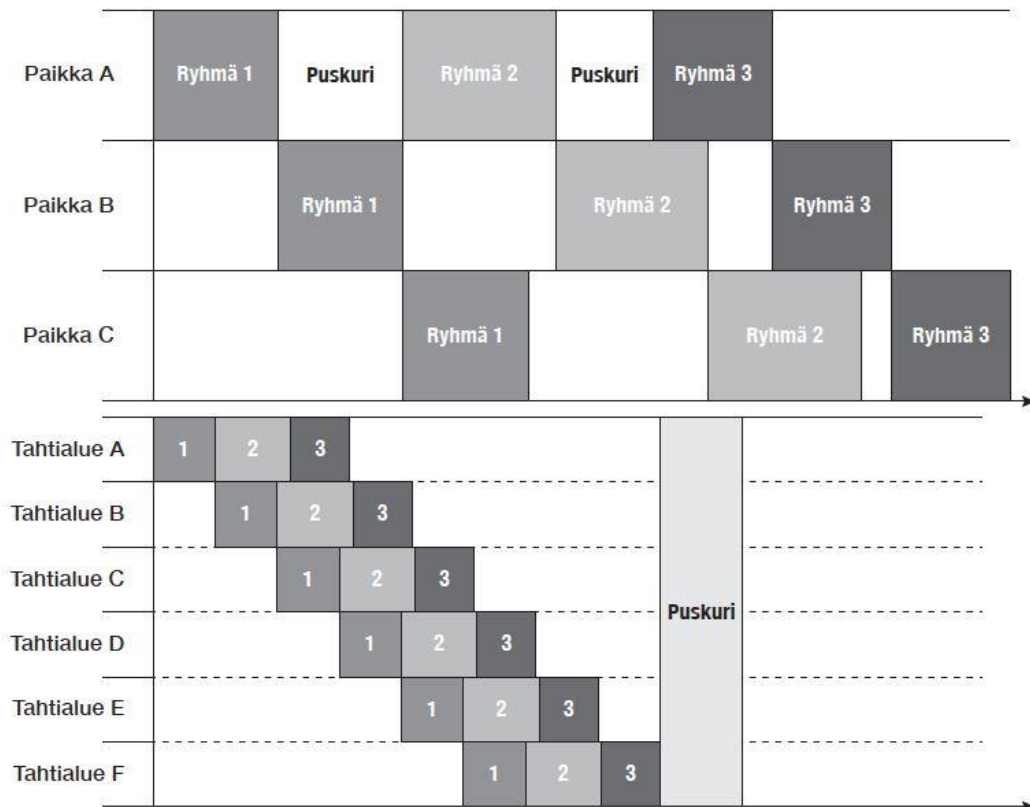
Tahtituotannossa yksittäisen tehtävän keston laskennalliseen määrittämiseen käytetään T2, eli työhön kuluva aika ilman häiriöitä. Tehtävien toteuttamiseen kuluvan ajan arviointiin voidaan käyttää Ratu T2+ -työmenekkitietoja, eli osaan ja ammattitaitoisen työvoiman menekkitietoja. Tehtäväsuunnittelussa tehtävien keston mukaan tulee huomioida lakisääteiset tauot, jolloin pidempikestoisempien tehtävien kohdalla työsuoritus lähestyy T3 (kuva 10). Tahtiaikataulu laaditaan tarkan työmenekin pohjalta, pyrkimyksenä minimoida mahdollisimman paljon hukkaa. [6, s. 33–37.]



Kuva 10. Työsuorituksen ajallisen menekin käsitteet. [6, s. 37.]

4.2.3 Häiriöihin varautuminen

Tahtiaikataulussa suunnitellaan tehtävien kesto käyttäen T2. Pyrkimyksenä minimoida hukka, jonka takia yksittäinen tehtävän suorittaminen varataan vain siihen kuluva aika ilman varoja. Tehtäväsuunnittelu on tavoitteellista, mutta sen tulee olla kuitenkin realistista lakisääteiset velvoitteet huomioituna. Tyypillisesti puskurit ovat jokaisen tehtävän jälkeen tai kaikkien tahtialueeseen kuuluvien tehtävien jälkeen (kuva 11). Tyypillisesti erityisen kireässä aikataulussa puskurit voi olla aikataulutettu esimerkiksi viikonlopuille tai muille lakisääteisille vapaa-päiville. [6, s. 36–37.]



Kuva 11. Puskureiden näyttäytyminen tahtiaikataulussa. [6, s. 37.]

Tahtituotannossa tehtävät tyypillisesti mitoitetaan kapasiteettipuskurin avulla hieman pidempikestoisemmaksi, jota teoriassa työnsuorittamiseen tarvitaan. Kapasiteettipuskurin avulla voidaan reagoita yllättäviin ongelmiin, vaihtoehtoisesti ylimääräinen aika voidaan käyttää esimerkiksi varamestalla, laadunvarmistamiseen tai seuraavan tehtävän valmisteluun, jolloin hukka saadaan poistettua. Kapasiteettipuskurin vuoksi voidaan tehtävien välillä jättää pienempi aikapuskuri, verrattuna perinteiseen aikataulutukseen. [14, s. 16–17.]

Sisävalmistusvaiheessa tyypillisesti löytyy enemmän varatyömestoja. Työkatoja ja häiriöitä tyypillisesti aiheuttaa esimerkiksi lomakausi, arkipyhät, sääolosuhteet, toimitusviiveet ja laitteiden rikkoutumiset. Kireässä aikataulussa häiriöihin varautuminen korostuu, jotta aikataulussa pysyminen onnistuu. Viivästykselle riskialttiiden tahdistavien työvaiheiden kohdalla tulee olla varattu riittävästi aikaa, jotta koko työmaan aikataulu ei viivästy ja työ saadaan valmistumaan sopimuksen mukaisesti. [3, s. 68.]

4.2.4 Työvaiheiden järjestys

Työjärjestystä suunniteltaessa tulee huomioida eri tehtävien keskinäiset riippuvuudet. Riippuvuudet eri tehtävien välillä pitkälti määräävät työjärjestyksen eri tehtäville. Riippuvuuksien löytäminen ja työjärjestyksen määrittäminen on kriittistä onnistuneessa tahtiaikataulussa. Riippuvuudet käyvät ilmi suunnitelmista, jossa kuvataan haluttu rakenne tai valmis lopputuotos. Lopputuotteen saavuttamista varten eri työvaiheet pilkotaan pienemmiksi tehtäviksi tarpeen mukaan. Eri tehtävien määrittämiseen ja järjestykseen tarvitaan työmaakokemusta ja ymmärrystä projektinsuunnittelusta. Eri työvaiheita määrittäessä on tärkeää olla selkeä kuva, miten ja missä järjestyksessä työ tullaan suorittamaan. [6, s. 21.]

Työjärjestystä määräävät loogiset riippuvuudet, jotka määrittävät työn onnistumista teknisesti. Tästä esimerkkinä valutyöt, jossa työjärjestys edellyttää ensin muottia tai valmista pohjaa, minne päästään asentamaan raudoitus sekä muu tekniikka. Seuraavaksi päästään betonoimaan ja betonin saavuttaessa riittävän lujuuden, päästään muotti vasta purkamaan. [6, s. 21.]

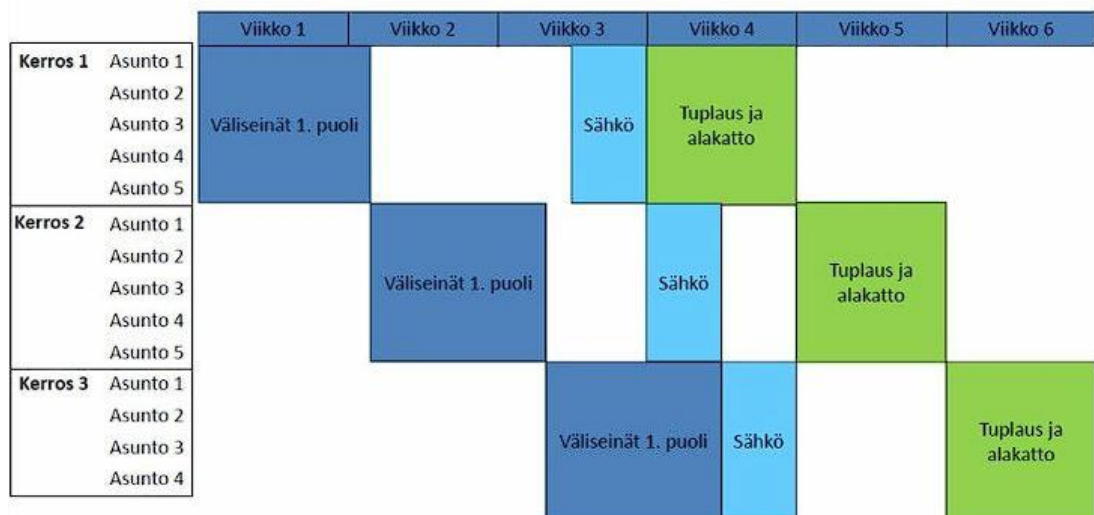
Tekniset riippuvuudet määrittyvät toteutusteknisistä syistä. Esimerkiksi töiden laajuuden takia sama työ voidaan joutua jakamaan alueisiin. Halutaan saada työsauma betonivaluun tai muurattavassa julkisivussa olevan liikuntasäuleen vaikuttaa kerralla tehtävän työn laajuuteen. [6, s. 21.]

Olosuhderiippuvuudet määrittävät eri työvaiheiden toteutusta seuraavien esimerkkien pohjalta. Sääolosuhteet ja vuodenajat, työmaajärjestelyt, sopimusteknisten asiat sekä muiden mahdollisten projektikohtaisien tekijöiden vaikutukset. Edellä mainitut määrittävät mistä ja miten työvaiheet voidaan aloittaa projektissa. [6, s. 21.]

Resurssiriippuvuuksissa tarkastellaan resurssien liikettä eri tehtävien välillä. Projektikohtaisesti eri työvaiheeseen siirtyminen voi aiheuttaa viivästyksen seuraavan tehtävän aloitukselle. Mikäli työryhmiä on käytössä useampia ja olosuhteet sallivat, voidaan muita työvaiheita edistää samanaikaisesti. Esimerkkinä nosturinkäyttö työmaalla. Mikäli työmaalla on ainoastaan yksi nosturi, pystyy

tämä yleensä palvelemaan yhtä asennusryhmää kerrallaan, jolloin asennusryhmän lisääminen ei ole kannattavaa. [6, s. 21.]

Työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet näyttäytyvät työmaalla eritavoin. Joitakin työvaiheita voidaan aloittaa edellisen ollessa kesken, esimerkiksi suurissa valutoissa voidaan muotteja valmistaa raudoitustyötä edellä tai näitä joudutaan työt teknisistä syistä tekemään samanaikaisesti. Hyvä esimerkki työvaiheiden keskinäisistä riippuvuuksista on kevyiden väliseinien teko, joissa tyypillisesti tehdään toinen puoli seinästä ensi valmiiksi, jonka jälkeen asennetaan tarvittava tekniikka seinän sisälle ja viimeiseksi seinä ummistetaan (Kuva 12). Tässä tilanteessa tyypillisesti väliseinien teko vaiheistetaan seuraavasti rungontekoon, tekniikka-asennuksiin ja väliseinän ummistukseen. [6, s. 22.]



Kuva 12. Työvaiheiden keskinäiset riippuvuudet. [4.]

4.2.5 Logistiikka ja hankinnat

Tahtiaikataulussa onnistuminen usein vaatii logistista tarkkuutta. Materiaali toimitukset tapahtuvat JIT-toimituksina, jolloin materiaalia saadaan oikea määrä oikeaan paikkaan sitä tarvittaessa. Materiaalivirtaa voidaan ohjata työntöohjauksella, jolloin materiaali toimitetaan kohteeseen tahtiaikataulun mukaisesti.

Vaihtoehtoisesti alkavan työvaiheen tarpeisiin imuohjauksena signaalin avulla (kuva 4). [2; 8, s. 13–14.]

Rakennushankkeet ovat tyypillisesti uniikkeja ja näissä on monta eri toimijaa. Projekteissa on tyypillisesti paljon vaihtelua, jolloin lyhyempää läpivientiä tavoiteltaessa tulee valtaosa logistiikasta tapahtua prosessimaisesti. Haasteen tuo jatkuvasti muuttuva työympäristö, joka tekee työmaan ympäristöstä vaihtelevan vaikuttaen osaltaan logistiseen toimintaan. Muuttuva työympäristö saa aikaiseksi työmaalogistiikalle jatkuvasti uusia turvallisuusriskejä. [8, s. 11.]

Usein työmaalla sisätiloissa on rajallisesti varastointitilaa, kun taas rakennuksen ulkopuolella on yleensä enemmän tilaa varastoinnille. Rakennuksen ulkopuolelle varastoitaessa tulee huomioida säärasitukselle alttiit rakennusmateriaalit, joita moni sisärakennusvaiheiden materiaalista on. Säärasitukselle alttiit rakennusmateriaalit usein joudutaan viemään välittömästi suojaan tai työkohteeseen asennettavaksi. Mikäli materiaalisen toimituserät ovat suuria, voidaan näitä joutua pilkkomaan toimituseriin ja välivarastoimaan materiaaleja. [8, s. 12.]

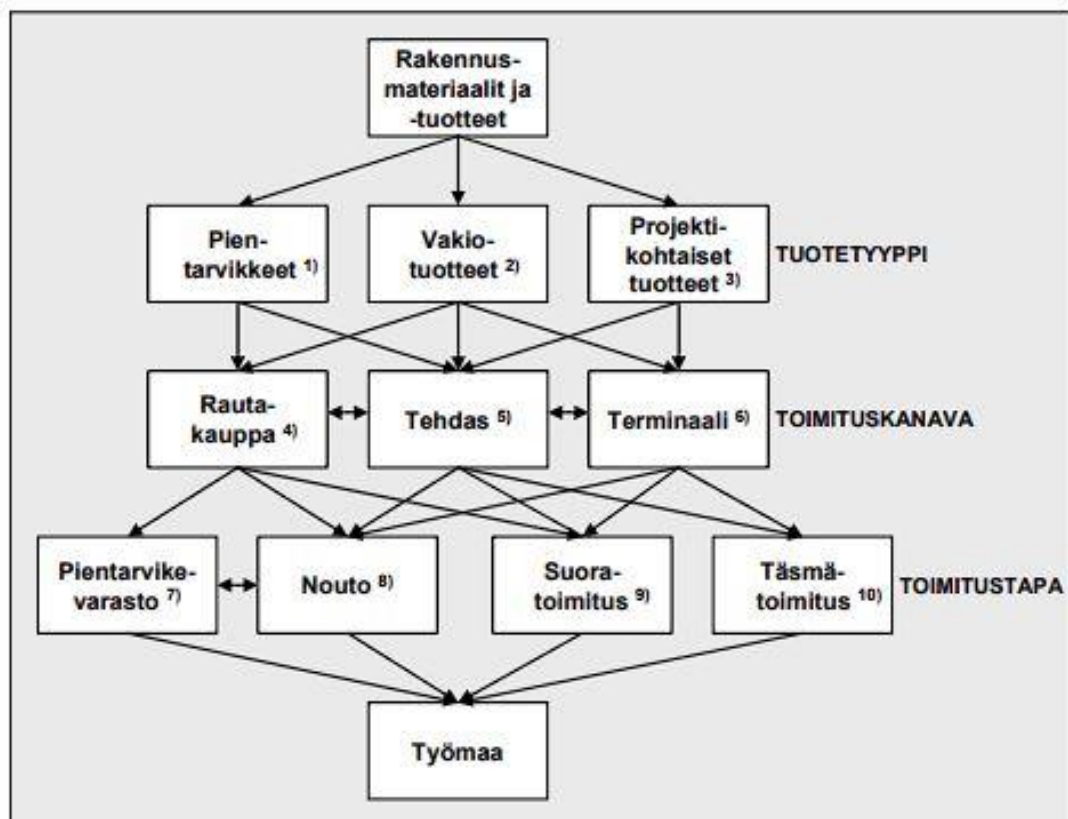
Välivarastoituja rakennusmateriaaleja voidaan toimittaa isojakin eriä, huomioiden logistiikkakumppanin toimitusmahdollisuudet. Työmaan logistiikkakumppanin avulla työmaan ulkopuolelle varastoidut materiaalit pysyvät turvassa ja poissa työmaalta viemästä turhaa tilaa. Välivarastosta materiaalit saadaan tilattua vasta silloin kun niitä tarvitaan asennukseen. Lisäksi materiaalin toimituksen viivästymisiltä vältytään, kun materiaalit ovat valmiiksi jo varastossa. [8, s. 12.]

Tahtitaikataulun ollessa kireä korostuu materiaalien pienempien erien toimitus, jolloin materiaalivirta on suurempaa. Mitä useampi työvaihe on samanaikaisesti käynnissä, tarvitsee toimituserät pilkkoa pienemmiksi, jotta työmaalle ei tule varastoitavaksi liikaa eri materiaaleja. Eräkokojen ollessa pienempiä korostuu logistinen toimitusvarmuus. [8, s.12–13.]

Materiaalinen toimitus riippuu tahtialueen laajuudesta ja nopeudesta. Materiaaleja voidaan toimittaa asunnoittain, kerroksittain tai porrashuoneittain aikataulutuksen mukaan. Isotkin toimituserät voidaan pilkkoa työkohteen suuruiseksi

paketeiksi, jolloin materiaalia saadaan oikea määrä oikeaan paikkaan. Onnistuneesti pilkotut toimitukset tukevat parhaimmillaan tahtituotantoa, kun tavara saadaan asennukseen juuri ajallaan. [8, s. 13.]

Rakennushankkeissa yleisimmin hankinnat ovat omia, aliurakoihin sisällytettyjä tai tuotesakauppoja. Hankintamenettelyyn vaikuttaa tilaajan vaatimukset, rakennuskohde, hankintapolitiikka sekä yleinen markkinatilanne. Vaikka osa hankinnoista on sisällytetty aliurakoihin, tulee pääurakoitsijan seurata hankintojen toteutumista ja osallistua toimitusten suunnitteluun. [9, s. 5.]



Kuva 13. Erityyppisten materiaalihankintojen reitti työmaalle on tyypillisesti toisistaan poikkeava. [9, s. 5.]

Pientarvikkeet ovat tavanomaisia kohteesta riippumattomia tarvikkeita, joita noudetaan rautakaupasta, tehtaalta tai työmaalle hankitusta pientarvikevarastosta (kuva 13). Tyypillisiä pientarvikkeita ovat esimerkiksi kiinnikkeet,

suojaustarvikkeet, työkalut ja näiden tarvikkeet. Näitä hankintoja ei tyypillisesti tarvitse erikseen huomioida aikataulussa. [9, s. 6.]

Vakiotuotteet ovat eri valmistajien yleiseen tuotevalikoimaan kuuluvia materiaaleja, joiden saatavuus on yleisesti hyvä. Vakiotuotteita käytetään työmaasta riippumatta samaisiin käyttötarkoituksiin. Vakiotuotteita hankitaan rautakaupoista, tehtaalta, maahantuojalta ja tukkuliikkeistä. Osa materiaaleista löytyy suoraan toimittajien varastosta, kun taas osa valmistetaan tilauksesta määrän ollessa riittävän suuri (kuva 13). Tyypillisesti rakennusliikkeet tekevät tavarantoimittajien kanssa kausi- tai vuosisopimuksia, joilla sovitaan ennalta tuotteiden hinta ja turvataan saatavuus. Tyypillisesti vakiotuotteita saadaan hankittua helposti, kuitenkin suurien määrien kohdalla on syytä sopia toimituksesta etukäteen toimittajan kanssa. [9, s. 6.]

Projektikohtaiset tuotteet valmistetaan ja suunnitellaan kohdekohtaisesti rakennuskohteeseen. Tyypillisesti kohdekohtaiset tuotteet vaativat tiivistä yhteistyötä urakoitsijoiden, toimittajien ja suunnittelijoiden välillä. Näillä hankinnoilla voi olla pitkiäkin toimitusaikoja, jolloin hankinta on syytä aloittaa jo varhain projektin suunnitteluvaiheessa. Projektikohtaisia tuotteita ovat tyypillisesti elementit, ikkunat, kalusteet sekä muut kohteessa käytettävät uniikit materiaalit. [9, s. 7.]

4.3 Tahtiaikataulun haasteet

Onnistunut tahtituotantotyömaa vaatii kokemusta, hyvää perehtymistä hankkeeseen sekä perehdyttämistä tahtiaikatauluun hankkeessa onnistumiseksi. Ongelmakohdat vaativat usein hyvinkin nopeita ratkaisuja ja päätöksiä, jotta tahtijunasta ei jäädä. Tuotanto tulee olla hyvin aikataulutettu ja suunniteltu, jotta resurssit tulevat oikeaan aikaan paikan päälle. [4.]

Päätoteuttajan tulee seurata aliurakoitsijoiden toimintaa jatkuvasti. Päivittäinen seuranta ja päivittäisjohtaminen ovat kriittistä tahdissa pysymisen kannalta. Päivänkin viivästys tarkoittaa heti seuraavien työvaiheen myöhästymistä.

Aliurakoitsijan tulee tietää millä resursseilla työ saadaan suoritettua aikataulussa, tai mahdollisten esteiden kohdalla olla valmiina lisäämään resursseja. [4.]

Puskureiden optimointi on tärkeää. Turhat puskurit maksavat aikaa ja resursseja, kun taas liian vähäiset puskurit voivat vaarantaa aikataulun. Puskureita minimoitaessa on syytä miettiä, miten toimitaan haasteita kohdatessa. Tiukassa aikataulussa viivästykseltä on saatava korjattua heti, tai koko tahtijunaa joudutaan mahdollisesti pysäyttämään. [4.]

4.3.1 Tahtiaikataulussa pysyminen

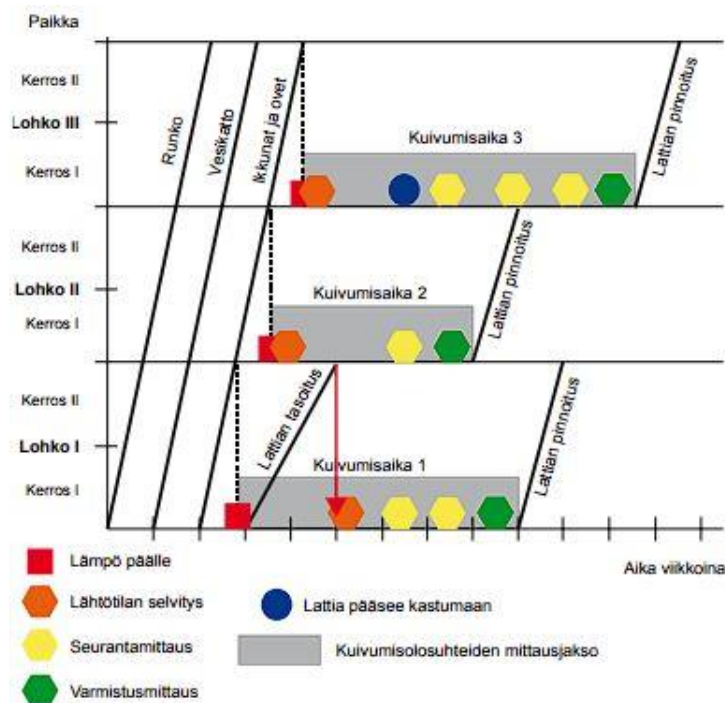
Tahtiaikataulussa pysyminen tarvitsee koko projektin organisaation tiivistä yhteistyötä. Vaikka työmaalla yhteistyö sujuu, tarvitaan suunnittelijoilta ja tilaajalta sitoutumista ja nopeita vastauksia haasteisiin. Työmaalla ongelma voi ilmetä uuden työvaiheen ensimmäistä tahtia tehdessä, jolloin ratkaisun tai suunnitelman tarvitaan usein hyvinkin nopeasti. Mikäli ongelmaa ei saada ratkaisua tahdin aikana, aiheuttaa tämä heti viivästyksen seuraaville tahteille. [4.]

Ongelmakohtien ilmaantuessa tarvitsee työmaa usein ratkaisun suunnittelijoilta nopeasti. Suunnitelmamuutokset voivat laajuuden mukaan vaikuttaa aikatauluun merkittävästi, mikäli joudutaan muuttamaan aikaisemmin tehtyjä asennuksia. Tahtiaikataululla tehtäessä tulee muutokset miettiä tarkkaan mahdollisimman pienillä aikataulullisilla haitoilla. Suuret muutokset ja aikatauluviiveet usein aiheuttavat kustannuksia urakoitsijoille ja tilaajalle katkaistessaan tuotannon. [4.]

Tilaajan tulee olla tietoinen millaisia vaikutuksia päätösten hitaudella voi olla työmaahan. Hyvän projektijohtajan tulee vaiheistaa päätöksenteko tilaajalle, selostaen päätöksen aikataulu- ja kustannusvaikutukset, mikäli päätöstä ei saada tarpeeksi ajoissa. Isoilla muutoksilla voi olla merkittäviä vaikutuksia työmaan toteutukseen aikataulullisesti. [4.]

4.3.2 Olosuhteidenhallinta ja rakenneauriot

Mahdolliset ennalta tiedossa olevat viiveet kuten betonin kuivumisajat, tulee olla huomioitu kokonaisuuden kannalta, sillä ne vaikuttavat tulevien työvaiheiden aloitukseen. Olosuhteidenhallinta on tärkeä osa aikataulussa pysymistä. Työmaan olosuhteisiin vaikuttaa vuodenajat ja eri töistä syntyvä kosteus. Hyvällä olosuhteidenhallinnalla voidaan pitää kuivumisajat suunniteltuina, kun taas huonoilla olosuhteilla tai vahingoilla kuivumisaika voi pidentyä merkittävästi haitaten tulevien työvaiheiden aloittamista (kuva 14). Rakenteiden kuivattaminen on aina hitaampaa kuin suojaaminen. [7, s. 10–11.]



Kuva 14. Mittauksilla seurataan kuivumisaikoja. Kuivumisaika usein pitenee lattian kastuessa aiheuttaen viivettä seuraavan työvaiheen aloitukseen. [7, s. 10.]

Aikataulussa huomioidaan erilaisen rakenteiden kuivumisajat ja päällystettävyyksvaatimukset. Rakenteiden kuivumisaika määrittää seuraavan tehtävän aloitusajankohdan. Mikäli rakenteiden kuivumisaika osoittautuu suunniteltua pidemmäksi, voidaan muuttaa käytettäviä pintamateriaaleja kosteutta läpäiseviksi tai muuttaa menetelmää. Kuivumisaika-arvio on aina teoreettinen ja riippuvainen

olosuhteista. Arvio antaa kuitenkin suuntaa milloin kosteuden mittaaminen on kannattavaa suorittaa. [15, s. 10.]

Mikäli rakenteissa havaitaan kosteutta, kartoitetaan vaurion syy tekemällä tarvittavat rakenneavaukset. Jos rakenteissa ei havaita mikrobivaurioita, suoritetaan kuivaus ja tarvittaessa uusitaan vaurioituneet rakenteet. Mikrobivaurioituneet rakenteet lähtökohtaisesti poistetaan kokonaan, siten että kaikki kostunut ja vaurioitunut rakenne on poistettu. Kosteus- tai mikrobivaurioituneiden rakenteiden korjaustyö vaikuttaa aikatauluun ja mahdollisesti käytettäviin materiaaleihin. Kuivaus- tai korjaustyö on aina tapauskohtainen, jolloin aikataulullisia vaikutuksia on haastavaa arvioida ennalta. [16, s. 55–57.]

4.3.3 Ennakoimattomat viivästykset

Työvaiheiden toteutuksen aikana ilmentyviä mahdollisia viiveitä tulisi ennakoivasti kartoittaa etukäteen mahdollisimman huolellisesti tahtiaikataulua laadittaessa, hankkeen tuotannonsuunnittelun yhteydessä. Mahdollisia ongelmia kartoittaessa analysoidaan ongelman havaitsemista, ehkäisyä ja toimintaa ongelman toteutuessa. Oleellista on olla suunnitelma ongelmasta syntyvien haittojen varalle. [6, s. 44.]

Ongelman aiheuttaessa esteen työvaiheen suorittamiselle, tulee selvittää työvaiheen tahdistava vaikutus seuraavaan. Mikäli seuraavan työvaiheen alkamiseen on aikaa tai tämä ei tahdistaa viivästyvää työvaihetta, voidaan työvaiheita rytmittää eri tavalla. Rytmittämällä työryhmä toiseen tehtävään saadaan tällöin aikaa ongelman ratkaisuun. [6, s. 23.]

Rytmityksen tarkoituksena on tehdä työstä jatkuvaa, siirtämällä työryhmä toisen tehtävän pariin aiheuttamatta odotusta. Rytmitystä voidaan tehdä työvaiheiden aloitusten siirrolla tai vaihtamalla tehtävien järjestystä. Vaikuttamalla työryhmän suuruuteen tehostaen tai hidastaen asennuksen nopeutta. Työryhmille voidaan järjestää tehtävän ulkopuolelle ei-tahdistava varatyö. [6, s. 23.]

Poikkeamia kohdattaessa määrätään korjaaville toimenpiteille aikataulu ja vastuuhenkilöt. Poikkeamien havaittaessa on tärkeää tiedottaa ja ohjata työmaalla toimivia urakoitsijoita suoraan työmaalla. Lisäksi mahdollisessa viikkopalaverissa neuvotella toimenpiteistä sekä vaikutuksista. [6, s. 44.]

4.3.4 Purkutyö

Purkutyö on projektin kriittinen vaihe, joka luo edellytykset rakennustöiden aloitukselle. Tyypillisesti purkutyöt alkavat heti työmaan perustamisen yhteydessä ja rakennuksen käyttäjän poistuttua kohteesta. Mikäli kohdetta ei ole päästy kartoittamaan kattavasti, ovat suunnitelmat purkuvaiheessa vielä vaillinaiset. Purkutöiden edetessä saadaan tietoa rakennuksen tilasta ja rakenteista, jotka voivat välillä tuoda suuriakin suunnitelmamuutoksia vaikuttaen työnsuorittamisen keston ja siten aikatauluun. [10, s. 11.]

Koko hankkeen aikataulun ollessa kireä korostuu kattavien lähtötietojen ja tarvittavien rakenneavauksien teko. Kartoittamalla rakennus hyvin ennen projektin alkua, saadaan arvokasta tietoa, jolla voidaan varmistaa aikataulussa pysymistä. Useasti rakenteiden todellista kuntoa ei näe tekemättä rakenneavausta ensin. Rakenteiden kunnan ollessa oletettua huonompi, aiheuttaa tämä lisätöitä suunnittelijoille sekä purku-urakoitsijalle. Suunnitelmien poiketessa suuresti voi tämä aiheuttaa työn keskeytyksiä ja tarpeen suorittaa lisäselvityksiä. Työn keskeytys helposti aiheuttaa aikatauluviivettä, joka voi vaikuttaa muiden töiden aloitukseen. [10, s. 11–12.]

Lähtötietojen ollessa puutteelliset vaatii purkutyö edetäkseen nopeitakin päätöksiä korjausrakennushankkeessa. Mahdolliset poikkeamat suunnitelmiin voivat olla laajojakin, vaikuttaen jälleenrakennukseen, jolloin työvaiheiden sisältö ja työmäärä voi muuttua merkittävästi. Usein rakennustyöt alkavat piankin purkuvaiheen jälkeen, jolloin suunnitelmamuutoksilla ja päätöksillä on kiire. [10, s. 11.]

Vanhoissa rakennuksissa tilaajan tekemä haitta-ainekartoitus on syytä olla mahdollisimman kattava, jotta tätä voidaan hyödyntää tehokkaasti suunnittelun apuna. Haitta-ainetutkimusraportti on olennainen osa aikataulun suunnittelua, kustannuslaskentaa sekä turvallista työnsuoritusta varten. Haitta-ainepurut ovat kalliita ja usein viivästyttävät purkua osastointi tarpeen takia. Aikataulullisista vaikutuksista on tärkeää päästä kiinni nopeasti, jotta tarvittavat aikataulumuutokset päästään suunnittelemaan. [10, s.12–13.]

4.3.5 Mallityö ja laadunseuranta

Rakennushankkeissa lähes poikkeuksetta järjestetään ensimmäisen valmiin työvaiheen kohdalla mallikatselmus, jolloin kaikki osapuolet saavat yhtenäisen käsityksen tavoitellusta laadusta. Mallikatselmus on tärkeää aikatauluttaa ja tehdä ajoissa, jolloin voidaan varmistua seuraavien tehtävien aloituskelpoisuudesta sekä laatutasosta. Työnsuorittamiseen vaikuttavista aikataulullisista haasteista sekä esille nousseisiin ongelma-kohtiin etsitään ratkaisut, jotta nämä eivät toistu seuraavien tehtävien suorituksen aikana. Mikäli tuotannon aikana ilmenee poikkeamia, järjestetään ohjauspalaveri ja selvitetään keinot, miten tuotanto palautetaan suunnitellun mukaiseksi. [6, s. 44–45.]

Työvaiheen mallikatselmukseen osallistuu työnjohto ja työvaiheen suorittaneet työntekijät. Mallikatselmukseen osallistuu myös projektikohtaisesti suunnittelija, tilaaja tai tämän edustaja. Tarkastuksessa tarkistetaan työvaiheen laatutason olevan suunnitellun mukainen. Tarvittaessa työ korjataan vastaamaan haluttua tasoa ja järjestetään uusi tarkastus ennen seuraavaan vaiheeseen siirtymistä. Hyväksytyä mallityötä tai osakohdetta käytetään vertailukohtana tulevien osakohdeiden suorittamiseen. [6, s. 44–45.]

Hyväksytyyn mallin pohjalta tehtyä työtä valvoo pääasiassa työnjohto ja hankkeelle nimitetty rakennustöiden valvoja. Laadunvalvontaan työvaiheen mukaan voidaan käyttää laaturaportteja tai tarkistuslistoja. Esimerkkinä märkätilojen laatoitustyöt, jotka tyypillisesti koostuvat useasta työvaiheesta kuten pohjat, vedeneristys, laatoitus ja saumaus. Tyypillisesti märkätilojen työvaiheisiin kuuluu

monta eri työvaihetta, jolloin tehtävien suorittaminen laadukkaasti on erityisen tärkeää aikataulussa pysymiseksi. [6, s. 45.]

Kuitenkin laatua on syytä seurata kaikkien tahojen toimesta sekä vaiheittain projektin edetessä. Tyypillisesti työryhmä tarkastaa tehdyn työn omalta osaltaan ja korjaa puutteet. Työryhmän ilmoittaessa työkohteen valmistuneen pääurakoitsijan työnjohto tekee oman tarkastuksen. Systemaattista laadunvalvontaa on aiheellista pitää riittävän usein, jotta työntekijät saavat palautetta ja laatuvaatimukset konkretisoituvat. Tällöin työntekijät voivat parantaa laatua työvaiheen aikana päästen laadukkaampaan lopputulokseen. Osakohteiden tarkistaminen on tärkeää työn edetessä, jotta korjattavaa ei synny liikaa ja seuraavat työvaiheet pääsevät alkamaan ajallaan. [7, s. 30.]

5 Pääurakoitsijan keskeiset tehtävät tuotannossa

5.1 Työnsuunnittelu ja johtaminen

Työnjohdon tärkeimpiä tehtäviä on edellytysten luonti. Edellytyksillä tarkoitetaan tehtävän aloitusta ajallaan ja etenemistä suunnitellusti. Tarvittavat edellytykset vaihtelevat tehtäväkohtaisesti. Pahimmillaan yhdenkin edellytyksen puuttuminen voi estää työvaiheen toteutuksen suunnitellusti. Pääurakoitsijan tärkeimpiin tehtäviin kuuluu seurata aikataulua yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa. [7, s. 8–9.]

Työn aloituksen edellytyksiin kuuluu muun muassa suunnitelmien olemassaolo ja toteutuskelpoisuus, työkohteen valmiusaste aikaisempien työvaiheiden osalta, tarvittavan työvoiman ja materiaalisen hankinta ajallaan sekä työkohteessa työskentelyn olevan turvallista. Työvaiheen aloituksen edellytykset on käytävä läpi kaikkien työvaiheeseen kuuluvien työntekijöiden tai urakoitsijoiden kanssa. [7, s. 8.]

Työmaalla hyvä työkalu eri työvaiheiden yhteensovittamiseen on viikkosuunnittelupalaveri, jossa käydään läpi tulevien viikkojen sisältöä. Viikkosuunnittelupalaverissa käydään läpi eri työvaiheiden aloituksen edellytyksiä ja yhteensovittamista, resurssien tehokasta käyttöä sekä häiriöiden poistoa. Palaveriin osallistuu työnjohto sekä eri urakoitsijoiden edustajat nokkamiehineen. Palaverissa käydään läpi eri työvaiheiden valmiusasteet sekä mahdolliset ongelmakohdat. Tarkoituksena on ratkaista tulevien viikkojen haasteita yhteensovittamalla työt. Palaverin pohjalta osallistujat sitoutuvat suorittamaan työt osaltaan sovitulta laajuudelta. [7, s. 8.]

Valmistelevalle viikkosuunnittelulle saadaan kartoitettua alkavien työvaiheiden valmiuksia. Samalla kaikki työmaalla toimivat tahot saavat tietoa tulevien viikkojen työvaiheiden sisällöistä sekä voidaan käsitellä näistä aiheutuvia mahdollisia haittoja työvaiheille. Valmisteleva suunnittelu on tärkeä osa imuohjausta, kun varmistetaan suunnitelmien, materiaalin, resurssien, kaluston ja muiden aloituksen kannalta riittisten tekijöiden olemassa tai saatavuutta, jotta tehtävä

päästään suorittamaan ajallaan. Mikäli tietyn tehtävän aloitukseen liittyy tehtäviä edellytyksiä, ilmoitetaan nämä edeltävän tehtävän vastuulliselle henkilölle. Viikkosuunnittelussa tarkennetaan tehtävien kestoa ja puskureiden käyttöä häiriöherkimmille tehtäville. [3, s. 106–107.]

5.2 Tehtävien suunnittelu ja kustannukset

Tehtävien ajallinen suunnittelu ja kustannukset vaikuttava toisiinsa. Oikein mitoitettut tehtävät auttavat laatutavoitteissa pysymistä poistamalla kiirettä. Aikataulusta jääminen yleensä tarkoittaa resurssien lisäämistä ja ylitöitä, jolloin kustannukset kasvavat. Mikäli työryhmä on tehtävään nähden liian suuri, aiheuttaa tämä turhaa odottelua lisäten kustannuksia. Tehtävän etenemistä seuraamalla saadaan poikkeamista arvokasta tietoa, jolla voidaan vaikuttaa työryhmän suuruuteen. [3, s. 103–104.]

Aikataulua laadittaessa mitoitetaan oikea määrä työvoimaa tavoitearvioon nähden. Työmenekin ja aikataulutuksen pohjalta saadaan selville viikoittainen resurssitarve, jonka tulee olla kokonaisuuden kannalta tavoitteellinen ja realistinen. Yksittäisen tehtävän kustannuksiin sisältyy työvoima, materiaali ja tarvittava kalusto. Työkustannusten arviointiin käytetään tehtävään laskettua kokonaistyömenekkiä, jota voidaan verrata mahdollisten aliorakoitsijoiden urakkatarjouksien kohtuullisuuden arviointiin. Mikäli urakkatarjouksen on antanut työvaiheeseen erikoistunut urakoitsija, tällöin on aiheellista perehtyä mistä korkea tarjoushinta koostuu. Taustalla voi olla väärin arvioitu menekki työvaiheen toteutukseen. [3, s. 65; 3, s. 102.]

E erityisen kireä aikataulu, joka poikkeaa suuresti hankkeelle lasketusta normaali-kestosta voi aiheuttaa lisäkustannuksia. Mahdolliset lisäkustannukset syntyvät työvaiheiden suorittamiseen liittyvistä kustannuksista, ryntäyskuluista, viivästyksistä johtuvista sakoista sekä mahdollisten häiriöiden toteutumisen takia. Kustannuksia voidaan pyrkiä hallitsemaan esivalmiusastetta nostamalla ja jakamalla hanke lohkoihin, käyttämällä useampaa työryhmää. [3, s. 64; 3, s. 68.]

Vuodenajat vaikuttavat joidenkin töiden osalta työn kustannuksiin. Talvella tehtäviin työvaiheisiin saattaa kuulua työehtosopimuksien mukaisia lisiä tai talvityöhaittoja. Talvella voidaan joutua tekemään ylimääräisiä työaikaisia asennuksia sekä lämmittämään rakenteita tai koko rakennusta. Lumi ja jää voivat vaikuttaa työvaiheen suorittamisen nopeuteen, joka lisää työn määrää. Vuodenajoilla on joidenkin töiden kohdalla vaikutusta kustannuksiin, jolloin mahdollisuuksien mukaan nämä tulisi aikataulullisesti sijoittaa optimaalisempaan ajankohtaan. [3, s. 69–71.]

Rakentamiselle saadaan kustannuksen kautta määritettyä teoreettinen optimaalinen aika, jonka löytäminen käytännössä on vaikeaa. Tuotannon aikana kuitenkin voidaan aikatauluttaa ja keskittää aikasidonnaisia kustannuksia aiheuttavat kaluston vuokraukset, esimerkiksi kaikki nostinta vaativat työt tehdään samalla kertaa. Nopeammalla läpivientiajalla säästetään palkoissa ja työmaan ylläpidossa, tällöin ei voida kuitenkaan tinkiä rakentamisen laadusta. [3, s. 64.]

Rakennushanke jaettaessa osakohteisiin tai lohkoihin, mahdollistaa työvaiheiden aikaisemman aloituksen toisessa lohossa, jolloin saadaan koko hankkeen läpivientiä nopeammaksi eri työvaiheiden aloitusvälejä pienentämällä. Lohkojaolla mahdollistetaan myös eri rakennusosien aikaisempi valmistuminen ja mahdollinen käyttöönotto tarpeen mukaan. [3, s. 73.]

Oikean työjärjestyksen ja riippuvuuksien määrittämisellä saadaan työnsuorittamisesta tehokkaampaa. Olosuhde riippuvuudet esimerkiksi maalaustyöt on hyvä suorittaa ennen valmiiden pintamateriaalien asennusta, jolloin välttyään ylimääräiseltä suojaamiselta ja saadaan parempi lopputulos. Teknisiä riippuvuuksia esimerkiksi seinän toisen puolen teko ensin, jolloin päästään tekemään sähköasennukset. Resurssiriippuvuudet mietittävä järkevästi työryhmä siirtyy vasta tehtävän valmistuttaessa, jolloin ei tule turhia siirtymisiä. [3, s. 81–82.]

5.3 Suunnitelmien saaminen työmaalle

Tarvittavien suunnitelmien seuranta tulee aktiivisesti tehdä ennakoiden suunnitelmien saapumista riittävän ajoissa työmaalle. Työnjohdon tulee varmistaa suunnitelman sisältävän riittävät tiedot ja toteutuskelpoisuuden. Työmaan tulee ilmoittaa suunnitelmien puutteellisuudesta tai ongelmakohdista niitä havaitessa. Suunnitelmien toteutuksessa saattaa olla työmaan näkökulmasta haasteita, jolloin urakoitsija voi tuoda omaa osaamistaan esille ja yhdessä suunnittelijoiden kanssa viimeistellä suunnitelmaratkaisut. [7, s. 6.]

Työmaalla tulee jatkuvasti seurata ja ennakoida tulevien työvaiheiden edellytyksiä ja varmistaa näiden toteutuskelpoisuus. Työmaan tulee kertoa suunnitelmatarpeista mahdollisimman hyvissä ajoin, jotta suunnitelmat ehditään laatia ajoissa ennen tehtävän aloitusta. Suunnitelmatarvetta esittäessä on oleellista kertoa tämän kiireellisyys, milloin ilmoittaa suunnitelma tarvitaan toteutukseen. [7, s. 6–8.]

5.4 Toteuman seuranta tahtituotannossa

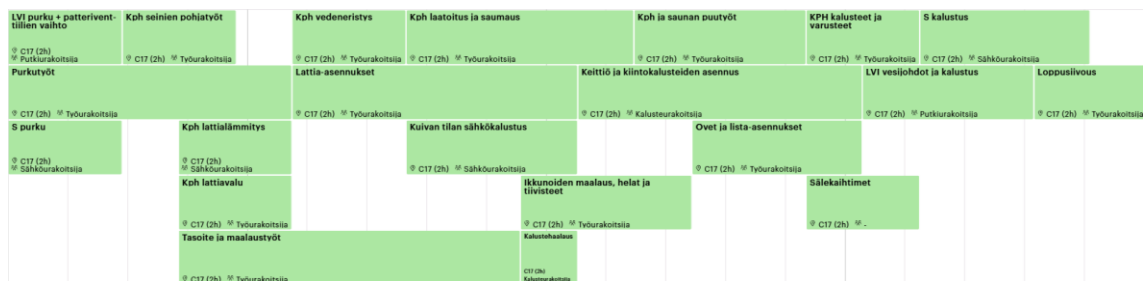
Vähintään viikoittain seurataan tehtävien toteutumista ja etenemistä TTP:n avulla. TTP eli tehtävien toteutumisprosentilla seurataan tehtävän valmiusasetta prosenteilla. Tehtävien valmiusaseen avulla seurataan tehtävän etenemistä isommassa kuvassa. Tyypillisesti laajempi työvaihe on jaettu pienempiin tehtäviin ja tehtävien valmistuessa päivittyy koko työvaiheen TTP. [3, s. 108.]

Voidaan verrata TTP-toteumaa yleisaikataulun seurantaviivaan, jolloin työmaan tuotannon tilannetta on helppo tarkastella ja nähdään aikataulullinen tilanne. Mikäli jotakin työvaiheen tehtävää ei olla suoritettu aikataulussa, selvitetään syy vastuuhenkilöltä. TTP:tä seuraamalla saadaan tärkeää tietoa tuotannon ongelmista. Nykyisin sähköisesti seuranta tehdessä voidaan suoraan kommentoida keskeytyksen aiheuttama syy suoraan tehtävän kohdalle. [3, s. 108.]

6 Tahtituotannon nykytila yrityksessä

Yrityksessä tehdään vuosittain monia, toisistaan erilaisia rakennushankkeita tahtituotannolla, joihin kuuluu pääasiassa perusparannukset ja peruskorjaukset. Yrityksessä tahtituotantoa käytetään pääasiassa sisäpuolen töiden toteuttamiseen, erityisesti asuntojen korjausrakentamiseen sekä toistuvan työnsisällön toteuttamiseen.

Yksittäisen asunnon työaika voi olla muutamasta päivästä viikkoihin, riippuen työnsisällön laajuudesta. Tyypillisesti märkätilojen ja kuivien tilojen työvaiheita seurataan omina työjonoinaan.



Kuva 15. Esimerkki yksittäisen asunnon tahtiaikataulusta. [17.]

Tahtituotannon nykytilaa yrityksessä selvitettiin haastattelemalla yrityksessä toimivia toimihenkilöitä. Haastattelut suoritettiin yrityksessä sisäisesti tavoitteena löytää keskeiset onnistumiset ja haastekohdat tutkimuksen aiheeseen liittyen. Vastauksien pohjalta saatiin kattavasti tietoa tutkimuksen tueksi. Osion lopussa käsitellään haastatteluita yhteenvedona esille nostamalla kehityskohtia ja onnistumisia.

6.1 Haastattelujen toteutus

Haastattelut suoritettiin vuoden 2024 lopulla ja vuoden 2025 alun välillä. Haastattelut suoritettiin perinteisesti kasvotusten, sähköisesti haastattelemalla sekä sähköpostitse. Haastattelujen kesto vaihteli puolen tunnin ja tunnin välillä.

Haastattelut suoritettiin yrityksessä aktiivisesti työskentelevien henkilöiden kanssa. Haastateltavien jakauma oli seuraavanlainen:

- yksi työnjohtaja
- kuusi vastaavaa työnjohtajaa
- yksi projekti-insinööri.

Haastattelun pohjana toimi ennalta laadittu runko kysymyksineen. Haastattelu sisälsi yksitoista kysymystä. Haastattelun runko toimitettiin etukäteen ennen haastatteluja, jotta varsinaiseen haastatteluun oli helpompaa valmistautua. Vastaa-
taajien annettiin puhua vapaasti ja kertoa oma näkemyksensä kuhunkin kysymykseen. Haastatteluissa myös kuultiin laajasti omakohtaisia kokemuksia tahti-
aikataulusta ja tämän haasteista.

Osa haastatteluista suoritettiin kirjallisesti, jolloin haastetta aikataulun yhteenso-
vittamisesta haastateltavan kanssa ei ollut. Haastatteluja ei nauhoitettu vaan
näistä tehtiin muistiinpanoja haastattelijan toimesta. Haastatteluista ja kirjalli-
sista vastauksista saatiin paljon hyviä ajatuksia ja tietoa yrityksen nykytilasta.
Aineisto purettiin ja käsiteltiin, ettei yksittäisen haastateltavan vastaukset ole
tunnistettavissa.

6.2 Haastatteluiden kysymykset ja koonti

Tässä osiossa käsitellään haastatteluista saatuja tuloksia ja haastatelluilta hen-
kilöiltä esille nousseita havaintoja. Haastattelujen tulokset on avattu kysymys-
kohtaisesti koottuna. Haastateltaville eristettiin yksitoista kysymystä. Haastatel-
tavien vastaukset on esitetty kysymyksiensä alle.

Haastateltaville esitettiin seuraavat kysymykset:

1. Millaisissa hankkeissa olet käyttänyt tahtituotantoa?
2. Millaisissa hankkeissa tahtituotanto on onnistunut, missä haasteita?

3. Millaisia onnistumisia/hyötyjä tahtituotannolla meneteltäessä?
 4. Mitkä ovat suurimmat haasteet tahtiaikataulussa pysymiseen, syntykö haasteet aikataulusuunnittelussa vai tuotannossa?
 5. Mitä toistuvia ongelmia olet havainnut tahtiaikataulua käytettäessä?
 6. Tärkeimmät asiat tahtiaikataulussa pysymiseksi?
 7. Miten reagoit ennakoitun tai ennakoimattoman aikataulullisen haasteen kohdatessasi?
 8. Esimerkkiä miten selvitty aikatauluhaasteista?
 9. Miten työmaalla käsitellään sidosryhmien kanssa ongelmatilanteita?
 10. Aikatauluhaasteiden taloudelliset vaikutukset?
 11. Mitä kehitysideoita?
-
1. Millaisissa hankkeissa olet käyttänyt tahtituotantoa?

Haastateltavilta henkilöiltä löytyy kokemusta tahtiaikataulun käyttämisestä monesta erilaisesta hanketyypistä. Yrityksessä valtaosassa hankkeista käytetään tahtiaikataulua asuntojen remontoinnin toteutukseen. Tahtiaikataulua käytetään myös eri rakennushankkeissa, vaikka tälle ei olisi erikseen vaatimusta rakennuttajalta, sillä tahtiaikataulun on havaittu olevan laajalti soveltuva yrityksen erilaisiin hankkeisiin. Osalla haastateltavista oli tahtiaikataulusta myös kokemusta työntekijänä, valtaosalla kokemusta löytyy työnjohdon parista pääurakoitsijana.

Erilaisia rakennushankkeen muotoja haastateltavat ovat käyttäneet kerrostalojen korjaus- ja linjasaneeraushankkeissa. Paljon kokemusta löytyy myös kevyemmästä perusparannuksesta, joissa tyypillisesti uusitaan kaikki pintamateriaalit myös putki- ja sähkötöiden osalta. Osalla haastateltavista on kokemusta nopeista ”Facelift”-hankkeista, joissa yhden asunnon läpivientiaika voi olla vähäisimmillään 2–3 työpäivää riippuen töiden laajuudesta. Kyseisissä hankkeissa tyypillisesti jätetään märkätilanrakenteet uusimatta. Osassa rakennushankkeista on myös aktiivisesti tilankäyttäjä tai asukas paikalla samanaikaisesti, jolloin tahtituotannolla saadaan varmistettua tilan käytettävyyden aina työpäivän jälkeen, kun työt toteutuvat suunnitellusti. Kokemusta löytyi myös allianssihankeesta

tahtiaikataululla toteutettuna. Pääasiassa tahtiaikataulua on käytetty rakennushankkeissa asuntotuotannossa, joissa sisältö on ollut hyvin samankaltainen ja toistuva.

2. Millaisissa hankkeissa tahtituotanto on onnistunut, missä haasteita?

Tahtiaikataulu on koettu hyvin soveltuvaksi rakennushankkeisiin, joissa työnsuorittamisen läpivientiaika on suhteellisen lyhyt. Hankkeissa tyypillisesti toteutettava sisältö on toistuva sekä työnsisällössä ei suurempaa vaihtelua. Parhaiten on onnistuttu toistuvassa asuntorakentamisessa, jossa työmäärä on ollut vähäistä ulkopuolisissa tai yleisissä tiloissa. Tyypillisesti edellä mainitut sekä suuremmat kokonaisuudet tahdistetaan ja toteutetaan varsinaisen tahtituotannon rinnalla. Tahtiaikataululla toteutetut rakennushankkeet, joissa on selkeä työnsisältö ja suunnitelmat ovat parhaiten onnistuneet. Onnistumiseen vaikuttaa myös kaikkien hankkeen osapuolten sujuva yhteistyö.

Tuotantomuodon keskeisimmän haasteet syntyvät rakenteellisista poikkeamista oletetusta. Ennakkotiedoissa saattaa olla puutteita tai nämä ovat kokonaan vääriä, jolloin tuotanto saattaa pysähtyä heti alkuunsa, jos näihin ei päästä reagoimaan riittävän ajoissa. Aikaisemmista remonteista ei välttämättä ole dokumentaatiota ollenkaan, jolloin ennakkotiedot ovat vain oletuksia ja aikataulu laaditaan tarkemmin toteutuksen aikana. Mikäli rakennushanke päätetään toteuttaa tahtiaikataululla ja lähtötietojen tiedetään olevan oletuksia, huomioidaan tämä aikataulutuksessa suuremmilla puskureilla. Aikataulua ei voida laatia liian optimistiseksi, jolloin aikataulussa pysyminen aiheuttaa haasteita toteutukseen. Tyypillisesti jokaisessa korjausrakentamisen rakennushankkeessa ilmenee eritasoisia poikkeamia, jolloin rakennuttaja organisaation nopeat päätökset ja ratkaisun tuottaminen on isossa roolissa.

Tuotannonhaasteita aiheuttaa rakennushankkeen monimuotoisuus ja monen eri työvaiheen omaavien rakennushankkeiden toteutus. Tyypillisiä tuotannon haasteita on materiaalien logistiikka ja liikkuvuus. Toimitushaasteet voivat ilmentyä myös asennuksessa, jolloin korostuu työmaan sisäisen viestinnän tärkeys.

Viestintä tulee olla rakennuttaja organisaation ja urakoitsijan välillä sujuvaa. Remontoitavissa kohteissa, joissa asukkaat asuvat samanaikaisesti aiheuttaa toisiinsa haasteita, jolloin selkeän viestinnän ylläpitäminen on erityisen tärkeää.

3. Millaisia onnistumisia/hyötyjä tahtituotannolla meneteltäessä?

Selkeitä hyötyjä ovat tahtituotannon aikataulutehokkuus, jolla saavutetaan rakennushankkeiden nopea läpivienti asuntotuotannossa. Aikataulun systemaattinen seuranta ja päivittäminen pitää yllä selkeää tilannekuvaa. Suurena etuna eri työvaiheiden seurannan tarkkuus ja poikkeamat havaitaan heti. Tahtituotannon onnistuessa asentajat pääsevät edistämään tuottavaa työtä, ilman erillistä varmistelua edeltävien työvaiheiden osalta.

Asentajat pystyvät tekemään omaa työvaihettaan toistuvasti ja yhtäjaksoisesti, jolloin työ automatisoituu nopeuttaen tuotantoa. Selkeä eteneminen ja työnsuorittaminen toistojen myötä parantaa myös yleisesti laatua. Jokainen osapuoli tietää missä työvaiheet menevät, sitouttaen urakoitsijat yhteistyöhön ja onnistuessaan parantaa työmaan yhteishenkeä. Tahtiaikataulu onnistuakseen edellyttää jokaisen eri työvaiheen suorittamista ajallaan laadukkaasti, jotta seuraava työvaihe pääsee aina ajallaan alkamaan.

Rakennuttaja tai rakennuksen omistaja saa onnistuneen tahtituotantohankkeen myötä tasalaatuisesti toteutetun lopputuotteen. Tuotannon ja laadun tasaisuus mahdollistaa laadunvalvonnan systemaattisen seurannan. Rakennuttaja tahtien etenemisen myötä pystyy seuraamaan kustannuksien toteumaa helpommin. Nopeampi rakennushankkeen valmistuminen aiheuttaa vähemmän haittaa käyttäjälle minimoiden mahdolliset vuokratuoton menetykset.

4. Mitkä ovat suurimmat haasteet tahtiaikataulussa pysymiseen, syntykö haasteet aikataulusuunnittelussa vai tuotannossa?

Tahtituotantohankkeen aikataulun suunnittelussa tulee tarkasti selvittää jokaisen tahdin työmenekki yhdessä urakoitsijoiden kanssa, jolloin aikataulu voidaan

laatia toteutuskelpoiseksi. Aikataulun laatimiseen tulee ottaa mukaan ja perehdyttää työmaalla toimiva työnjohto-organisaatio sekä urakoitsijat. Urakoitsijoille annetaan mahdollisuus osallistua aikataulun laadintaan ja ratkoa mahdollisia ongelmakohtia. Usein työn suorittavilla urakoitsijoilla on kokemusta ja näkemystä toteutuksesta, jolloin urakoitsijan asiantuntijuutta päästään hyödyntämään. Yhdessä laaditun aikataulun pohjalta urakoitsijat voidaan sitouttaa sopimusteknisesti aikataulussa pysymiseen sanktioilla. Selvitetään urakoitsijoiden aikaisempi kokemus sekä mahdolliset referenssi ja näiden soveltuvuus kyseiseen rakennushankkeeseen.

Aikataulun laadinnassa on tärkeää perehtyä kohteeseen ja tässä toteutettavaan työnsisältöön ennen varsinaisen tuotannon aloitusta. Mahdollinen kohdekäynti osana aikataulun suunnittelua, jolla saadaan tarkkuutta aikataulun laatimiseen. Aikataulua laadittaessa huomioidaan työvaiheiden riittävä väljyys, jottei samalla työpisteellä ole työvaiheita käynnissä samanaikaisesti, jotka keskenään haittaavat toisiaan. Logistiikka ja materiaalin hallinta sekä saatavuus on isossa osassa tahtituotantoa, jotta tehtävät pääsevät alkamaan ajallaan. Aikataulua laadittaessa saadaan selville tarvittavien resurssien määrä, joka taas on yhteydessä taloudellisiin vaikutuksiin.

Haasteita tuotannossa aiheuttaa suunnitelmien laatu ja suunnitelmien toteutuskelpoisuus ja purkutöiden yhteydessä esiintyvät poikkeamat, jotka saattavat vaikuttaa aikatauluun ja työn suoritukseen merkittävästi. Ennakoimattomia haasteita aiheuttavia tekijöitä ovat muun muassa vuodenajat ja luonnonilmiöt sekä sairastumiset ja pandemiat.

Osassa rakennushakkeista ei aina ennalta tiedetä tarkkaa työnsisältöä ennen purkutöiden suorittamista, jolloin voidaan joutua luomaan vain karkea aikataulu toteutukselle, kunnes työnsisältö tarkentuu. Purutöiden yhteydessä havaitut rakenteelliset vauriot ja kosteuspoikkeamat aiheuttavat yleensä väistämättömän aikatauluviiveen, jonka varalta on hyvä olla ennalta laadittu toimintasuunnitelma rakennuttajan kanssa. Riskialttiiden rakenteiden ja mahdollisten purkuvaurioiden

varalta on varattava riittävästi ja sovittava toimenpiteet rakennuttajan kanssa heti ongelmien ilmetessä.

5. Mitä toistuvia ongelmia olet havainnut tahtiaikataulua käytettäessä?

Keskeisiä toistuvia ongelmia aiheuttaa tahtituotannolle suunnitelmien puuttuminen tai poikkeaminen todellisuuteen, joka aiheuttaa lisääntyvää työmäärää luoden painetta aikataulussa pysymiseen. Tahtien valmistumisen viivästyminen tai tahtien aloitukselle ei ole edellytyksiä. Poissaolot sekä materiaalin loppuminen katkaisevat tahtiketjun, jolloin työnjohdon on tehtävä jatkuvaa seurantaakin myös ennakoivasti. Kireä tahtiaikataulu vaatii tarkkaa resurssointia ja poissaoleville on löydettävä kohteeseen perehtynyt korvaaja. Aikataulun seuranta ja päivittäminen vaatii resursseja, jotta tilannekuva saadaan säilytettyä.

Urakoitsijoiden ja asentajien motivointi ja sitouttaminen aikataulun seurantaan ja päivittämiseen. Usein urakoitsijoiden ja asentajien tehtävien kuittaamisessa on haasteita monen eri syyn takia. Tehtävien kuittaus on erityisen tarkkaa tilannekuvan säilyttämiseksi, jonka jatkuvaa seurantaakin tulee työnjohdon suorittaa. Tahtiaikataulusta kokemattomat urakoitsijoilla saattaa olla ennakoasenteita. Aikatauluohjelmiin parempi perehtyminen urakoitsijoille ja työnjohdolle. Ajoittain aikatauluun suunnittelu ja perehtyminen jää liian lähelle työmaan aloitusta tai sitä aletaan vasta silloin tarkemmin laatimaan.

6. Tärkeimmät asiat tahtiaikataulussa pysymiseksi?

Tahtiaikataulussa pysymiseen vaikuttaa hyvät esivalmistelut ja hyvin laadittu toteutuskelpoinen aikataulu. Tunnistettu tahdistavimmat työvaiheet ja eri työvaiheiden järjestys laadittu oikeaksi päällekkäisyydet huomioituna. Aikataulu on realistinen ja tarvittavat resurssit ennalta mietitty. Työvaiheiden aloittamisen edellytyksiä varmistetaan jatkuvasti ennakoivasti. Poikkeamiin reagoidaan nopeasti ja aloitetaan korjaavien toimenpiteiden välitön toimeenpano. Tahtiaikataulussa on aina pyrittävä ennakoidaan riskejä ja aina löytyvän varasuunnitelma tuottavan työn edistämiseksi. Aikataulua seurataan päivittäin aikataulupalaverilla, jossa

tarkastellaan töiden etenemistä ja mahdollisia haasteita. Hyvä käytäntö on joka-aamuinen palaveri työmaan nokkamiehen tai työnjohdon kanssa. Urakoitsijat veloitetaan aikataulun seurantaan ja ylläpitämiseen. Työmaalla panostetaan sujuvaan viestintään eri urakoitsijoiden välillä, jotta työt etenevät sujuvasti.

Aikataulupalavereissa annetaan urakoitsijoille mahdollisuus vaikuttaa ja antaa ehdotuksia oman asiantuntijuutensa pohjalta. Urakoitsijoilla on usein kokemusta aikaisemmista hankkeista, jota voidaan hyödyntää mahdollisen ongelmatilanteen ratkaisemiseksi. Työnaikainen toteutuksen suunnittelu suoritetaan riittävän ajoissa, selvittäen ennalta mahdolliset haasteet toteutukselle huomioiden suunniteltu kokonaisuus. Mallikatselmukset ja asennukset pidetään ajoissa ja mahdollisiin ongelmiin päästään reagoimaan ennalta hidastamatta toteutusta.

Mahdollisuuksien mukaan tehdään koepurkuja, jolloin saadaan aikaa mahdollisten poikkeamien vaikutusten ratkaisemiseksi. Voidaan tehdä malliasunto, jonka avulla voidaan varmistua rakenteista ja saada jokaisesta työvaiheen toteutuksesta malli. Malliasunnolla voidaan määrittää haluttu laatutaso, joka toimii myös erimerkkinä työmaan toteutuksen aikana.

Logistiikka ja materiaalihallinta on suunniteltua ja tälle löytyy vastuullinen henkilö. Logistiikan hallinta voidaan velvoittaa urakoitsijalta tai suurilla työmailla voi olla oma logistiikkavastaava. Materiaalin saatavuus varmistettu ja tehty tarvittavat ennakotilaukset hyvissä ajoin.

7. Miten reagoit ennakoitun tai ennakoimattoman aikataulullisen haasteen kohdatessasi?

Ennakoidussa ja ennakoimattomassa haasteessa tulee heti kartoittaa haasteen luovat tekijät ja reagoida tilanteeseen nopeasti. Kartoitetaan työmaalla yhdessä asentajien ja urakoitsijoiden työnjohdon kanssa tilanne. Lisäksi välitetään rakennuttajaorganisaatiolle tietoa ja pidetään kaikki osapuolet keskustelussa mukana. Usein urakoitsijalla voi olla aikaisempien kokemusten pohjalta näkemys tai ratkaisuehdotus haasteeseen, jota voidaan esittää rakennuttajaorganisaatiolle

tarpeen vaatiessa. Rakennuttajaorganisaatiolle ollaan yhteydessä haasteesta ja esitetään mahdollista ratkaisua, mikäli tilanne oleellisesti muuttaa toteutustapaa tai poikkeaa suunnitellusta. Suunnittelijoilta pyritään samaan ratkaisu mahdollisimman nopeasti. Selvitetään haasteen laajuus ja aikataululliset vaikutukset, jotka ilmoitetaan rakennuttajalle ja keskustellaan korjaavista toimenpiteistä sekä mahdollisesta lisäajasta.

Tahtiaikataulu on tyypillisesti laadittu suhteellisen nopeatempoiseksi. Mikäli ratkaisua ei saada tuotettua nopeasti, otetaan varamestat käyttöön tai kartoitetaan mitä edistävää työtä voidaan tehdä. Pidetään päivittäisjohtamisen palaveri, jossa käydään avoimesti läpi tilannetta ja saavutettavia tehtäviä. Selvitetään mitä työvaiheita päästään tekemään ja missä järjestyksessä. Viivästynyt tahtialue kuormittaa uusien työvaiheiden alkaessa samanaikaisesti, jolloin tilanteen korjaaminen vaatii usein lisäresursseja tai ylitöitä.

Mikäli materiaali pääsee loppumaan, haetaan sitä mahdollisimman nopeasti lisää. Materiaalin saatavuusongelmassa ehdotetaan rakennuttajalle korvaavia materiaaleja viipymättä. Laadunvalvontaa tulee urakoitsijoiden tehdä myös pääurakoitsijan lisäksi, jolloin vältetään laajalti hankkeen loppuvaiheessa ilmeneviltä ongelmilta ja yllätyksiltä. Rakennushankkeen itselle luovutukset on aloitettava ja aikataulutettava riittävän ajoissa, jotta laatu saadaan varmistettua.

8. Esimerkkiä miten selvitty aikatauluhaasteista?

Tärkeintä on selvittää ensimmäisenä työvaiheiden tekninen järjestys, jonka pohjalta voidaan lähteä miettimään korjaavia toimenpiteitä. Hyödynnetään aikataulun mahdollisia varoja, lisätään resursseja, ylitöitä ja työmenetelmä voidaan myös vaihtaa nopeammaksi, joka hyväksytetään rakennuttajalla tarvittaessa. Voidaan lisätä työryhmiä omille tahtialueille, jolloin töitä voidaan edistää tasaisesti työmaarään ollessa suuri.

Mikäli tahtiaikataulusta on lähdetty liikaa poikkeamaan, voidaan joutua pysäyttämään koko tahtijuna. Tahtijunan pysäyttämisen jälkeen arvioidaan työmaan

tilanne ja aikataulutetaan korjaavat toimenpiteet yhdessä urakoitsijoiden kanssa. Aletaan välittömästi suorittamaan työvaiheet oikeassa teknisessä järjestyksessä, kunnes systemaattista tahtituotantoa päästään jatkamaan. Samalla selvitetään mahdolliset ongelmatilanteet ja tehdään tarvittavat muutokset työvaiheiden järjestykseen ja keston. Annetaan tilannekuvaa myös rakennuttajalle sekä ilmoitetaan mahdolliset aikataululliset viivästykset viipymättä.

Mahdollisista suunnitelmatarpeista pidetään yllä suunnitelmatarvelistaa. Suunnitelmatarvelistaus on systemaattisesti laadittu selkein määräajoin, jolloin suunnitelma saadaan riittävän ajoissa työmaalle toteutettavaksi. Suunnitelmatarvelistausta on käydä läpi aina viikoittaisessa palaverissa, jossa kaikki urakoitsijat voivat tuoda esille mahdollisia uusia ongelmakohtia. Viikoittaisissa palavereissa voidaan myös tehokkaasti ratkaista yhteisesti ongelmakohtia yhdessä urakoitsijoiden ja rakennuttaja organisaation kanssa.

9. Miten työmaalla käsitellään sidosryhmien kanssa ongelmatilanteita?

Ongelmatilanteissa pidetään yhteinen palaveri sidosryhmien kanssa, josta laaditaan pöytäkirja, joka jaetaan kaikille osapuolille ja arkistoidaan esimerkiksi projektipankkiin. Pöytäkirjaan kirjataan tehdyt päätökset ja ongelmien mahdolliset seuraukset. Mikäli yksittäisen urakoitsijan kanssa on haasteita, pidetään työnjohtajan ja asentajien välillä rakentava keskustelu haasteiden ratkaisemiseksi, miten laatu ja tahdissa pysyminen saadaan onnistumaan.

Päivittäisjohtamisen palavereissa tai aamupalaverissa käydään avoimesti läpi tilannekuvaa yhdessä työmaan avainhenkilöiden kanssa. Palaverissa selvitetään työvaiheiden eteneminen ja mahdolliset viivästykset päivätasolla. Mahdollisten ongelmatilanteiden kohdalla pidetään katselmus tai ollaan yhteydessä sidosryhmän tahoon, jota asia koskee. Päivittäisjohtamisen palaverissa tarkastellaan myös työmaan tilannekuvaa ja tarkastellaan saavutettavia tehtäviä, jotta seuraavat työvaiheet pääsevät alkamaan ajallaan. Mikäli yhdessä työpisteessä on kerrallaan liikaa työntekijöitä, päätetään toimintasuunnitelma, jolloin työ saadaan säilymään tuottavana ja tehokkaana.

Rakennuttajalta ja suunnittelijoilta tarvitaan välillä nopeitakin ratkaisuja, jotta asiat eivät jää avoimiksi liian pitkäksi aikaa. Viestitään tilanne mahdollisimman hyvin ja tarjotaan mahdollista ratkaisua toteutettavaksi. Lisä- ja muutostöiden käsittelyprosessi tulee olla selkeää ja nopeaa, jotta se ei haittaa tuotannon etenemistä. Mikäli poikkeamat aiheuttavat aikataulullisia vaikutuksia keskustellaan näistä yhdessä rakennuttajan kanssa.

10. Aikatauluhaasteiden taloudelliset vaikutukset?

Aikataulusta jääminen usein vaikuttaa projektikassaan viivästyttäen maksueriä. Rakennushankkeen ja mahdolliseen välitavoitteiden saavuttamisen epäonnistuksessa seuraamuksena voi aiheutua taloudellisia sanktioita. Mahdollisesta viivästyisestä tulee neuvotella ajoissa rakennuttajan kanssa. Mikäli viivästyminen ei aiheuta oleellista haittaa nykyiselle tai tulevalle käyttäjälle, voidaan välttyä sanktioilta. Mikäli kohde viivästyy urakoitsijasta riippumattomista syistä, neuvotellaan myös mahdolliset lisäaikavaateet tilanteen mukaan.

Mahdollisten poikkeamat ja niiden selvittely luo tyypillisesti lisäkustannuksia, jos työtä ei päästä suorittamaan ajallaan. Aikatauluun takaisin pääseminen usein vaatii lisäresursseja, ylitoita ja ryntäyskustannuksia, joiden kustannuksien jakautuminen vaihtelee tilannekohtaisesti. Yleisimmin rakenteiden kosteusvauriot ja näiden kuivatukset aiheuttavat viivästystä tuotannolle. Vaikka viivästys ei aiheuttaisi suoraan kustannuksia, luo viivästys painetta, kunnes työvaiheita päästään jälleen jatkamaan. Viivästyksen kohdalla pyritään löytämään korvaavaa edistävää työtä, joka ei haittaa muiden töiden etenemistä suunnitellusta.

11. Mitä kehitysideoita?

Tahtituotannolla toteutettavan rakennushankkeen aikataulua tulee tarkentaa monta kertaa ennen aloitusta sisäisesti ja yhdessä muiden urakoitsijoiden kanssa. Ennakointi ja jatkuva tuotannon kehittäminen on tärkeässä roolissa. Työvaiheiden mahdollisimman tarkka tekninen ennakkosuunnittelu ja työjärjestyksen

suunnitteluun on kiinnitettävä erityisesti huomiota. Erilaisista hankkeista hankittua kokemusta on hyvä jakaa työyhteisön sisällä sekä hyödyntää saatuja kokemuksia tulevissa hankkeissa. Rakennuttajan tulisi yhdessä urakoitsijan kanssa käyvätkohdetta huolellisesti läpi ennen aloitusta tehden tarvittavia kuntotutkimuksia, jolloin iso osa mahdollista haasteita tuotannon aikana pystyttäisiin välttämään.

Tahtituotannossa toimivan logistiikan merkitys on suuri, jolloin suurissa hankkeissa tulisi olla logistiikkavastaava. Materiaalinhallinnan ja määrien tulee olla suunniteltu tuotantoon sopiviksi sekä jätehuolloin tulee olla toimivaa. Osana toimivaa logistiikkaa tärkeä osa on tilannekuvan säilyttäminen ja ylläpito. Tilannekuvan säilyttämisellä on merkittävä rooli tuotannonohjaamisessa, jolloin työvoima ja materiaali on ajallaan oikeassa paikassa. Tilannekuvaa päivitettävä, jotta mahdolliset poikkeamat ja aikatauluun vaikuttavat haasteet saadaan kaikkien urakoitsijoiden tietoon.

Tahtituotantotyömaalla viestintä on kriittisessä asemassa. Työmaan sisäisen viestinnän on toimittava, jotta haasteisiin voidaan reagoida välittömästi. Urakoitsijoita olisi hyvä velvoittaa osallistuminen päivittäiseen aikataulupalaveriin, jossa voidaan yhteensovittaa työt ja tuoda esille ongelmakohdat. Viestintä rakennuttajalle ja suunnittelijoille tulee olla sujuvaa sekä ongelmien käsittelyprosessit nopeita.

Tuodaan rakennuttajan kiinnostus paremmin tahtituotantoon ja sovitaan mahdollisesta palkkiosta, jos hanke saadaan valmistumaan laadukkaasti nopeammin. Kohteessa voidaan suorittaa mahdollisia osaluovutuksia sisäisesti tai rakennuttajan kanssa, jolloin kohde saadaan mahdollisesti osittain käyttöön aikaisemmin. Laadunvalvonta ja työvaiheiden tarkastukset saataisiin pidettyä systemaattisesti aikataulun pohjalta. Systemaattinen koulutusjärjestelmä työnjohtajille ja mahdollisesti rakennuttajalle, jossa henkilöt perehdytetään tahtituotantoon johdonmukaisesti portaittain osaamisen mukaan.

6.3 Haastatteluiden yhteenveto

Osiossa käsitellään haastattelujen pohjalta esille nousseita keskeisiä haasteita ja onnistumisia tahtiaikataululla toteutettavassa korjausrakennushankkeessa. Lopussa käsitellään haastattelujen pohjalta nousseita johtopäätöksiä.

6.3.1 Haasteet

Tahtiaikataulun toteutukseen aiheuttaa haasteita rakenteelliset poikkeamat ja rakenneauriot. Usein ennakkotiedoissa saattaa olla suuriakin poikkeamia todellisuuteen, ja ne saattavat perustua vain oletuksiin. Epätietoisuus ja suunnitelmien soveltumattomuus toteutukseen aiheuttavat viivästyksen tahtiaikataulun toteutukseen. Haasteisiin reagoimattomuus ja hidas päätöksentekoprosessi aiheuttaa merkittävää aikataulullista haittaa. Tarkkaa työnsisältöä ei aina tiedetä ennalta, jolloin tarkka työmäärä ei ole tiedossa. Epäselvyyksien seurauksena viivästyneet työvaiheet lisäävät tarvetta lisäresursseille.

Haasteita aiheuttaa rakennushankkeen monimuotoisuus ja monen eri työvaiheen omaava työnsisältö sen vikaherkkyden takia. Logistiikan ja materiaalien toimituksien tarkkuuden puutteellisuuden myötä aiheutuu viivästystä töiden aloitukselle. Vuodenaikoihin, luonnonilmiöihin ja sairastumisiin varautumiselle tarve. Uuteen rakennushankkeeseen perehtymiseen ja suunnitteluun jää ajoittain liian vähän aikaa työnjohdolle.

Rakennushankkeissa käyttäjän ollessa paikalla, tuo tämä yhden muuttujan toteutukseen lisää, jolloin käyttäjälle viestinnän ja ohjeistuksen ajantasaisuus korostuu. Työmaan sisäisessä viestinnässä ja urakoitsijoiden sitouttamisessa haasteita, jos ei sitä erikseen veloiteta. Aikatauluohjelmien käyttöön ja perehtymiseen opastusta urakoitsijoille sekä työnjohdolle.

6.3.2 Onnistumiset

Selkeitä hyötyjä saatu aikataulutehokkuuteen ja rakennushankkeiden lyhentyneisiin läpivientiaikoihin. Parhaiten onnistuvat rakennushankkeet, joissa on selkeä työnsisältö, vaihtelu vähäistä ja remontin työnsisältö samankaltainen eri alueiden välillä. Työnsuoritusta ja laadunvalvontaa voidaan suorittaa systemaattisesti, jonka seurauksena lopputulos on tasalaatuista. Tilannekuvan tarkkuus ja poikkeamat havaitaan heti. Viestintä urakoitsijoiden ja rakennuttajaorganisaation kanssa sujuvaa.

Työvaiheiden selkeä toteutusjärjestys mahdollistaa työkohteen rauhoittamisen eri tehtäville. Hyvin suunnitellussa aikataulussa työvaiheiden tekninen järjestys pysyy oikeana, edesauttaen laadukasta lopputulosta. Jokainen työntekijä tietää mitä tekee seuraavaksi ja suorittaa kyseisen tahdin sille määrättyä ajankohdana, edistäen tehokasta työntekoa. Materiaalitoimitukset tulevat ajallaan ja oikein mitoitettuna.

Tahtiaikataululla toteutetuissa korjausrakennushankkeissa on lähtötiedot varmennettu tarvittaessa rakenneavauksin. Toteutettu malliasunto ennen varsinaisen rakennushankkeen aloitusta, jolloin saadaan työmenetelmät selville ja epäselvyyksiin selkeys. Rakennuttajalle ja urakoitsijalle tahtituotannolla saadaan kustannuksien ennustettavuuteen ja seurantaan selkeyttä.

Toteutettavan työnsisällön ollessa epäselvä korjausrakennushankkeen aloitusta on aikatauluun laadittu varoja sekä mietitty varatyö valmiiksi, jolloin edistävää työtä voidaan suorittaa selvittelyjen lomassa. Rakennuttajaorganisaation kanssa viestintä nopeaa ja ratkaisukeskeistä, jolloin päätöksentekoprosessi saadaan nopeaksi ja tahtituotantoon soveltuvaksi.

6.3.3 Johtopäätökset haastatteluista

Lähtötietojen puutteellisuus aiheuttaa usein haasteita tahtituotannon toteutuksessa. Rakennuttaja ja urakoitsijan tulee huolella käydä kohde ja haluttu

työnsisältö läpi tehden mahdollisia kuntotarkastuksia. Rakennushankkeissa, missä on päästy tekemään koepurkuja ja mahdollinen malliasunto, on saatu suurin osa mahdollista toteutuksen haasteista ratkaistua.

Tahtiaikataulussa on tärkeää tarkentaa tuotantosuunnitelmaa monta kertaa ennen rakennushankkeen aloitusta. Aikataulu on hyvä laatia yhdessä urakoitsijoiden kanssa, jolloin saadaan urakoitsijoiden näkemystä ja asiantuntijuutta hyödynnettyä tehokkaasti saavuttaen toimivan aikataulun. Yhdessä hyvin suunniteltuun aikatauluun on helppo sitoutua ja sitouttaa urakoitsijat. Samalla urakoitsijat saavat tietoa tarvittavista resursseista ja resurssikuormasta, jolloin pystytään tekemään mahdollisia muutoksia aikatauluun työkuorman tasaamiseksi.

Uuden alkavan rakennushankkeen perehtymiseen ja suunnitteluun ajoittain jää liian vähän aikaa, jolloin hankkeen alkaessa syntyy haasteita ja painetta. Rakennushankkeen aikataulun suunnitteluvaiheessa tulisi saada kohteessa toimiva työnjohto paremmin mukaan aikataulun suunnitteluun yhdessä urakoitsijoiden kanssa. Korjausrakentamisessa tahtituotannossa on erityisen tärkeää mahdollisten haasteiden ennakointi, jotta nämä pystytään aikataulussa huomioimaan luoden tarvittavia varoja. Työvaiheiden järjestys suunniteltu työteknisesti hyvin toteutettavaksi, jolloin korostuu yhteistyö muiden urakoitsijoiden kanssa.

Tahtiaikataulussa keskeisessä asemassa on toimiva logistiikka, jolla varmistetaan asennuksien toteutuminen ajallaan. Suurissa hankkeissa logistiikalle on hyvä asettaa oma logistiikkavastaava, joka voi olla työnjohtaja tai ulkoistettu urakoitsijalle. Materiaalitoimitusten määrät tulee olla tahtiaikatauluun soveltuvia tai työmaalla riittävät varastointimahdollisuudet, jolloin materiaali saadaan toimitettua oikeansuuruisissa erissä. Materiaalinmenekki jokaiselle tahdille tulisi olla helposti saatavilla tai laskettu ennalta. Tärkeä osa toimivaa logistiikkaa on myös jätehuolto, jossa työmaalta poistetaan ylimääräinen jäte tai materiaali, jolloin tahdialue vapautuu seuraavalle työvaiheelle.

Työmaan tilannekuvan ylläpitoon tulee saada urakoitsijat osallistumaan. Tehtävien kuittaamisessa on ajoittain haasteita, jolloin tilannekuva häiriintyy. Hyvä

käytäntö on velvoittaa urakoitsijat sopimusteknisesti käyttämään aikatauluohjelmaa ja perehdyttää heidät sen käyttämiseen. Ajan tasalla olevat tilannekuva palvelee jokaista urakoitsijaa ja siitä saadaan tehokkaasti mahdolliset toteutuksen viivästymiset ja esteet selville. Tahtituotanto työmaalla on hyvä järjestää jokaamuinen palaveri, jossa käydään töiden tilanne läpi päivä ja viikkokohtaisesti, johon urakoitsijan edustaja tulisi myös velvoittaa. Aamuisin tapahtuvalla pikaisella palaverilla saadaan tehokkaasti vaikutettua ongelmakohtiin ennen niiden laajenemista.

Toimiva ja sujuva viestintä on tärkeä osa tahtituotantoa työmaan sisäisesti, kuin myös rakennuttaja organisaation suuntaan. Työmaan sisäistä viestintää urakoitsijälähtöisesti siten, että urakoitsijat keskenään viestittävät ja sovittavat töitä yhteen. Rakennuttajan suuntaan on tärkeä olla valmiit sovitut menetelmät, jotta vastaukset ja mahdolliset lisä- ja muutostyöt saadaan käsiteltyä sujuvasti. Rakennuttaja voidaan perehdyttää tahtiaikatauluun ja sen hyötyihin tarvittaessa. Rakennuttajan kanssa voidaan neuvotella mahdollinen palkkio urakoitsijalle, kun rakennushanke saadaan valmistumaan nopeammin ja laadukkaasti.

Laadunvarmistamista suoritetaan sisäisesti systemaattisesti osaluovutuksilla hyvissä ajoin, jolloin saadaan laatu varmistettua sekä välttämään ylimääräiseltä kii-reeltä. Rakennuttajalle voidaan kohde luovuttaa myös osissa, jolloin saadaan mahdolliset puutteet korjattua jo urakanaikana ja rakennuttaja mahdollisesti voi saada kohteen osittain käyttöön aikaisemmin. Aikaisempi käyttöönotto mahdollistaa käyttäjän omien valmistelujen aloituksen tai tilojen osittaisen käyttöönoton minimoiden mahdolliset vuokramenetykset.

Kokemus tahtiaikataulusta on luonnollisesti vaihtelevaa jokaisella yrityksessä työskentelevällä sekä uusilla tulevilla työnjohtajilla. Nousi myös esille tarve systemaattiselle kouluttamiselle tahtiaikatauluun, jossa kouluttaminen tapahtuu portaittaisesti osaamisen mukaan. Tällöin voidaan tehokkaasti opastaa nykyisiä ja uusia työnjohtajia johdonmukaiseen toimintaan tahtiaikataulun parissa.

7 Johtopäätökset

Lähtötietojen tarkkuutta voidaan huomattavasti tarkentaa rakenneavauksia tekemällä ennakkoon, mikäli rakennusaikaisia suunnitelmia ei löydy tai ne ovat epäselviä. Asuntojen tai remontoitavien tilojen kartoitusta on erityisen tärkeää tehdä ennen tahtiaikataulu rakennushankkeeseen ryhtymistä. Kartoitusta tekee yleensä rakennuttaja tai rakennuttajan toimesta konsultti, jolloin saadaan tarkempaa tietoa kohteen kunnosta sekä rakenteista. Tällöin pääurakoitsija pystyy suunnittelemaan ja aikatauluttamaan vaadittavaa työpanosta tarkemmin jo tarjousvaiheessa. Lähtötietojen tarkkuus on rakennuttajan ja urakoitsijan etu, jolloin urakkatarjousta laaditaan vähemmän arvailujen ja oletuksien varaan.

Mikäli hankkeessa on mahdollista tehdä asunnosta tai tilasta mallipurku riittävän ajoissa ennen rakennusvaiheen aloittamista, saadaan varmuus lähtötietojen tarkkuuteen ja voidaan tehdä tarvittavat suunnitelmamuutokset. Mahdollisia poikkeamia päästään suunnittelemaan yhdessä urakoitsijan ja suunnittelijoiden kanssa, tällöin poikkeamat saadaan ratkottua paremmilla suunnitteluratkaisuilla. Suunnitelmamuutokset eivät yleensä aiheuta aikataulullisia haasteita, kun muutokset saadaan tietoon riittävän ajoissa.

Tuotannon aikaisia ongelmia ja epäselvyyksiä voidaan vähentää tekemällä malliasennukset tai malliasunto. Ennalta tehdyt malliasennukset paljastavat mahdollisia tuotannaikaisia ongelmakohtia, jolloin toteutukseen voidaan tehdä mahdolliset muutokset. Tehdyt malliasennukset toimivat esimerkkinä urakoitsijoille, joka vähentää epäselvyyksiä ja näistä johtuvaa haasteita. Malliasennukset luovat yhtenäisen käsityksen kaikille laadusta, poistaen asennuksen aikaisia epäselvyyksiä.

Tuotannon aikana ilmenevät ongelmat usein aiheuttavat aikatauluhaasteita. Ongelmaa, mitä ei saada ratkaistua tahdin aikana, aiheuttaa työlle viivästyksen. Mikäli kyseessä on tahdistava työvaihe, tarkoittaa tämä seuraavienkin työvaiheiden viivästyistä. Jos ongelma koskee yksittäistä tahtialuetta, voidaan hypätä tämän yli seuraavaan keskeyttämättä työtä. Tahtialueen ollessa

kerrostalorakennuksessa ongelmat puolestaan voivat vaikuttaa kokonaisiin linjoihin, jolloin ongelman laajuus on huomattavasti merkittävämpi.

Usein laajalti vaikuttavan ongelman aiheuttamat viivästyksset vaikuttavat moniin eri tehtäviin tahtituotannossa, jolloin aikataulullisesti hankkeen ohjaaminen menee helposti sekavaksi. Tarvittaessa koko tahtijunan siirtäminen voidaan tehdä aikataulun salliessa, jolloin tehtävien järjestys saadaan pidettyä loogisena. Tahtituotannossa aikataulun pohjalta tehdään usein valtaosa hankinnoista, jolloin joudutaan aikataulua päivittämään monelle eri taholle työmaan ulkopuolellakin. Tämä voi olla rakennushankkeessa mukana olevalle työnjohdolle työlästä, jos hankintoja on tehty monelta eri toimittajalta.

Mikäli tahtijunan siirtoa ei tehdä tai aikataulullisesti se ei ole mahdollista, selvitetään mitä työvaiheita voidaan tehdä ongelmakohtien ulkopuolella helpottaen aikataulun kirimistä. Ongelman selvetessä alkaa välitön aikataulun kiriminen, joka tyypillisesti tarkoittaa ylitoita tai resurssien lisäämistä. Kiriminen aiheuttaa helposti päällekkäisyyksiä, joka edellyttää hyvää yhteistoimintaa ja kommunikointia kaikkien urakoitsijoiden välillä.

Aikatauluviivästyksiin voidaan varautua puskureilla. Aikataulua suunniteltaessa löydetään tahdistavimmat työvaiheet ja aikataulutetaan näille puskuria. Käytännössä jätetään tehtävien aloitusten välille puskuria, jota voidaan tarvittaessa käyttää tehtävän toteutukseen tai seuraavan tehtävän valmisteluun. Kireässä aikataulussa haittojen varalle voidaan varata viikonloput. Laajojen työkokonaisuuksien kohdalla voidaan käyttää myös suurtehtäviä, jolloin ongelmia kohdattaessa voidaan kuitenkin edistää työtä tehtävän sisällä.

7.1 Kehitysideat yritykselle

Tahtituotannolla toteutettavassa korjausrakennushankkeessa tulee varmistaa tuotantomuodolle tarvittavat edellytykset. Lähtötiedoista tulee varmistua tai sopia rakennuttajan kanssa tarvittavista koepuruista ja rakenneavauksista. Mikäli halutun työnsisällön toteuttamisesta ei voida varmistua, täytyy selvittelyille

varata riittävästi aikaa ennen tahtituotannon aloittamista. Yhtenä ratkaisuna rakennushankkeen purkuvaiheeseen varattavan ajan pidentäminen lähtötietojen ollessa puutteellisia. Mikäli tehtävien tarkka toteutus ei ole tiedossa tulisi tehtävien välille varata puskuria.

Urakoitsijat tulee paremmin velvoittaa tehtävien kuittaamiseen, joka ylläpitää tilannekuvaa. Urakoitsijat veloitetaan osallistumaan jokapäiväiseen aamupalaveriin, jossa tarkistetaan työvaiheiden eteneminen ja mahdolliset esteet työn suorittamiselle. Samalla jatkuvasti varmistetaan edellytykset seuraavien työvaiheiden alkamiselle.

Työvaiheiden tekninen toteutus ja päällekkäisyydet suunniteltu oikeaksi sisäisesti sekä yhdessä urakoitsijoiden kanssa ennen tuotantoa, jolloin tuotannon aikana tehdään vain pientä hienosäätöä. Urakoitsijat ovat tärkeä saada paremmin osallistumaan yhteisesti aikataulun suunnitteluun ja päivittämiseen tarvittaessa tuotannon aikana. Usein työnjohdolla on liian vähän aikaa osallistua uusien rakennushankkeiden perehtymiseen ja aikataulun suunnitteluun.

Rakennuttaja perehdytään tarvittaessa tahtituotantoon ja laaditaan yhdessä tehokas päätöksentekoprosessi, jotta haasteiden kohdalla tuotantoon saadaan tuotettua ratkaisut tehokkaasti. Jos rakennuksen kuntoa ei päästä varmistamaan ennakkoon, laaditaan ennalta toimintasuunnitelma poikkeamien varalle.

Luodaan systemaattinen koulutusjärjestelmä tahtituotantoon, jossa koulutetaan osaamisen mukaan portaittain. Koulutuksessa opastetaan aikatauluohjelmien käyttöä sekä tahtituotantotyömaata yleisesti. Hyödynnetään osaamista yrityksessä ja mahdollisia esimerkkejä onnistuneista tahtiaikatauluista. Laaditaan urakoitsijoille opas ja tarvittaessa koulutetaan lisäksi aikataulun ylläpitoon.

Materiaalitoimitukset tulisi pilkkoa sopiviksi paketeiksi aikataulun mukaisesti, jotta materiaalin varastoinnin tarve olisi vähäistä. Tarkat materiaalien tah-
tialuekohtaiset määrät voisi saada laskennasta eriteltyinä, joka helpottaa työnjohdon työtä materiaaleja tilattaessa.

7.2 Jatkotutkimuksen aiheita

Urakkasopimus pohjan päivittäminen tahtituotantotyömaalle sopivaksi. Urakoitsijoille asetetaan velvoitteet tai kannustimet tehtävien kuittauksille sekä aikataulussa pysymiseen. Velvoitteiden tulee olla kohtuullisia ja urakoitsijasta riippumattomat viivästykset huomioitu.

Rakennushankkeesta ja tämän työnsisällöstä riippuen tulee suunnitella, mitkä työvaiheet ovat taloudellisesti sekä tehokkuuden takia järkevää tahdistaa, eikä toteuttaa tahtituotannolla. Suurilla työmailla osa työnsisällöstä voi kannattaa toteuttaa tahtitaikataulun ulkopuolella, jolla voi olla myös taloudellisia hyötyjä.

Palkkiojärjestelmä rakennuttajan ja urakoitsijan välillä, jossa huomioitu molempien edut. Rakennuttaja saa kohteen aikaisemmin käyttöön luoden säästöä, jolloin urakoitsijaa voitaisiin kannustaa tähän palkkiojärjestelmällä.

8 Yhteenveto

Tahtituotannon selkeät hyödyt ovat tunnistettu rakennusalalla. Rakennushankkeiden läpivientiaikoja on saatu nopeutettua ja laatua parannettua. Kuitenkin rakennusalana moniulotteisuus aiheuttaa sujuvalle tahtituotannolle usein haasteita. Erityisesti korjausrakentamisessa korostuu lähtötietojen tarkkuus, joiden avulla voidaan luoda toimiva tahtiaikataulu. Tavoitteena oli tutkia ja löytää keskeisiä haasteita korjausrakentamisessa tahtituotannolla.

Korjausrakentamista voidaan tehdä monessa eri muodossa ja eri asteella. Korjaustoimenpiteet voivat olla vuosihuoltoa tai suurempia peruskorjauksia korjaustarpeen ja tilaajan tahtotilan mukaan. Hyvällä suunnitelmallisella korjaamisella ja dokumentaatiolla saadaan tulevat korjaustarpeet ennakoitua sekä suunniteltua optimaaliseksi. Korjaustöiden haastavuuteen vaikuttaa monen eri tekijä.

Rakentamiseen on haluttu tuoda tehokkuus teollisuudesta. Tavoitteen pyrkii minimoimaan mahdollisimman paljon tuottamatonta työtä ja tehdä rakennusprosessista liukuhihnamaista. Taustalla Lean-ajattelu, jolla pyritään täsmällisyyteen ja systemaattiseen toimintaan luomalla virtauksen tuotantoprosesseille.

Tahtituotannossa työvaiheista muodostetaan tehtäviä, jotka suoritetaan loogisessa järjestyksessä luomalla tehtävistä virtauksen. Tavoitteena luoda tasaista työkuormaa ja systemaattista työn etenemistä. Menetelmällä jokaisen osapuolen on suoritettava oma tehtävästä laadukkaasti, jotta seuraava tehtävä pääsee alkamaan suunnitellusti. Asentaja tai työryhmä pääsee etenemään tasaisesti ja ennakoitusti eteenpäin tehostaen tuotantoa.

Tahtiaikataulun suunnittelussa tulee huomioida monta eri tekijää samanaikaisesti. Tehtävien järjestys tulee olla oikea ja riippuvuudet tunnistettu, jotta työt etenevät sujuvasti. Päätös tahtituotannon käyttämisestä rakennushankkeessa tulee tehdä jo varhain, sillä se oleellisesti vaikuttaa tuotannonsuunnitteluun. Usein korjausrakennushankkeissa ilmenee erilaisia haasteita tuotannossa, jolloin aikatauluun on hyvä varata puskureita.

Tahtiaikataulussa pysyminen edellyttää koko projektiorganisaation tiivistä yhteistyötä korjausrakennushankkeessa. Usein ratkaisuja ja päätöksiä tarvitaan nopeasti, jotta koko tuotanto ei viivästy. Purkutyö on korjausrakennushankkeen kriittinen vaihe, jolloin paljastuu rakenteelliset poikkeamat. Aikatauluun voi merkittävästi vaikuttaa haitta-ainepurkutöiden lisääntyminen, mikäli tarve näille esiintyy eikä siihen ole aikataulullisesti varauduttu.

Logistiikan ja hankintojen suunnittelu on tehtävä huolellisesti, sillä se on suuressa roolissa tahtiaikataulun toteutuksessa. Materiaalia on oltava oikea määrä saatavilla oikeassa paikassa ajallaan, jotta tehtävät edistyvät suunnitellusti. Tahtituotannossa korostuu pienempien toimituksen määrä, jolloin tahtialueelle ei varastoidu liikaa ylimääräistä materiaalia haitaten seuraavien tehtävien toteutusta.

Tahtituotannossa korostuu pääurakoitsijan työnsuunnittelu ja johtaminen. Eri työvaiheet täytyy yhteensovittaa urakoitsijoiden kanssa. Tehtävien edellytyksien varmistaminen ja luonti on edellytys toimivalle tahtituotannolle. Tehtävien toteutumista seurataan reagoiden välittömästi poikkeamiin töiden etenemisessä. Oikeinmitoitetuilla tehtävillä pysytään aikataulussa ja pidetään kustannukset ennustettavina. Seurataan suunnitelmien toteutuskelpoisuutta ja tarvittaessa ilmoitetaan suunnitelmatarpeista ajoissa häiritsemättä tuotannon etenemistä.

Insinööriyöllä kartoitettiin yrityksen tahtituotannon nykytilaa kattavasti, jonka pohjalta löydettiin onnistumiset ja kehityskohteet. Onnistunut tahtituotannolla toteutettu korjausrakennushanke vaatii monen eri tekijän samanaikaista huomiointia ja suunnittelua. Korjausrakennushankkeessa korostuu merkittävästi lähtötietojen tarkkuus aikataulun laadinnassa. Mikäli lähtötiedoissa oletetaan olevan poikkeamia, tulee aikatauluun varata enemmän puskuria sekä laatia toimintasuunnitelma, mikäli työtä ei päästä suunnitellusti edistämään. Tahtituotannolla tehtävissä korjausrakennushankkeissa korostuu merkittävästi rakennuttajaorganisaation ja urakoitsijoiden yhteistyö. Lähes poikkeuksetta korjausrakennushankkeissa ilmenee eritasoisia poikkeamia suunniteltuun, jolloin tarvitaan nopeita ratkaisuja ja päätöksiä.

Lähteet

- 1 Tahtituotannon perusteet: ”Miten ja miksi sitä tulisi harjoittaa työmaalla?”. Verkkoaineisto, Sitedrive <<https://sitedrive.com/fi/blogi/tahtituotannon-perusteet/>> Luettu 23.10.2024
- 2 Logistiikan Maailma: JIT (Just-in-time) ja imuohjaus <<https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/prosessien-kehittaminen/jit-just-in-time-ja-imuohjaus/>> Luettu 10.12.2024
- 3 Ratu, 2017. Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus, Rakennustieto Oy
- 4 Mölsä, Seppo. Rakennuslehti 7.11.2019. ”Onko tahtituotanto työmaalle riski? – 25 mestarin kokemukset kertovat joustavuudesta ja laadun parantamisesta”. <<https://www.rakennuslehti.fi/2019/11/onko-tahtituotanto-joustamaton-riskikokeilu-building-2030-testasi-asian-pilottiprojekteissa/>> Luettu 27.10.2024
- 5 Mölsä, Seppo. Rakennuslehti 30.12.2019. ”Mistä puhumme, kun puhumme tahtituotannosta?”. <<https://www.rakennuslehti.fi/2019/12/mista-puhumme-kun-puhumme-tahtituotannosta/>> Luettu 20.10.2024
- 6 Ratu, 2023. Aikataulukirja 2024, Rakennustieto Oy
- 7 Mittaviiva Oy, Talonrakennusteollisuus ry. Laadukasta rakentamista, Työmaan hyviä käytäntöjä <https://www.mittaviiva.fi/wp-content/uploads/ISBN-978-952-93-6667-5_Laadukasta_rakentamista_2015_NETTI-1.pdf> Luettu 20.1.2025
- 8 Huhtamäki, Jussi 2022 <<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/744191/Jussi%20Huhtam%C3%A4ki%20%20Logistiikan%20hallinta%20tahtituotannolla%20toteutettavasa%20asuinkerrostalohankkeessa.pdf?sequence=2>>
- 9 Talonrakennusteollisuus RT ry, VTT, Mittaviiva Oy. Rakennustyömaan toimitusten ohjaus. <https://publications.vtt.fi/julkaisut/muut/2009/Rakennustyomaan_toimitusten_ohjaus_091116.pdf> Luettu 28.12.2024
- 10 Nikkinen, Noora 2022 <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/744786/Noora_Nikkinen.pdf?sequence=2>
- 11 Rakennustieto Oy, 2004. KH 96-00344 Vuokratalojen peruseräparannushankkeen kulku

- 12 Ratu KI-6033, 2018. Rakennushankkeen kustannushallinta, Rakennustieto Oy
- 13 Ympäristöministeriö, Rakentaminen ja korjaaminen. <<https://tilatjaterveys.fi/toimintamalli/rakentaminen-ja-korjaaminen>> Luettu 10.5.2025
- 14 RIL ry, 2024. Tahtituotanto, Opas 2
- 15 Ratu S-1236, 2021. Olosuhteiden hallinta rakentamisessa, Rakennustieto Oy
- 16 Ympäristöministeriö, 2019. Kosteus- ja mikrobivaurioituneiden rakennusten korjaus
- 17 Renevo Oy, tietokannat