



RAKENNUSPROJEKTIN AIKATAULUN TEHOKAS JOHTAMINEN

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden diplomityö

2023

Tekijä Lassi Saari

Tarkastajat: Professori Juhani Ukko

Apulaisprofessori Minna Saunila

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Teknis-luonnontieteellinen

Tuotantotalous

Lassi Saari

Rakennusprojektin aikataulun tehokas johtaminen

Tuotantotalouden diplomi-insinööri

2023

104 sivua, 18 kuviota, 9 taulukkoa, 4 kuvaa ja 1 liite

Tarkastajat: Professori Juhani Ukko ja Apulaisprofessori Minna Saunila

Avainsanat: Aikataulujohdaminen, aikatauluhallinta, rakennusala, tehokkuus, Lean, PMBOK

Rakennusalan yritysten tuottavuutta ja kannattavuutta heikentää tehoton aikataulujohdaminen ja siitä kumuloituvat haasteet projekteille. Rakennusprojektin läpivienti mahdollisimman tehokkaasti ja laadukkaasti on ollut jo pitkään alan yritysten kehityksen keskiössä. Tehokkaalla aikataulujohdamisella yritys voi saavuttaa merkittäviä ja kestäviä kilpailuetuja kilpailijoihin nähden, joten aikataulujohdamisen- ja hallinnan kehittäminen on olennaista menestyvälle yritykselle. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa rakennusprojektien tehokkuuden, tuottavuuden ja kannattavuuden parantamista aikataulujohdamisen keinoin. Osana tutkimusta selvitettiin aikataulujohdamisen ja -hallinnan merkitystä kokonaisuudessaan menestyvällä rakennusprojektilla. Tutkimuksen tavoitteeseen pyrittiin tehostamalla tapausyrityksen aikataulujohdamisen ja -hallinnan keinoja. Tehostamista kohden pyrittiin kartoittamalla suurimmat olemassa olevat haasteet aikataulujohdamisen saralla, jonka kautta yhdessä muun tutkimusaineiston perusteella luotiin tehokkaan aikataulujohdamisen prosessikaavio.

Tutkimuksen tapausyrityksenä oli suuri suomalainen rakennusyritys. Tutkimus toteutettiin tapaus tutkimuksena hyödyntäen kvalitatiivista eli laadullista tutkimuslinjaa. Tutkimuksen tarkoituksena oli ymmärtää tutkimuskohdetta ja sen prosesseja, johon valittu tutkimusmenetelmä soveltui hyvin. Tutkimuksen aineistot kerättiin haastatteluiden sekä havainnoinnin ja sekundääriaineiston kokoamisen avulla. Itse tutkimuksen rakenne muodostui johdannosta, perehtymisestä rakennustuotantoon teollisuudenalana, syventymisestä aikataulujohdamisen menetelmiin, tutkimuksen toteutuksesta, tuloksien jäsentelystä ja lopputuloksien analysoinnista.

Tutkimuksen lopputuotoksena luotiin tehokkaan aikataulujohdamisen prosessikaavio tukemaan aikataulujohdamista ja sen vaiheita. Prosessikaavio koostuu seitsemästä kokonaisuudesta, jotka ovat järjestyksessään: ennakkosuunnittelu, kohderyhmä, tarkkuustaso, esittäminen, laadinta, arviointi ja seuranta. Tulokset osoittavat prosessikaavioon sisällytettyjen kokonaisuuksien kokonaisvaltaisen hallitsemisen ja järjestelmällisen noudattamisen saavuttavan tehokasta aikataulujohdamista.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Engineering Science

Industrial Engineering and Management

Lassi Saari

Effective Management of the Construction Project Schedule

Master's thesis

2023

104 pages, 18 figures, 9 tables, 4 pictures and 1 appendix

Examiners: Professor Juhani Ukko and Associate Professor Minna Saunila

Keywords: Schedule management, schedule control, construction industry, efficiency, Lean, PMBOK

The productivity and profitability of construction companies is weakened by inefficient schedule management and the resulting challenges for projects. Completing the construction project as efficiently and with high quality as possible has long been at the center of the development in the field. With effective schedule management, a company can achieve significant and sustainable competitive advantages over competitors, so the development of schedule management and management is essential for a successful company. The goal of this study was to map the improvement of the efficiency, productivity, and profitability of construction projects by means of schedule management. The goal of the study was to enhance the means of schedule management and management of the case company. Efficiency was aimed by mapping the biggest existing challenges in the field of schedule management, through which, together with other research material, a process diagram of effective schedule management was created.

The case company of the study was a large Finnish construction company. The research was carried out as a case study using a qualitative research line. The purpose of the research was to understand the research object and its processes, for which the chosen research method was well suited. The research materials were collected with the help of interviews, observation, and secondary data. The structure of the research itself consisted of an introduction, familiarization with construction production as an industry, delving into the methods of schedule management, implementation of the research, structuring of the results and analysis of the results.

As the product of the research, a process diagram of effective schedule management was created to support schedule management and its phases. The process diagram consists of seven entities, which are in order: pre-planning, target group, accuracy level, presentation, making of, evaluation, and follow-up. The results show that comprehensive management and systematic compliance of the entities included in the process diagram achieves effective schedule management.

KIITOKSET

Diplomi-insinöörin opinnot huipentuvat diplomityön kirjoittamiseen. Itselleni diplomityön kirjoittaminen on ollut intensiivinen projekti, joka on ollut ennen kaikkea opettavainen kokemus. Työtä kirjoittaessa on tullut syvennyttyä rakennusalan ohella yleisesti projektijohtamiseen ja sen moninaisiin haasteisiin. Olen oppinut ja ymmärtänyt monia asioita, joita en olisi ilman tätä lopputyötä varmasti ikinä tullut omaksumaan – ainakaan tästä lähestymiskulmasta. Tästä on minulle varmasti tulevaisuudessa hyötyä sellaisella tavalla, jota en kykene tällä hetkellä edes kuvittelemaan.

Haluan kiittää kaikkia osapuolia, jotka ovat olleet matkassa mukana ja auttaneet minua selviytymään kunnialla maaliviivalle ja sen yli. Epäilen, että ilman LUT-yliopistoa minusta ei olisi koskaan tullut diplomi-insinööriä. Aluksi haluan kiittää koko LUT-yliopistoa ja erityisesti sen Lahden tuotantotalouden organisaatiota, eritoten suorituskyvyn tutkimusryhmää. Erityisen kiitoksen haluan osoittaa työni ohjaajalle ja sen tarkastajalle Juhani Ukolle, suuret kiitokset ohjaamisesta ja kommentoinnista koko projektin ajan. Kiitokset myös parhaille kurssikavereille kaikkien myöhäisten perjantai-iltojen jakamisesta, erityisesti Marion, Ari, Mira ja Jukka.

Suuret kiitokset työkollegoilleni sekä opastajilleni Sakulle ja Juholle. Kiitos kaikesta tuesta ja avusta, jota olette tarjonneet koko opintojeni ajan! Kiitokset myös kaikille muille työkavereille, jotka ovat olleet jakamassa arkea: Jari L., Valtteri, Juho N., Jari R. ja kaikki muut ketkä ovat olleet tukemassa minua. Kiitos myös kaikille haastateltaville panostuksesta ja hyvistä keskusteluista, teidän avullanne työ oli mahdollista saattaa loppuun ja pitää se mielenkiintoisena.

Lopuksi haluan vielä kiittää perhettäni ja ystäviäni mielenkiinnosta, ymmärryksestä ja kaikesta mahdollisesta tuesta, jota olette minulle tarjonneet. Aivan oma kiitos kuuluu kihlatulleni Pauliinalle ainaisesta tuesta, välittämisestä ja joustamisesta mitä olet osoittanut minua kohtaan, kiitos!

Tampereella 21.4.2023

Lassi Saari

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

1	Johdanto.....	6
1.1	Tutkimuksen tausta ja tutkimusongelma.....	6
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	8
1.3	Tutkimusmenetelmät.....	9
1.4	Tutkimuksen rakenne	14
2	Rakennustuotanto teollisuudenalana	15
2.1	Rakennustuotannon ominaispiirteet	15
2.2	Rakennustuotanto 2000-luvulla	20
2.3	Rakennustuotannon johtaminen	24
2.4	Organisaatiokulttuuri ja sen vaikutus rakentamiseen.....	26
3	Aikataulujohtaminen	28
3.1	Aikatauluhallinnan kulmakivet	28
3.2	Project Management Body of Knowledge (PMBOK®).....	33
3.3	LEAN	40
3.4	LEAN rakennusalalla	44
3.5	Aikataulujohtamisen vaikutukset suorituskykyyn	47
4	Tutkimuksen toteutus: case-yrityksen aikataulujohtaminen	50
4.1	Kohde organisaatio ja tutkimuksen lähtökohdat	50
4.2	Aineiston kerääminen ja analysointi	51
5	Tulokset	58
6	Johtopäätökset	76
7	Yhteenveto.....	88
	Lähteet	91

Liitteet

Liite 1. Haastattelurunko

1 Johdanto

1.1 Tutkimuksen tausta ja tutkimusongelma

Rakennusprojektien viivästykset, ovat maailman laajuinen ongelma (Arantes ja Ferreira, 2020, s. 165). Aikataulujohtaminen (*schedule management*) on rakennusalan yksi tärkeimmistä hallittavista kokonaisuuksista, joten sen tehokkuuden kehittämisellä on suotuisat vaikutukset suoraan erinäisten projektien lopputulokseen (Lehtovaara ym, 2021, s. 77). Tehokkaalla aikataulujohtamisella pyritään varmistamaan rakennusprojektin valmistuminen määräajassa siten, että lopputuote saavuttaa asetetut tavoitteet myös muilla osa-alueilla, kuin pelkästään aikataulun suhteen (Jin, 2013). Meng ym. (2022) mukaan rakentamisen aikatauluhallinta (*schedule control*) linkittyy vahvasti kustannusten, laadun sekä muiden tavoitteiden toteutumiseen. Assafin ja Al-Hejjin (2006) kertoman mukaan rakennusprojektin viivästyminen määritellään ajan ylitykseksi joko sen päivämäärän, josta sopimuspuolet sopivat projektin toimittamisesta, tai vastaavassa sopimuksessa määritellyn valmistumispäivän jälkeen.

Edward E. Leamer (2014) esittää artikkelissaan *Housing Really Is the Business Cycle: What Survives the Lessons of 2008–09?* Yhdysvaltojen asuntomarkkinoista, että asuminen on yleisen suhdannesyklin kriittisin yksittäinen osa, jolla voi ennustaa tulevaa yleisistä markkinoista. Saman toteavat myös Kydland ym. (2016) artikkelissaan *Housing Dynamics Over the Business Cycle*, jossa he mainitsevat uusien asuntojen tuotannon ennustavan vahvasti BKT:n vaihteluita. Suomalainen suhdannesykli kestää – huipusta huippuun – noin neljä vuotta (Bergman, 2008), joten perinteisen kerrostalon rakentamisen kestäessä vuodesta kahteen, on rakentamisen aikataulutuksella (aloituksen ja valmistumisen suhteen) merkittävä rooli yrityksen kokonaisenestyksen kannalta.

Aikatauluteknisillä toimenpiteillä – kuten rakentamisen etenemisen vauhdittaminen, tuotantoklin lyhentäminen ja mahdollisimman nopea tuotantoon ottaminen – tuovat selvää kustannusetua (Li, 2018, s. 2). Ramanathan ym. (2012) mukaan rakennusprojektien viivästykset voivat lisätä kustannuksia ylityöpalkoista, kaluston vuokrista sekä muista juoksevista

kuluista, joita ei ole budjetoitu suunnitellun valmistumisen jälkeiselle ajalle. Rahoituksellisessa mielessä myös on tärkeää, että mitä lyhyemmän ajan yrityksen taloudelliset varat ovat kiinni projektissa, sitä nopeammin yrityksen on mahdollista saada uusia projekteja käynnistettyä (Hulett, 2011). Menestyksekkäällä aikataulujohtamisella rakennusyrietykset voivat välttää näitä ylimääräisiä kustannuksia ja näin myös budjetissa pysyminen on todennäköisempää.

Rakennusprojektit vaativat useiden eri resurssien, kuten työvoiman, koneiden ja laitteiden sekä materiaalien täsmällistä koordinoitua (Othman ym, 2014). Resurssien hallinta kohtaa rakennusyrietyksissä ennalta-arvaamattomia haasteita viivästymisten johdosta. Rakennusala on myös yksi työvoimaintensiivisimmistä toimialoista, joten henkilöstöresurssien johdonmukainen johtaminen on hyvin haastavaa projektien viivästyessä (Dainty & Loosemore, 2013). Tehokas aikataulujohtaminen auttaa varmistamaan, että näitä resursseja hyödynnetään tehokkaasti ja tuloksellisesti (Harris ym, 2013).

Puutteellinen viestintä sidosryhmien välillä on yksi suurimmista riskeistä, joka projektilla voidaan ottaa (Coble, 2018, s. 91). Hyvin hallittu aikataulu toimii myös arvokkaana viestintävälineenä, jonka avulla voidaan pitää kaikki tärkeät sidosryhmät ajan tasalla projektin etenemisessä. Se auttaa tunnistamaan mahdolliset ongelmat ja haasteet hyvin varhaisessa vaiheessa, jolloin projektien avainhenkilöt voivat tehdä korjaavia toimia heti haittojen minimoimiseksi. Lean-filosofiasta voidaan ammentaa näkökulmia ja menetelmiä rakennusalalle. Myerson (2012) on tiivistänyt, että leanin keskiössä on asiakasnäkökulmasta tarkasteltuna kaiken arvoa tuottamattoman toiminnan tunnistaminen ja poistaminen. Bajomo ym. (2022) kertoo tutkimuksessaan, että arvoa tuottamattomat työt aiheuttavat merkittävästi tuottavuuden laskua sekä heikkoa laatua. Tehokas ja onnistunut aikataulujen hallinta on välttämätöntä minkä tahansa rakennusprojektin onnistuneelle loppuunsaattamiselle. ”*Aikataulu on kivi-jalka, johon perustuvat resurssi- ja kustannusohjaus*”, se auttaa varmistamaan, että projekti valmistuu ajallaan, laaditun budjetin rajoissa ja asetettujen laatuvaatimusten mukaisesti (Pelin, 2008).

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tämän tutkimuksen päätavoitteena on tutkia rakennusprojektien tehokkuuden, tuottavuuden ja kannattavuuden parantamista aikataulujohtamisen keinojen kautta. Tavoitteeseen pyritään tehostamalla kohdeyrityksen aikatauluhallinnan ja -johtamisen menetelmiä. Tehokkaan aikatauluhallinnan avulla voidaan auttaa varmistamaan, että projektit valmistuvat ajallaan ja annetun budjetin rajoissa, mikä puolestaan auttaa vähentämään riskiä kustannusten ja viivästysten ylityksiin (Jin, 2013). Aikatauluhallinnan avulla autetaan myös hankkeiden sidosryhmien välistä viestintää ja koordinaatiota, sekä helpotetaan työn ja resurssien johtamista. Osana tutkimusta kartoitetaan parhaita jo tunnettuja aikataulujohtamisen menetelmiä myös muilta tekniikan aloilta.

Edellä mainituista syistä tutkimuskysymyksiksi muodostettiin:

1. Miksi aikataulujen johtamisella on suuri merkitys työmaan kokonaismenestyksen kannalta?
2. Mitkä ovat rakennustyömaiden yleisimmät haasteet aikataulujen johtamisessa ja hallinnassa, sekä suurimmat mahdollisuudet niissä onnistumisessa?
3. Mitkä ovat parhaat menetelmät työmaan onnistuneeseen aikataulujohtamiseen?

Tutkimuksen kohdeorganisaatio on suomalainen rakennusyritys YIT Oyj (jatkossa YIT), jonka työmaiden tutkimisen kautta yhdessä kirjallisuuden ja muiden jo tunnettujen aikataulujohtamismenetelmien kanssa pyritään pääsemään tutkimuksen tavoitteisiin. Tutkimusalueeksi rajataan YIT:n asuin- ja toimitilarakentamisen työmaat Pirkanmaalla. Tutkimuksessa tarkastellaan tuotantovaiheen lisäksi myös projektien suunnitteluvaihetta, jonka ensimmäisenä vaiheena YIT:llä on rakennusoikeuden haltuunotto. Tarkasteluun sisältyy kaikki haltuunotosta aina rakennusprojektin luovutukseen asti, jolloin kiinteistön loppukäyttäjät saavat rakennuksen käyttöönsä. Luovutuksen jälkeisiä vaiheita, kuten esimerkiksi vuosikorjaustyöt, ei huomioida.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusstrategiaan on hyvä kiinnittää huomiota, sillä hyvin laadittu tutkimusstrategia on olennaista minkä tahansa tutkimusprojektin onnistumiselle. Sen avulla varmistutaan, että tutkimus tehdään tehokkaasti ja systemaattisesti ja että tulokset ovat luotettavia ja relevantteja. Hirsjärvi ym. (2009, s. 132) kertovat, että tutkimusstrategialla tarkoitetaan tutkimuksen menetelmällisten ratkaisujen kokonaisuutta. Tutkimusstrategian valinta riippuu valituista tutkimus ongelmista – tai tutkimustehtävistä – kuten myös yksittäisten tutkimusmetodienkin. Tutkimusstrategioita tyypillisesti jaotellaan usein eri tavoin. Robson (1995) on kuvaillut soveltavalle tutkimukselle seuraavanlaisia ominaisia tyypitteleviä piirteitä:

- ongelmia ratkaisevaa
- vaikutuksia ennustavaa
- laajoja vaikutuksia aikaansaavaa
- kentällä tapahtuvaa
- ulkopuolisessa organisaatiossa tapahtuvaa
- tiukasti aikatauluun sidottua sekä
- usein hieman epäilyttävää akateemisissa piireissä.

Perustutkimuksesta Robson (1995) kertoo puolestaan, että se on usein vain tiedonhankintaa, syiden selvittämistä, teorioiden testaamista ja kehittämistä, tutkimuslaitoksessa tapahtuvaa jne. Tästä voidaan tehdä looginen johtopäätelmä, että tutkimus toteutetaan soveltavan tyyppisenä tutkimuksena, sillä suurin osa soveltavan tutkimuksen ominaispiirteistä kuvailee tämän tutkimuksen toteutusta hyvin.

Itse tutkimusstrategiasta Hirsjärvi ym. (2009, s. 134) ja Robson (1995, s. 40) avaavat tarkemmin, että ne jaotellaan perinteisesti kolmeen ryhmään, jotka tunnetaan paremmin kokeellisina tutkimuksina, survey-tutkimuksina tai tapaustutkimuksina (case study). Kokeellisessa tutkimuksessa mitataan yhden tarkasteltavan muuttujan vaikutusta toiseen muuttujaan, survey-tutkimuksessa kerätään dataa standardoidussa muodossa joukolta ihmisiä ja tapaustutkimuksessa hankitaan yksityiskohtaista tietoa yksittäisestä tapauksesta. Kokeellisen tutkimuksen tyypillisiin piirteisiin lukeutuu valinta tietystä populaatiosta, josta valitaan näyte.

Näytettä analysoidaan harkitusti ja systemaattisesti olosuhteita vaihdellen. Näiden lisäksi suunnitellaan, kuinka saadaan aikaan muutosta vähintään yhdessä muuttujassa, jonka jälkeen muutokset mitataan numeerisesti. Kokeet tulee suorittaa kontrolloidusti hallituissa olosuhteissa. Kokeellinen tutkimus useimmiten sisältää hypoteesin testaamisen. (Hirsjärvi ym. 2009, s. 134)

Survey-tutkimuksesta on kattavasti kirjoittanut Groves (2011), jonka kertomuksen mukaan tutkimuksen ala on saanut alkunsa Neymanin artikkelista vuonna 1934, jossa Neyman esitti vakuuttavasti todisteita siitä, että todennäköisyysotanta tarjoaisi puolueettomia tutkimustuloksia. Survey-tutkimuksella saadaan näkemystä suurten väestöryhmien ajatuksiin, pyrkimyksiin, ja käyttäytymiseen tavoilla, joita luonnollisesti esiintyvän käyttäytymisen seuranta ei todennäköisesti koskaan kykene tallentamaan. Survey-tutkimuksen tavanomaisiin piirteisiin lukeutuu otoksen poiminta tietystä ihmisjoukosta, josta kerätään aineistoa. Aineistot saadaan tarkasti strukturoidussa muodossa, johon tavallisesti käytetään kyselylomaketta. Aineiston analysoinnin avulla yritetään selittämään, kuvailemaan ja vertailemaan ilmiötä. (Groves. 2011 & Hirsjärvi ym. 2009)

Cohen & Manion (1995) ovat kirjanneet mahdollisia etuja tapaustutkimuksesta: tapaustutkimuksen aineisto on paradoksaalisesti ”voimakkaasti totta”, mutta hankalasti organisoitavissa; se sallii yleistykset; sen avulla huomataan sosiaalisten totuuksien monimutkaisuus ja sisäkkäisyys, jolloin parhaat tapaustutkimukset kykenevät tarjoamaan tukea vaihtoehtoisille tulkinnoille; tuotoksina ne muodostavat kuvailevan materiaalin arkiston, josta voidaan vetää erilaisia johtopäätelmiä; ne ovat usein askel toimintaan, jolloin niiden lähtökohta on toiminnallinen ja niiden tuloksia kyetään soveltamaan käytäntöön; niiden raportointi on mahdollista tehdä yleistajuisiksi, jolloin niissä on mahdollista välttää tavanomaiselle tutkimukselle tyypillistä sisäänpäin lämpiävää tiedeslangia. Metsämuuronen esittää kirjassaan *Laadullisen tutkimuksen perusteet* (2006) tapaustutkimukseen liittyvän epistemologisen kysymyksen, joka asetellaan muotoon: *mitä voidaan oppia yhdestä tapauksesta?* Näistä kolmesta edellä mainituista tutkimusstrategioista (kokeelliset tutkimukset, survey-tutkimukset tai tapaustutkimukset) tähän tutkimukseen parhaiten soveltuu tapaustutkimus, sillä Metsämuuronen (2006) edellä esittämän kysymyksen asettelun tyyli on vastaavan kaltaisesti kuvaileva, kuten on tämän tutkimuksen tutkimuskysymyksetkin.

Tutkimusstrategiasta seuraava aste on täsmällisempi tutkimusmenetelmä eli metodi. Oikeiden tutkimusmenetelmien avulla varmistetaan, että tutkimus tehdään asianmukaisesti ja luotettavasti kaikkien osallistuvien tahojen kesken. Tutkimusmenetelmän käsite on moniselitteinen, mutta yleisesti sitä kuvaillaan sääntöjen ohjailemaksi menettelytavaksi, jonka avulla tieteessä tavoitellaan sekä etsitään tietoa ja pyritään ratkaisemaan jokin käytännön ongelma (Hirsjärvi ym. 2009, s. 183). Eskelisen ja Karsikkaan (2014, s. 16) mukaan tekniikan alan tutkimustyön kulmakivet muodostuvat tutkimusongelman ja tutkimuskysymysten muotoilun ja tutkimusmenetelmien valinnassa siten, että tutkimusongelma kyetään ratkaisemaan ja tutkimuskysymyksiin pystytään vastaamaan luotettavalla tarkkuudella. Tutkimusmenetelmän valintaan vaikuttaa vahvasti myös tieto, millaista se on ja mistä sitä etsitään (Hirsjärvi ym. 2009, s. 184). Tutkimusmenetelmät voivat olla teoreettisia, joissa käytetään valmiina olevaa tietomateriaalia tai empiirisiä, joissa tietomateriaalia luodaan havainnoimalla (Heikkilä, 2014, s. 12).

Osin olennaista tutkimusprosessissa on myös tunnistaa, että soveltuuko tutkimukselle paremmin perinteiset kvantitatiiviset (määrällinen) vai kvalitatiiviset (laadullinen) tutkimusmenetelmät. Heikkilä (2014, s. 15) tarkentaa, että kvantitatiivisella tutkimuksella selvitetään erinäisiin numeerisiin arvoihin liittyviä kysymyksiä, esimerkiksi montako suomalaista asuu kerrostalossa? Kvantitatiivisella tutkimuksella kyetään kartoittamaan olemassa oleva tilanne, mutta ongelmien syitä ei pystytä tarpeeksi selvittämään. Kvalitatiivinen tutkimus auttaa ymmärtämään tutkimuksen kohdetta. Siinä usein rajoitutaan määrällisesti pienemmälle lukumäärälle tapauksia, mutta vastapainoksi niihin syvennyttään huomattavasti syvällisemmin, kuin kvantitatiivisessa tutkimuksessa. (Heikkilä 2014, s. 15) Eroja on esitelty havainnollistaen taulukossa 1. Menetelmiä voidaan myös soveltaa toisiaan täydentävinä suuntauksina. (Heikkilä, 2014; Hirsjärvi ym. 2009)

Taulukko 1. Kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen merkittävimmät erot. (mukailten Heikkilä 2014, s. 15; Hirsjärvi ym. 2009, s. 140, 164)

Kvalitatiivinen	Kvantitatiivinen
Tutkimus on luonteeltaan kokonaisvaltaista	Tutkimukselle tavanomaista on ilmiön kuvaus numeerisen tiedon pohjalta
Vastaa kysymyksiin: Miksi? Miten? Millainen?	Vastaa kysymyksiin: Mikä? Paljonko? Missä?

Pyrkimyksenä odottamattomien seikkojen paljastaminen	Aiemmat teoriat ovat keskeisessä asemassa
Ilmiötä pyritään ymmärtämään pehmeän tiedon perusteella	Ilmiötä selitetään numeerisen datan avulla

Melko suoraviivaisena johtopäätelmänä edellä esitellyistä kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen toimintamalleista voidaan todeta tämän tutkimuksen kuuluvan kvalitatiiviseen kategoriaan. Tutkimuksen empiirisessä osuudessa työmaita vertailtaessa hyödynnetään osin myös kvantitatiivisia menetelmiä, jolloin tutkimuksesta tulee Vilkan (2021) mukaan osin monimetodinen (*metoditringulaatio*). Metoditringulaatio syntyy, kun kvalitatiivisia menetelmiä sekoitetaan kvantitatiivisiin menetelmiin.

Tutkimus on nyt identifioitu kvalitatiiviseksi tapaustutkimukseksi, joten seuraava askel on määrittää aineiston hankinnan menetelmät. Metsämuuronen (2006) esittelee kirjassaan aineiston hankinnan metodeiksi haastattelut, tarkkailu (observointi), kirjallisen materiaalin käyttö, valokuvien ja elokuvallisen materiaalin käyttö, projektiivisten tehtävien sekä elämäkerrallisen aineiston käyttö. Näistä relevanteimpia tutkimuksen kannalta ovat: haastattelut, tarkkailu sekä kirjallisen materiaalin käyttö. Eskelinen & Karsikas (2014, s. 78) esittävät kvalitatiivisen tutkimuksen aineiston hankinnan metodeiksi havainnoinnin, sekundääridatan, haastattelut ja osallistumisen. Vilka (2006) kertoo havainnoinnista metodina sen soveltuvan parhaiten tutkimuksiin, joissa tutkitaan yksittäisen ihmisen toimintaa ja hänen vuorovaikutustansa toisiin ihmisiin. Hirsjärvi ym. (2009) kertovat kirjallisen aineiston yleisesti tarkoittavan valmiita aineistoja. Tätä kautta saadaan haltuun sekundääriaineistoa, minkä vastinparina primääriaineiston roolia näyttelee tutkijan itseluoma empiirinen aineisto.

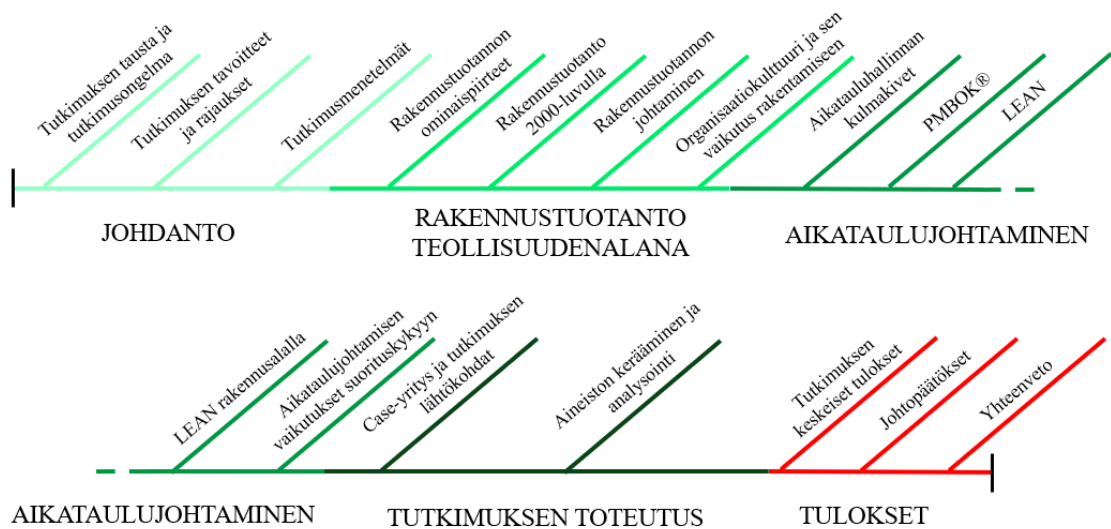
Tutustutaan hieman tarkemmin haastattelu metodiin. Hirsjärvi & Hurme (2000) kertovat, että haastattelu on hyvin joustava menetelmä, jonka vuoksi se sopii hyvin moniin erilaisiin tutkimustarkoituksiin. Eskelinen & Karsikas (2014, s. 84) esittävät haastatteluiden toteutustavoiksi lomakehaastattelun (kysely, strukturoitu haastattelu), teemahaastattelun (puolistrukturoitu haastattelu), avoimen haastattelun (strukturoimaton haastattelu) sekä ryhmähaastattelun. Heidän mukaansa lomakehaastattelu sopii silloin, kun haastateltavia on monia ja he edustavat kohtalaisen homogeenistä ryhmää. Parhaiten lomakehaastattelu sopii sellaisiin tutkimuksiin, joissa on tarkoituksena kvantifioida aineistoa ja käsitellä sitä

tilastollisteknisillä analyyseillä. Teemahaastattelun etuina on sen kohdentaminen ennakkoon käsiteltävien teemojen ympärille. Kysymyksillä ei ole tarkkaa esittämisjärjestystä eikä muotoa, mutta kaikkien haastateltavien kanssa käydään kuitenkin samat teemat läpi. Puolistrukturoitu teemahaastattelu on erinomainen valinta, jos tutkimuksen muotoa täsmennetään tutkimuksen edetessä esittämällä jo saatujen vastausten pohjalta tarkentavia jatkokysymyksiä. Avoimen haastattelun parhaana puolena mielletään sen soveltuvuutta silloin, kun henkilöiden kokemukset vaihtelevat laajasti ja aiheen ympärillä on paljon hiljaista tietoa, tai jos tutkimus käsittelee arkaluontoista aihetta. Ryhmähaastatteluiden tyypillisin käyttötarkoitus on markkinatutkimus, jolloin haastateltavat voivat jopa muodostaa kollektiivisia vastauksia. (Eskelinen & Karsikas, 2014; Hirsjärvi & Hurme, 2000; Metsämuuronen, 2006)

Tämä tutkimus toteutetaan tapaustutkimuksena, jossa pääasiallisena tutkimusmetodina toimii kvalitatiivisiksi menetelmiksi lukeutuvat havainnointi, haastattelut ja sekundääridata. Pyrkimyksenä on ymmärtää ilmiötä syvällisemmin, kuitenkin sulkematta monipuolisen tiedonhankinnan avulla kerättävää tilastollista aineistoa (Syrjälä 1994, s. 11–12). Tutkimuksen pääasiallinen empiirinen aineiston keruu tapahtuu puolistrukturoiduilla haastatteluilla ennakkoon valikoitujen henkilöiden kautta. Teoriaosuuden vaiheessa hyödynnetään kirjallisuustutkimusta, mistä tuodaan sisältöä haastatteluihin.

1.4 Tutkimuksen rakenne

Tutkimus etenee kuvion 1 havainnollistamalla tavalla. Aluksi esitetään tutkimuksen tavoite ja tarve, jonka kautta kuljetaan nykyaikaiseen rakennustuotantoon ja sen kohtaamiin haasteisiin. Kolmannessa luvussa tarkastellaan aikataulujohtamista aluksi yleisellä tasolla – ja myöhemmin sen vaikutuksia suorituskykyyn sekä rakennusalaan. Neljännessä luvussa käsitellään tutkimuksen case-yritys, sekä empiirisen aineiston kerääminen ja analysointi. Aineiston keräämisen jälkeen esitetään tutkimuksen tulokset. Lopuksi kerrotaan johtopäätökset, pohdinta ja yhteenveto.



Kuvio 1. Tutkimuksen rakenne.

2 Rakennustuotanto teollisuudenalana

2.1 Rakennustuotannon ominaispiirteet

Rakennustuotannolla tarkoitetaan rakennusteollisuuden tuotantoa, joka pitää sisällään eri-ikäisten rakennusten, teiden, siltojen ja muun infrastruktuurin rakentamisen. Rakennustuotannon tehokas hallinta ja johtaminen on kriittistä minkä tahansa rakennusprojektin onnistumiselle. Se pitää sisällään suunnittelun ja rakennusprosessin kaikkien osa-alueiden, mukaan lukien materiaalien hankinnan, aikataulutuksen, budjetoinnin ja laadunvalvonnan, suunnittelun ja koordinoinnin. Arashpour ym. (2014) mukaan tuotanto dynaamisissa ympäristöissä – kuten rakennustyömaat – on altista vaihteluille, joka johtuu ulkoisista tekijöistä (epätasainen kysyntä) ja sisäisistä tekijöistä (resurssien puute). Nämä vaihtelut voivat lisätä riskiä projektien myöhästymisiin, tuotannon vähenemiseen ja urakoitsijoiden tulomenetyksiin (Lee & Diekmann, 2011; Chanmeka ym. 2012). Rakennusprojektit ovat hyvin monimuotoisia, sillä niiden sidosryhmät koostuvat monen eri alan ammattilaisista, jolloin tuottavuuden jatkuva kehittyminen on haastavaa. Hasan ym. (2018) tutkivat rakennusalan tuottavuutta 30 vuotta taakse päin, ja he havaitsivat, että vaikka eri maiden sosiaalisissa, taloudellisissa, poliittisissa ja ympäristöllisissä olosuhteissa on huomattavia eroja, niin muutaman avaintekijän vaikuttavuudesta ollaan globaalisti yksimielisiä. Näistä suurimmat vaikutukset on saanut aikaan: materiaalien saatavuuspuutteet, puutteet projektin hallinnassa, osaavan työvoiman puute, huonot sääolosuhteet, puutteellinen viestintä, hankkeen huono koordinaatio, puutteellinen suunnittelu (virheet suunnitelmissa, suunnitelmien valmistuminen myöhässä), työvaiheiden työstäminen useaan kertaan sekä epäonnistunut muutosten ja aikataulun hallinta (Hasan ym. 2018). Tarkastellaan näitä seuraavaksi hieman lähemmin.

Koskelan (1999) mukaan rakennustuotanto on kokoonpanotyyppistä, jossa lopputuotteeseen yhdistetään erilaisia materiaalivirtoja, joten tuotannon suunnittelu ja ohjaaminen on merkittävässä roolissa. Lisäksi huomion arvoista on myös kaikkien töiden ainutlaatuisuus. Methodikin (1986) mukaan rakentamista voidaan ajatella prototyyppituotantona, jota yleensä hyödynnetään suunnittelu ja tuotantoteknisten virheiden korjaamisessa. Rakennustuotannon ainutlaatuisuuden vuoksi suunnitelmien ja työohjeiden puutteet ovat yleisin syy

rakennusvirheisiin (Koskela, 1999). Ratu (2011) kirjan mukaan koko rakennushankkeen ajallinen suunnittelu sekä ohjaus edellyttää projektinjohdollista osaamista. Rakennustuotanto on projekti liiketoimintaa. Berkun (2006) kertoo tärkeimpiä menneisyydestä havaittuja oppeja projektinhallintaan ja johtamiseen liittyen:

1. Projektinhallinta ei ole mitään uutta ja ihmeellistä salatiedettä. Kaikki nykypäivänä suoritettava tekninen työ liittyy tuottamisen aiempaan pitkään historiaan.
2. Mitä yksinkertaisemmasta näkökulmasta tarkastelet työtehtäviä, sitä tehokkaammin niitä voi suorittaa. Oppimisen jatkumiseksi, on vältettävä luisumista kapeisiin ja turvallisiin näkemyksiin.
3. Yksinkertaisuus ei ole sama asia kuin helppous. Johtaminen on vaikeaa, mutta sen perusajatus – pyrkimys asioiden hoitamiseen määrättyllä tavalla määrätyn aikataulun rajoissa, on yksinkertainen.

Rakennusteollisuus on hyvin työvoima riippuvainen teollisuuden ala, jolloin puutteet osavassa työvoimassa ovat kriittisessä asemassa hankkeiden menestyksen kannalta. Rakennustyöt ovat myös fyysisesti vaativia, ja työntekijät suorittavat usein tehtäviä, joihin liittyy nostamista, taivuttamista ja pitkiä aikoja seisomista (Applebaum, 1999). Seurauksena tästä monet rakennustyöntekijät tekevät töitä ahkerasti joka päivä kivuista ja säryistä huolimatta, (Ajsle ym. 2017) jolloin sairaspotilaat lisääntyvät ja työvoima ei ole tuottavassa työssä. Fyysisen kuormituksen vuoksi rakennustyöntekijöillä on kohonnut riski useisiin erilaisiin terveysongelmiin (Arndt ym. 2005). Terveysongelmat voivat vaikuttaa työntekijöiden kykyyn suorittaa tehtäviään. Welchin (2009) mukaan rakennusalan työntekijöiden työkyvyn arviointi ja parantaminen työterveyshuollossa on välttämätöntä varhaisen työuran keskeyttämisen ehkäisyssä. Boschman ym. (2012) havaitsivat kyselytutkimuksessaan, että 22 % muurareista ja 32 % työnjohtajista kärsivät yleisistä mielenterveyshäiriöistä. Rakennusalalla työhyvinvointi ja siihen panostaminen edistävät rakennusprojektien menestymistä. Kokonaisvaltainen terveyden edistäminen on ensiarvoista, sillä työnjohtajan tai muun projektin avainhenkilön kohdatessa mielenterveydellisiä haasteita, vaikuttaa se heidän työkykyynsä enemmän kuin muurarin (tai muun fyysistä työtä tekevän). (Boschman ym. 2012)

Huonot sääolosuhteet ovat yksi tekijä rakennusalalla, sillä ne voivat aiheuttaa viivästyksiä ja vaikeuttaa työntekijöiden työtehtävien suorittamista aikataulussa, laadukkaasti ja

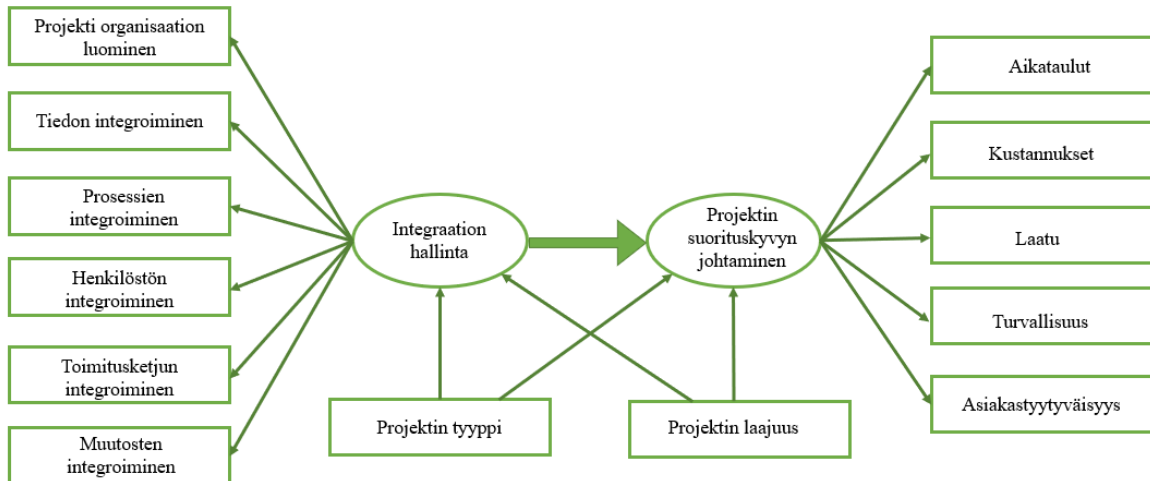
turvallisesti. Säällä on vaikutusta lähes kaiken tyyppisiin rakennustöihin, tämä on tunnettu ilmiö useissa maissa (Alaghbari ym. 2007; Mahamid ym. 2012). Ballesteros-Pérez ym. (2018) mukaan rakennusprojektit sisältävät useita sääherkkiä toimintoja, kuten esimerkiksi talotekniikka ja betonityöt, jotka huonojen sää olojen seurauksesta voivat usein aiheuttaa merkittäviä viivästyksiä ja taloudellisia menetyksiä projektin eri osapuolille. Vesi- ja lumisade voivat myös hankaloittaa työntekijöiden liikkumista rakennustyömaalla ja aiheuttaa ongelmia materiaalien, laitteiden ja rakenteiden kanssa. Kovat tuulet ja myrskyt voivat myös aiheuttaa vahinkoja rakennustyömaille. Larssonin & Rudbergin (2021) mukaan sään vaikutuksen huomiotta jättäminen tai huonojen arvioiden tekeminen lisää sään aiheuttamien viivästysten riskiä, sekä niiden yliarvioiminen voi heikentää tuottavuutta. On tärkeää, että rakennusyrietykset ovat valmistautuneet haastaviin sääoloihin. Larsson & Rudberg (2019) raportoivat, että ilman säältä suojaavia toimenpiteitä rakentamisen kesto pidentyy 14–46 % vuodenaajoista voimakkaasti riippuen. Tulevat muutokset ilmastossa voivat myös lisätä sää-tietoisuutta. Rakennusalan nykyisiä normaaleja – vanhasta tottumuksesta kertyneitä parhaita käytänteitä – voidaan joutua harkitsemaan uudelleen ilmastonmuutoksen vuoksi.

Rakennusprojektit ovat usein erittäin monimutkaisia, ja niissä on monia erilaisia komponentteja ja järjestelmiä, jotka on koordinoitava ja integroitava keskenään. Keoki ym. (2015) mukaan projektin koordinoinnin kannalta merkittävimmät asiat ovat:

- kentällä toimivan työnjohtajan roolin tunnistaminen päivittäisessä toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa
- opettavan ja johdattelevan käsityksen hankkiminen lean-periaatteiden soveltamisesta tuotannon jatkuvaan kehittämiseen
- edistymisen mittaamisen ja raportoinnin osaaminen ja
- suunnitelmien ja aikataulujen pitäminen ajan tasalla toteutuneen mukaan.

Rakennusprojektin koordinointi ja kokonaisvaltainen hallinta on tärkeää. Integroivilla menetelmillä projektien hallinta saadaan projektiorganisaation sisälle ja silloin se vaikuttaa projektin kokonaissuorituskykyyn. Demirkesen ja Ozorhon (2017, s. 1643) ovat kehittäneet viitekehityksen, joka kuvaa integraation ja suorituskyvyn ydinelementtejä. Viitekehityksen tarkoituksena on heijastaa integraation ja projektinjohtamisen välistä suhdetta rakennusyrietysten näkemyksiin perustuen, joiden komponentit ja vaikutussuunnat on esitetty kuviossa 2.

Demirkesen ja Ozhorhon (2017) kertovat, että integraation hallinnalla on huomattava vaikutus projektin suorituskykyyn.



Kuvio 2. Integraation hallinnan ja projektin suorituskyvyn johtamisen välinen yhteys vaikutusnuolineen (mukaillen Demirkesen & Ozorhon 2017, s. 1643).

Moniin rakennusprojekteihin liittyy paljon räätälöintiä, koska rakennukset ja rakenteet suunnitellaan ja rakennetaan usein vastaamaan erityisiä tarpeita ja vaatimuksia. Muutosten hallinta on tärkeää, sillä projektin aikana alussa asetettuihin vaatimuksiin tai tavoitteisiin voi tulla muutoksia. Tämä hidastaa erityisesti rakentamisen virtausta (Gravina da Rocha ym. 2022). Etenkin kehitysprojekteille on tyypillistä, että tavoitteet muuttuvat, sillä asiakkaan taholta voi tulla muutostoivomuksia projektin sisältöön liittyen. Pelinin (2008) mukaan tyypillisimpiä syitä muutoksiin voivat olla esimerkiksi: markkinatilanteen muutokset, uudet innovaatiot, kilpailijoiden toimenpiteet, asiakkaan täsmentyneet tarpeet, ulkoiset muutokset (viranomaiset, lait, organisaatiomuutokset), toiset kehitysprojektit sekä tilaajan vaatimukset. Lee ym. (2017) tutkimuksen mukaan myös teollisuuden alojen teknologinen monimuotoisuus ja runsaus muuttavat toimialoja asiakaspalvelun suhteen ”mitä on mahdollista tehdä” asenteesta ”mitä haluat” asennoitumiseen. Huonosti johdettuna tämä aiheuttaa haasteita rakennusprojekteille.

Rakennusprojektit voivat olla alttiita vaihtelulle useiden tekijöiden vuoksi, mukaan lukien muutokset suunnittelussa, materiaaleissa ja työssä. Latham (1994) on tunnistanut asiakkaat liikkeellepanevana voimana rakennusalalla. Hänen mukaansa toteutus alkaa asiakkaasta,

jotka ovat prosessin ytimessä ja teollisuuden on täytettävä heidän tarpeitaan, mutta asiakkaat ovat monimuotoisia ja omaavat suuren vaihtelevuuden. Jokainen asiakas on uniikki, joilla kaikilla on omat vaatimukset ja mieltymykset. Muutosten tekeminen ei saa myöskään olla hallitsematonta, vaan niiden tulee noudattaa ennalta laadittua menettelytapaa. Pelin (2008) ehdottaa, että muutosten hallinnassa tulisi olla vaiheistettu eteneminen esimerkiksi näin:

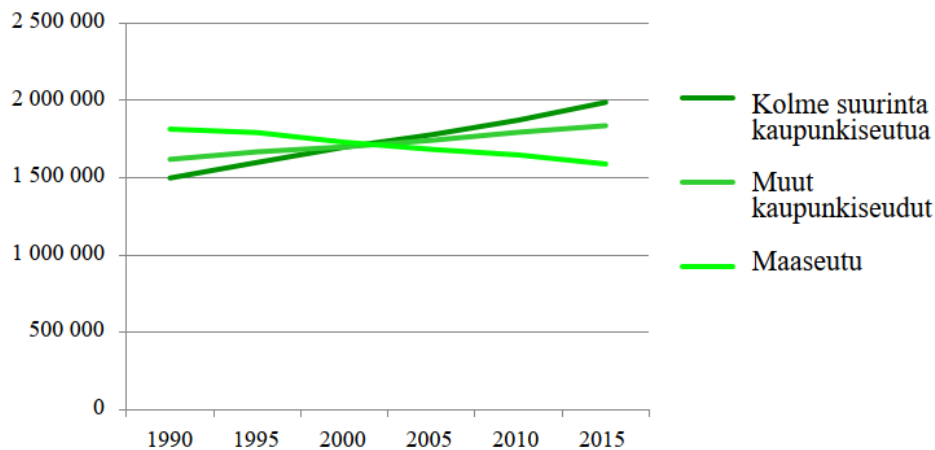
1. Muutosehdotuksen laadinta.
2. Muutoksen vaikutusten arviointi.
3. Asiantuntijalausunnot.
4. Muutoksen käsittely = hylkääminen tai hyväksyminen.
5. Muutoksen suorittaminen.
6. Muutoksen dokumentointi.
7. Muutoksesta tiedottaminen.

Rakennusprojekteissa on usein tiukat määräajat, mikä voi aiheuttaa aikapainetta työntekijöille ja työnjohtajille. Tämän vuoksi projektille laaditun aikataulun tulee olla realistinen. Jinin (2013) mukaan perinteinen aikataulusuunnittelu tehdään virstanpylväiden avulla. Rakennusprojektin alussa – joka tapahtuu huomattavasti ennen fyysistä rakentamista työmaalla – sille määritetään projektin valmistumispäivästä alkaen suunnitellen takaperin alkuun asti ainakin fyysisen rakentamisen aloitukseen asti. Projektiin ryhdytään uniikin tuotteen, palvelun tai tuloksen aikaansaamiseksi (Ratu, 2011). Projektille luonteenomaista on, että sillä on selkeä alku ja loppu. Tieteenalana projektiliiketoiminnan tutkimus on nuori, vaikka projekteja on viety läpi maailmassa jo tuhansia vuosia. Arto ym. (2006) kertovat, että kaikkein merkittävimpiä projekteja ovat rakennushankkeet, joiden tulokset ovat vieläkin ihasteltavissa: Egyptin pyramidit, monumentit, Rooman kaupunkien vedenjakelu- ja viemärijärjestelmät sekä erilaiset linnoitukset ympäri maailman. Projektit voivat siis saavuttaa symbolisen, poliittisen tai jopa uskonnollisenkin merkityksen.

2.2 Rakennustuotanto 2000-luvulla

Suomalaiset muuttivat 1960-luvulla sankoin joukoin maaseudulta kaupunkeihin työn perässä. Tammisen (2021) mukaan näille tulijoille oli rakennettava suuret määrät uusia asuntoja ja erilaisia palvelurakennuksia mm: kouluja, päiväkoteja ja terveysasemia. Tilastokeskuksen mukaan rakentamisen volyyymi kasvoi lähes kaksinkertaiseksi 1960-luvulta 1980-luvulle. Kaupungistuminen on ollut nouseva trendi Suomessa ja se on vaikuttanut rakentamiseen ja rakentaminen kaupungistumiseen. Kaupungistuminen on yksi sosioekonomisen kehityksen ja modernisoinnin tärkeimmistä vetureista (Zhang & Wang, 2018; Cai ym, 2020). Mengin (2015) mukaan kaupungistuminen on universaali laki kaikkien maiden taloudellisen ja yhteiskunnallisen kehityksen prosessissa – rakennusteollisuus on kansantalouden tärkeä tuotannonala – joten kaupungistumisen ja rakennustuotannon yhteyteen on järkevä kiinnittää huomiota. Kaupungistumisen ja rakennusteollisuuden välillä on selvä yhteys. Lukuisat kehitysmaat ovat taloudellisen kasvun alku- tai keskivaiheilla, ja niissä maissa kaupungistuminen on vähäistä (Zhang ym, 2021). Koste ym. (2020) mukaan merkittävimpiä Suomen 2000-luvun kaupungistumisen ajureita ovat olleet teollisuuden ja maatalouden työpaikkojen vähentyminen, maahanmuuton kasaantuminen isoimpiin kaupunkeihin, kiinteistöliike-toiminnan keskittyminen suurimmille kaupunkiseuduille sekä asuntolainojen kiristyneet ehdot pudottavat maaseutujen ja pikkukaupunkien rakennusten vakuusarvoja.

Suomen kolmen suurimman kaupunkiseudun kasvu on ollut nopeaa 1990-luvulta lähtien. Rehunen ym. (2018) mukaan vuosituhannen taitteessa kolmen suurimman kaupunkiseudun, kaikkien muiden kaupunkiseutujen ja maaseudun asukasmäärät olivat samansuuruiset (esitetään kuviossa 3), jonka jälkeen kolme suurinta kaupunkiseutua on kasvanut todella nopeasti. Moisio (2017) esittää, että nykyhetkellä kaupungistuminen kytkeytyy valtioiden ja alueiden talouskasvua jouduttaviin politiikkoihin ja tahtoon kytkeä Suomi kansainväliseen tietointensiiviseen talouteen.



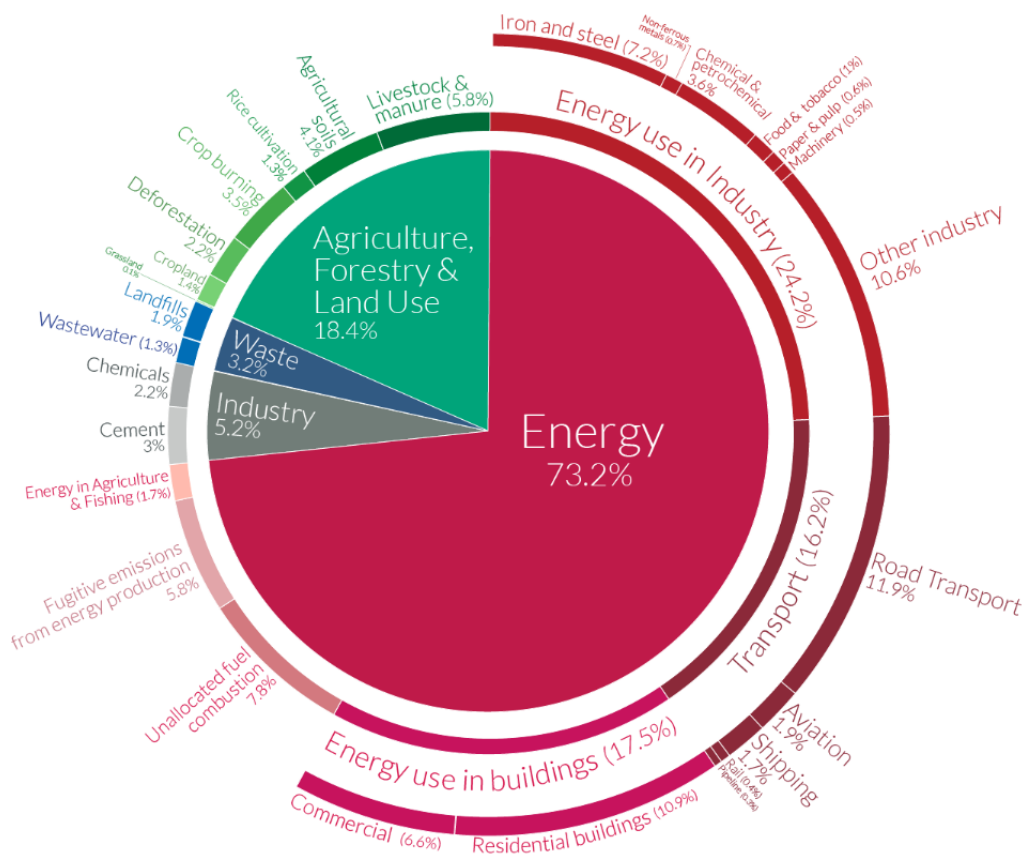
Kuvio 3. Väestön muutos kaupunkiseuduilla ja maaseudulla 1990–2015 (Rehunen ym. 2018).

Väestöjakauman ja -rakenteen ohella rakennusala on kokenut merkittävää kehitystä viimeisen vuosisadan aikana tekniikan kehityksen, rakennusmääräysten ja suunnittelun trendien muutosten myötä. Vaatimukset, niin teknisillä kuin teknologisilla aspekteilla kasvavat yhdessä väestön kanssa (Bašková & Kyjaková, 2013). Mesároš & Mandiák (2015) esittävät, että tämä johtaa lisääntyviin vaatimuksiin laadukkaalle asumiselle, mikä puolestaan edellyttää myös rakentamiseen sovellettavien uusien tapojen ja mahdollisuuksien löytämistä. Yksi merkittävä komponentti rakentamisen kehityksen edistämiseksi viimeisten vuosikymmenien ajalta on esivalmisteet. Niiden suurin etu on pelkän asennuksen suorittaminen paikan päällä, kun itse komponentin valmistus tapahtuu muualla, mikä puolestaan mahdollistaa tuotantoajan lyhentämisen ja laadun parantamisen. Richardin (2006) mukaan nykyaikaiset rakennusmenetelmät voidaan määritellä menetelmiksi, joissa kaikki merkittävät rakennusosat (seinät, betonilaatat, palkit, pilarit ja portaat) valmistetaan massatuotantona tehtaalla.

Tiivistyneen väestönjakauman vuoksi suuriin kaupunkeihin rakennetaan korkeita rakennuksia rajallisen maa-alueen optimaalista hyödyntämistä varten. Khrishnam Raju ym. (2021) mukaan monissa kulttuureissa korkea rakennus on nykyisin osoitus vauraudesta, sosioekonomisesta asemasta sekä teknologisesta ja tekniikan kehityksestä. Teräsbetonin laaja käyttö on mahdollistanut korkeampien ja monimutkaisempien rakennusten rakentamisen. Se on yksi suosituimmista materiaaleista (teräksen ohella) kaikenlaisten yksinkertaisten ja myös monimutkaisten rakenteiden toteuttamiseen (Kierdorf & Hilsdorf, 2010). Teräsbetonin valmistuksessa käytetään sementtiä, jonka valmistus kansainvälisesti on myös puhuttava aihe

sen valmistuksen vaatiman suuren energia määrän vuoksi. Meer ym. (2022) mukaan vuonna 2021 toteutuneet CO₂ päästöt yhtä sementti tonnia kohti oli 0,59tCO₂. Tästä voidaan laskea todellinen määrä kasvihuonepäästöjä, sillä Garsiden (2022) mukaan pelkästään vuonna 2021 valmistettiin maailmanlaajuisesti 4,4 miljardia tonnia, eli päästöjä kertyi vuonna 2021 yhteensä 2 596 miljoona tonnia. Kuvassa 1 on esitetty maailmanlaajuisesti CO₂ päästöt toimialoittain vuodelta 2020, mistä huomataan, että sementin valmistaminen tuottaa noin 3 % maailman päästöistä. Betonilla on kuitenkin niin paljon hyviä ominaisuuksia, että sille on vaikea löytää korvaajaa.

Tutkimuskohteena ekologisesti kestävä betonin kehittäminen on tällä hetkellä kovassa nousussa, sillä sen ilmastovaikutukset tunnetaan hyvin jo muidenkin kuin rakennusalan ihmisten kesken. Esimerkiksi Google Scholarista löytyy 111 000 artikkelia ja LUT Academic Library Primosta 16 900 artikkelia hakusanalla *sustainable concrete* (verrattain *sustainable timber* hakusana tuottaa hakutuloksia Google Scholarista 24 100 artikkelia ja LUT Academic Library Primosta 7 300 artikkelia).



Kuva 1. Maailmanlaajuiset CO₂ päästöt vuodelta 2020 sektoreittain esitettynä (Ritchie, 2020).

Uudet rakennusmateriaalit, ovat tehneet rakentamisesta kestävämpää ja energiatehokkaampaa. Talouden nopea kehitys ja ihmisten elintason jatkuva paraneminen tarjoavat paljon tilaisuuksia ja hyvät mahdollisuudet uusien rakennusmateriaalien kehittämiseen, jonka seurauksena materiaalitekniologia on tärkeässä asemassa rakennusalalla. Rakennustuotannosta kertyvä jäte vaikuttaa voimakkaasti ympäristöön, jonka johdosta jätteiden hyödyntäminen rakennusmateriaalina on nouseva trendi rakennusteollisuudessa. Kiinnostus teollisuusjätteiden hyödyntämiseen on maailmanlaajuisesti suurta (Alzhanova ym. 2022). Lentotuhkan, masuunikuonan, muovijätteiden ja muiden jätteiden käyttö on yleistä jo monissa maissa, erityisesti betonin valmistuksessa. Erilaisten teollisuusjätteiden hyödyntäminen rakennusmateriaaleina on yksi tehokkaimmista tavoista vähentää globaalisti suuria määriä jätettä (Senff ym. 2011).

Tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD = computer-aided design) ja rakennustietomallinnuksen (BIM= building information modeling) hyödyntäminen suunnittelussa ovat parantaneet suunnittelu- ja rakentamisprosessin tarkkuutta ja tehokkuutta. CAD-suunnittelua on hyödynnetty jo 1980-luvulta asti, mutta näistä tuorempi keksintö BIM on tärkeässä roolissa nykypäivän rakentamisen arjessa (Azhar ym, 2015). Hardinin (2009) mukaan se on vallankumouksellinen tekniikka, joka on nopeasti muuttanut tapaa, jolla rakennukset hahmotellaan, suunnitellaan, rakennetaan ja käytetään. Viimevuosien aikana termi BIM on muuttunut muotisanasta alan teknologiseksi keskipisteeksi (Eastman ym. 2011).

Nykyaikana merkittävää teknologista huomiota rakennustuotannossa kiinnitetään myös drooneihin, sillä on huomattu, että niillä on muutamia hyviä käyttötarkoituksia erityisesti kartoitusmielessä, mutta aihetta on tutkittu vielä melko vähäisesti kirjallisuudessa. Harinarain & Naicker (2019) mukaan drooneja voidaan hyödyntää rakentamisessa mm: ilmakuvaus, tarkastuksissa, maanmittauksessa, työmaan turvallisuudessa, turvallisuuden seurannassa, projektin edistymisessä, fotogrammetriassa ja BIM mallinnuksessa. Viimevuosina myös 3D-tulostus on herättänyt mielenkiintoa rakentamisen parissa, josta Adaloudiksen & Bonnin Rocan (2021) mukaan eritoten rakennusalalla puhutaan 3D betonitulostuksena (3DCP= 3D Concrete Printing). Betonin tulostus voi mahdollisesti vähentää materiaalin käyttöä, sekä jätteen syntyä (Mechtcherine ym, 2019). Weng ym. (2020) mukaan toimivalla ja tehokkaalla tulostuksella voidaan myös kohottaa tuottavuutta. Kim ym. (2020) näkevät siinä myös mahdollisuuden rakennusalan ammattitaitoisen työvoima pulan torjumiseen.

2.3 Rakennustuotannon johtaminen

Maankäyttö- ja rakennuslain (122 §) mukaan rakennustyömaan työnjohdon tehtävä on suunnitella ja johtaa rakennushankkeen työmaatuotantoa. Työnjohdon pääasiallisiin työtehtäviin lukeutuu mm. tuotannon suunnittelua (toteutustapa, aikataulu), hankintoja, laadunhallintaa, turvallisuusjohtamista, raportointia, henkilöstöjohtamista sekä valvontaa (Savinainen ym, 2012; Styhre, 2006). Tarja Mäki (2021) on väitöskirjassaan ”*Se on ihmisten kanssa tehtävää työtä*” esittänyt, että rakennusalan työnjohtajien on täytynyt omaksua uusi teknologioita työmaan hallinnan tueksi seuraavilla askeleilla:

- 1960-luvulla mukanaan tuli ensimmäiset rakennelaskelmat suunnittelutoimistoista
- 1970-luvulla otettiin käyttöön ATK hallinnollisissa laskentatehtävissä
- 1980-luvulla yleistyi CAD-ohjelmistot suunnittelun parissa, sekä PC-tietokoneet työvälineinä
- 1990-luvulla CAD vakiintui suunnittelun työkaluksi
- 2000-luvulla kehitettiin tuotemallintamista
- 2010-luvulla tietomallintava suunnittelu vakiintui ja tietomallit tulivat käyttöön myös työmailla.

Nykypäivänä työnjohtajien tulee kyetä hyödyntämään useita erilaisia teknologioita työmaiden johtamisen tukena. Tietomallit ovat mahdollistaneet paljon uudenlaisia johtamisen menetelmiä niiden tarjoaman havainnollistavuuden myötä (Hardin & McCool, 2015). Tietomalleista on erityisesti apua monimutkaisissa rakennushankkeissa.

Rakennusprojektin sujuvuuden hallinta on työnjohtajien vastuulla, joka pitää sisällään: päivittäistä toimintaa ja varmistaa, että projekti valmistuu ajallaan, budjetissa ja vaadittujen laadustandardien mukaisesti (Radosavljevic & Bennet, 2012). He ovat usein myös vastuussa työntekijäryhmän johtamisesta, mukaan lukien aliurakoitsijoiden valvonnasta ja eri alojen työn koordinoinnista. Tehokkailla työnjohtajilla tulee olla teknisten taitojen lisäksi vahvat johtajuus- ja viestintätaidot, sillä heidän on kyettävä työskentelemään laajan sidosryhmän kanssa, mukaan lukien asiakkaat, arkkitehdit, insinöörit ja urakoitsijat. Harris ym. (2013) mukaan nykyaikaisen rakennustuotannon johtaminen keskittyy neljään pääalueeseen:

- fyysisen tuotantovaiheen tai työmaan rakentamisen johtaminen

- erilaisten toimintojen hallinta, jotka muodostavat ja vaikuttavat projektien toteutumiseen tai kokonaisvaltainen projektin ja toiminnan johtaminen
- rakennettujen tilojen ja palveluiden toimittamiseen osallistuvien yritysten johtaminen tai organisaation johtaminen
- toimialan johtaminen mahdollistavan kaupallisen, sääntelyn ja johtavan yhteiskunnallistaloudellisen ympäristön luomiseksi tai sektorin johtaminen.

Rakennustuotannon johtamiseen on olemassa monia menetelmiä ja filosofioita. McGeorge ym. (2012) mukaan nykyaikaisen rakennustuotannon johtamisen tulee käyttää menetelmiä, joilla on mahdollista hahmottaa kokonaiskuvaa. Näitä edellä esitettyjä menetelmiä ovat: strateginen johtaminen, vertailujohtaminen (benchmarking), uudelleensuunnitteleminen, partneroituminen ja liittoutuminen, kokonaisvaltainen riskienhallinta, kokonaisturvallisuuden johtaminen, totaalinen laatujohtaminen, arvojohtaminen, rakennettavuuden hallinta ja näiden erilaiset yhdistelmät (McGeorge ym, 2012). Rakennustuotantoa harvoin johdetaan vain yhdellä menetelmällä, sillä yleensä kullakin yrityksellä on omat hyväksi havaitut menetelmät, jotka usein ovat eriasteisia yhdistelmiä näistä edellä luetelluista menetelmistä.

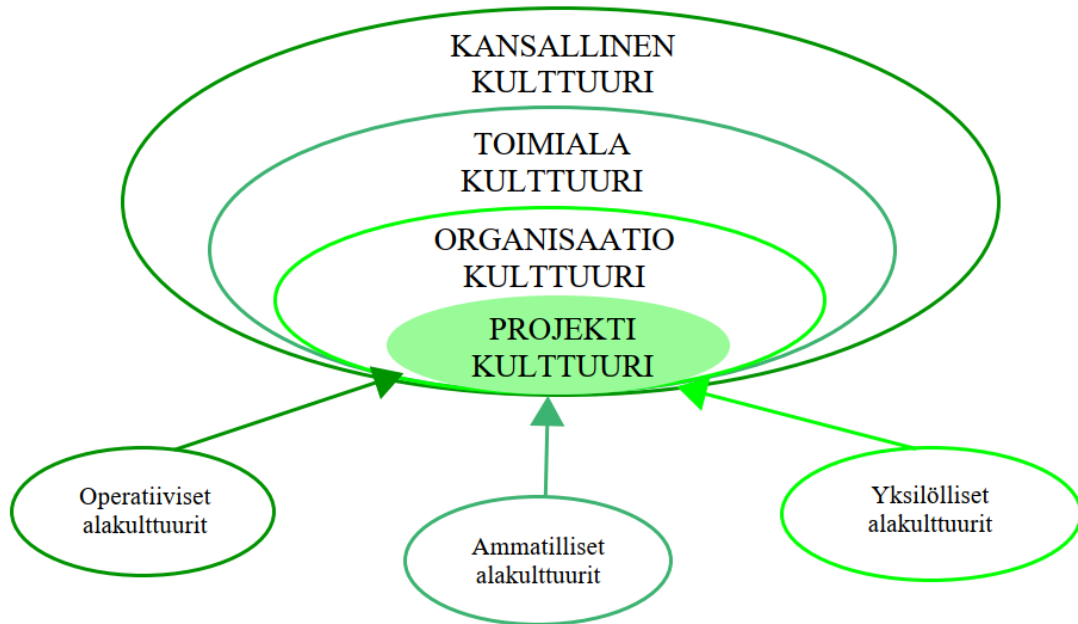
Rakennushankkeiden monimutkaisuudesta johtuen niihin usein liittyä kohonnut riski ongelmien syntymisestä, joka vaikuttaa suoraan projektien avainhenkilöihin. Monet projektien avainhenkilöt pitävät työstänsä sen motivoivan, stimuloivan ja luovan luonteen vuoksi, vaikkakin se pitää sisällään turhauttavia, moniselitteisiä ja stressaavia puolia (Karrbom, 2016; Koolhaas ym. 2011). Rakennushankkeiden monimutkaisuus on lisääntynyt selvästi lähivuosina. Qazi ym. (2016) mukaan tämä johtuu hankkeiden fyysisestä koon kasvusta, lisääntyneestä kilpailusta ja alan dynaamisesta ympäristöstä. Tämän kehityksen, sekä useamman julkisesti tunnetun katastrofaalisen kohteen havainnot osoittavat, että valtavien mittakaavojen rakennushankkeiden hallinta on itseasiassa mahdollisesti rajallisen ihmismielen ulottumattomissa (Förster, 1993). Jepson ym. (2017) havaitsivat haastattelu tutkimuksessaan, että avainhenkilöiden stressitasot ovat lisääntyneet samassa tahdissa heidän kokeman monimutkaisuuden lisääntymisen kanssa. Stressi on olennainen osa avainhenkilöiden toimenkuvaa, mutta sitä voidaan hallita huolellisella projektin suunnittelulla ja toteutuksella siten, että mahdollisimman monet prosessit virtaavat suunnitellusti.

2.4 Organisaatiokulttuuri ja sen vaikutus rakentamiseen

Rakennusalalla myös organisaatiokulttuuri näyttelee merkittävää roolia projektien johtamisessa. Ajslen ym. (2017) tutkimuksessa eräs 31-vuotias rakennustyöntekijä Albert kuvasi, millaista on kehittyä menestyväksi miespuoliseksi rakennustyöntekijäksi:

”Siellä vaan huudetaan toisille: ’Anna mennä, ota tuo paska ja käytä voimaasi’. Et voi olla pehmo, se on miesten työtä. Se on kuin ’Jos et ota sitä, olet ämmä. Ota se haltuun, hemmetti soikoon, älä ole noin heikko’, mitä tahansa oletkaan tekemässä tai ottamassa. Sitten on vain tartuttava siihen keppiin tai lankkuun ja nostettava se ylös...” (vapaasti suomennettu)

Organisaatiokulttuurille tulee antaa huomiota, sillä jos siitä ei pidetä aktiivisesti huolta voi se Luukkaan (2019) mukaan rappeutua ja johdattaa yksittäisiä hankkeita ja jopa yrityksiä suuriinkin taloudellisiin tappioihin. Organisaatiokulttuuria voidaan pitää Sanz-Valle ym. (2011) mukaan kontekstuaalisena tekijänä tai sosiaalisena ympäristönä, jolla on vaikutusta yritysten oppimisprosesseihin tiedon käytössä ja sen hankinnassa. Todellisuudessa organisaatiokulttuuri on tunnistettu yhdeksi olennaisista yrityksen tehokkuuteen ja tuottavuuteen vaikuttavista tekijöistä (Alas ym. 2009). Organisaatiokulttuurin vaikutusta rakennusalalla ei kuitenkaan huomioida vielä tarpeeksi (Ankrah & Langford, 2005). Cheung ym. (2011) mukaan organisaatiokulttuurilla on suora vaikutus projektikulttuuriin ja sitä kautta sen suorituskykyyn. Rakennusalalle ominaista on se, että kullekin rakennusprojektille muodostuu oma projektikulttuuri. Teräväinen ym. (2018) mukaan projektikulttuurin voi vaikuttaa kolme muutakin kulttuuria: ammatillinen, toiminnallinen ja yksilöllinen. Nämä on esitetty kuviossa 4, jossa on myös kuvattu projektikulttuurin asema organisaatio-, toimialakulttuurin ja kansallisen kulttuurin sisällä. Kulttuurilla on suuri merkitys rakentamiselle, mutta projektikulttuurin moninaisuus haastaa sen hallinnan hyötykäyttöä.



Kuvio 4. Rakennusprojektin kulttuurin tyypilliset lähteet (mukaiillen Teräväinen ym. 2018; Zuo & Zillante, 2005, s. 357)

3 Aikataulujohdaminen

3.1 Aikatauluhallinnan kulmakivet

Aikatauluhallinta on prosessi, jossa suunnitellaan, koordinoidaan ja seurataan toimintojen tai tehtävien edistymistä tiettyjen määräaikojen noudattamiseksi (CIOB, 2018). Siihen kuuluu aikataulun laatiminen, edistymisen seuranta, aikataulun muokkaaminen tarpeen mukaan ja aikataulun tiedottaminen sidosryhmille (Alves ym, 2020). Aikatauluhallinnan tavoitteena on varmistaa, että projekti tai hanke valmistuu ajallaan ja budjetissa. Doloin (2013) mukaan aikataulunhallinta on yksi tärkeimmistä osista projektinhallintaa, joka vaikuttaa rakennusprojektin tehokkuuteen. Aikatauluhallinta auttaa varmistamaan, että projektit valmistuvat ajallaan, budjetin rajoissa kaikkia sidosryhmiä tyydyttävällä tavalla.

Usein ajatellaan virheellisesti, että projektin aikataulu on suunnitelma. Aikataulussahan hahmotellaan mitä pitää tehdä, milloin se valmistuu, kuinka paljon projekti tulee maksamaan ja mitä resursseja työhön osoitetaan. (Marion, 2018) Athayde ym. (2013) esittävät kirjassaan havainnollistavan esimerkin projektin aikatauluhallinnan kokonaiskuvasta:

”Kuvittele, että matkustat autollasi kaupunkiin, joka on 600 km päässä. Ennen matkaan lähtöä, laadit tiekartan. Kartoittaessasi tiekarttaa yrität vastata muutamisiin avainkysymyksiin: Mikä on paras ja helpoin reitti perille? Missä minun pitäisi olla tiettyinä ajankohtina matkan varrella? Kuinka kauan tämä matka kestää kokonaisuudessaan? Mitkä ovat tärkeimmät kohdat matkan varrella? Onko olemassa mahdollisia pullonkauloja, joihin kannattaa kiinnittää huomiota? Onko mahdollisuuksia saapua suunniteltua aikaisemmin? Laadittu tiekartta toimii matkasuunnitelmanasi, joka viimeisteltyinä on ennuste matkasta. Tehokas tiekartta auttaa sinua vastaamaan matkaa koskeviin kysymyksiin.”

Projektinhallinnassa aikataululla on sama rooli, kuin edellä esitettyssä esimerkissä tiekartalla. Tiekartan tavoin se ennustaa, missä projektin tulisi olla keskeisinä aikoina ja kuinka kauan projektin tulisi kestää. Se auttaa myös huomioimaan projektin etenemisen dynamiikan vaikutukset, kuten edellä liikenteen viivästykset ja sää, jotka ovat projektinhallinnan kannalta mahdollisia riskitekijöitä.

Projektien pitäminen aikataulussa on korostunut selvästi viime aikoina. Pelin (2008) vertaa rakennusprojekteja investointiprojekteiksi, joissa pyritään usein mahdollisimman lyhyeen toteutukseen, johtuen suurten pääomien sitoutumisesta, niiden suuruudesta ja investointien tulevien tuottojen arvosta. Pelin (2008) on esittänyt kuusi asiaa, joilla on erityinen merkitys aikatauluhallinnassa:

1. Myöhästymissakot: Käytännössä jokaiseen urakkasopimukseen asetetaan myöhästymissakot, joilla pyritään sitouttamaan yhteistyökumppanit projektin aikatauluun. Sakko voi olla esimerkiksi 0,5 % kauppahinnasta alkavalta työpäivältä. Sakot voivat ylittää kymmeniä prosentteja kriittisissä kokonaisuuksissa.

2. Sidotun pääoman korko: Projektille investoiduille töille ja materiaaleille voidaan laskea asianmukainen korko. Välilliset kustannukset voivat olla rakennusprojekteissa hyvinkin merkittäviä (sosiaalililat, nosturit, koneet ja laitteet, työvoima).

3. Tuotto projektin tuloksesta: Mikäli tuotto saadaan käynnistymään aikaisemmin, on voitettu rahaa. Esimerkkilaskelma esittää 25 miljoonan euron tuotantolaitoksen antamaksi tuotoksi 2,3 % kuukaudessa investoidusta pääomasta. Jos aikataulujohtamisen johdosta laitos saataisiin käynnistettyä viikkoa aikaisemmin, olisi ansaittu huimat 140 000 euroa.

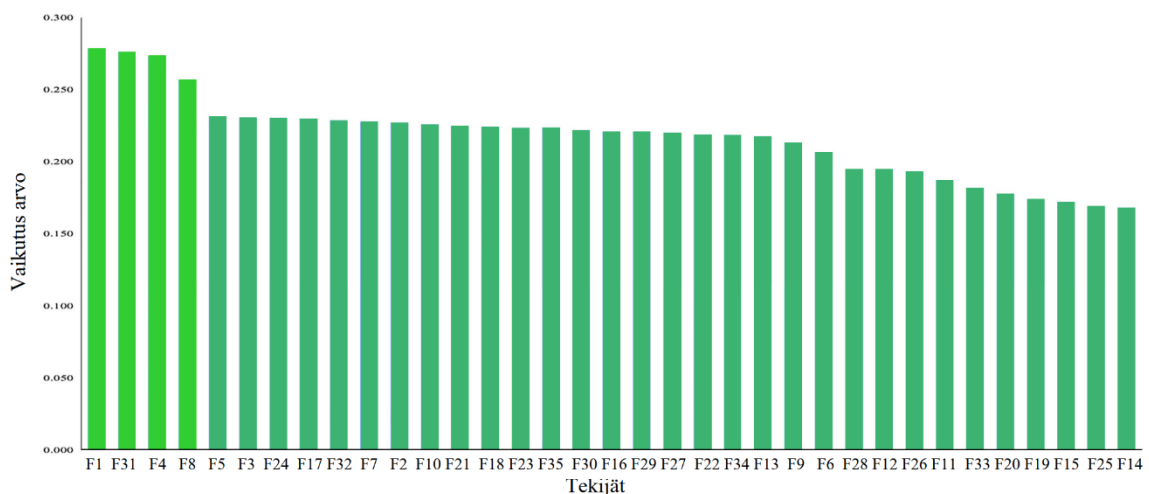
4. Menetetty tuotto: Teollisuuslaitosten kunnossapitoseisokeissa on mahdollista arvioida yhden seisokkipäivän aikaansaama tuotannon menetykset. Esimerkiksi painokoneen kunnossapitoseisokin aiheuttamaksi menetykseksi on arvioitu 7000 euroa tunnille. Seisokin lyhentäminen päivällä tarjoaa n. 168 000 euron säästön.

5. Markkinaetu: Tuotekehitysprojekteille ominaista on uuden tuotteen saattaminen markkinoille mahdollisimman nopealla aikataululla ennen kilpailijoita. 'Time to Market' ajan lyhentäminen on fokuksessa projektitoiminnan kehittämistavoitteissa. Mikäli tuote on ensimmäinen maailmassa, se on mahdollista hinnoitella hirmuisella katteella.

6. Maine luotettavana toimijana: Tilaajalle tärkeää usein on, että laadittuun aikatauluun ja sen pitävyyteen voidaan luottaa. Tällöin toimittajien/urakoitsijoiden valinnassa putoavat kilpailusta pois ne, joiden historiasta löytyy myöhästymisiä.

On helposti havaittavissa, että aikatauluhallinta on erittäin tärkeä kokonaisuus menestyksellään yrityksen toiminnassa. Minkään yrityksen ei ole varaa ylenkatsoa aikatauluhallintaa. Ekonomistien Prelecin & Loewensteinin (1998) mukaan tulevaisuuden rahavirrat eivät ole yhtä arvokkaita, kuin välittömät tulot. Sijoittajille on siis hyvin kriittistä saada hankkeet tulouttamaan mahdollisimman nopeasti. Rakennustuotannossa tärkeää on myös inhimillinen aspekti. Anna Timsin (2019) kirjoittamassa artikkelissa eräälle brittiläiselle aiheutui yli 10 000 punnan kustannukset väliaikaisen majoituksen järjestämisestä, kun uusi asunto valmistui neljä kuukautta myöhässä.

Rakennusprojektien viivästymisten syitä on tutkittu monelta näkökulmalta. Muneeswaran ym. (2020) havaitsivat heidän tekemän kattavan tilastollisen tutkimuksen avulla kriittisten riskitekijöiden välisen merkittävyyseron. Kuviossa 5 on esitetty yhteensä 35 eri riskitekijää, josta on helposti havaittavissa neljä ensimmäistä riskitekijää merkittävimmiksi tekijöiksi. Ensimmäinen ja kriittisin tunnistettu riski on puutteellinen aikataulu (F1), joka oli pitkäaikaisena ongelmana useimmilla urakoitsijoilla. Toinen tekijä on urakoitsijoiden piittaamattomuus työturvallisuuteen paineen alaisena (F31), jolla on huonossa tapauksessa korvaamattomat seuraukset. Kolmas tekijä on oikea-aikainen lupa työn aloittamiseen (F4), joka korostuu erityisesti ennen tuotantovaihetta, sillä tietyt suunnitteluvaiheet eivät ole mahdollista aloittaa ennen kuin toiset on saatu päätökseen (esim. suunnittelun tulee olla valmis ennen hankintaa). Neljäntenä merkittävänä tekijänä on epätarkka/riittämätön sijaintitutkimus (F8). Sijaintitutkimus on ensimmäinen askel kaikissa rakennusprojekteissa, joka huonosti toteutettuna voi aiheuttaa perustamistavoissa valtavia virhearviointeja. (Muneeswara ym, 2020)



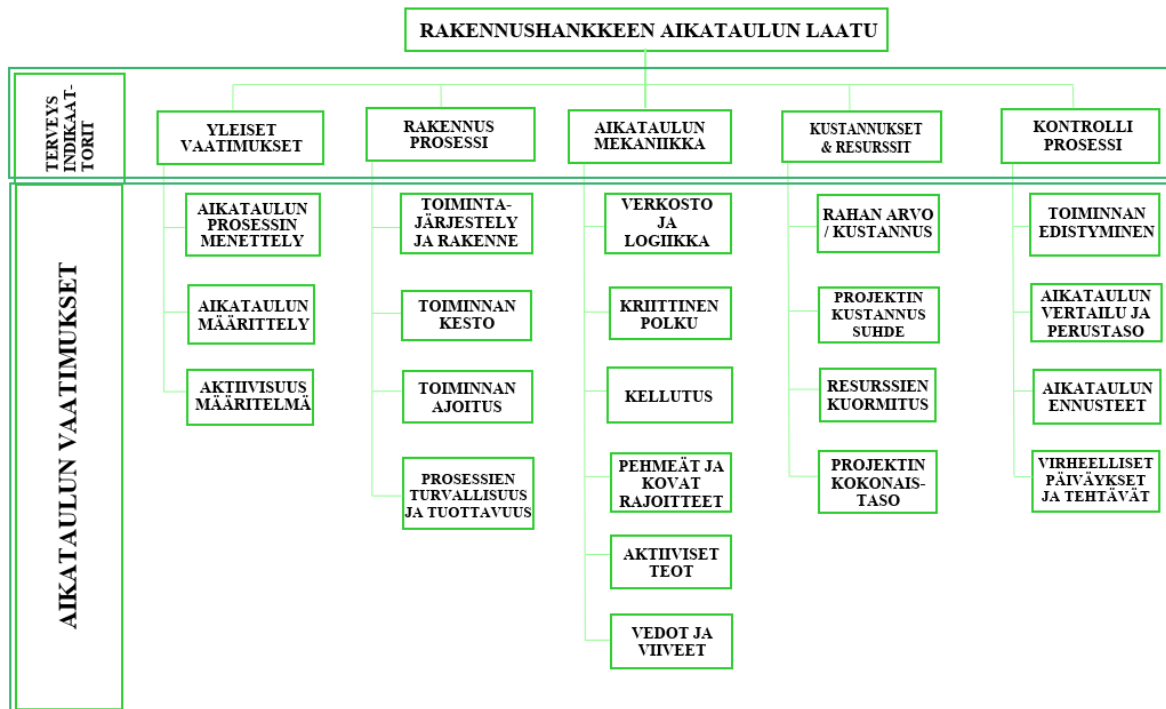
Kuvio 5. Esittää kirjallisuudesta löydetty kriittisimmät riskitekijät aikataulujohtamisen suhteen merkittävimmästä alkaen (mukaiillen Muneeswara ym, 2020. s. 456).

Arantesin & Ferreiran (2020) hyödynsivät tutkimuksessaan tutkivaa tekijäanalyysiä, jolla he määrittelivät aikaisempien tutkimuksien perusteella kaikkein merkittävimmät syyt viivästyksille. Tutkimuksessa otettiin huomioon syiden keskinäinen korrelaatio, jotka havaittiin voimakkaasti kuudessa eri tekijässä. Nämä merkittävimmät tekijät – merkittävimmästä alkaen – ovat:

1. **Puutteellinen suunnittelu:** pitää sisällään rakennus- ja aikataulusuunnittelun.
2. **Asiantuntijoiden heikko suoriutuminen:** toteutussuunnitelmien hyväksymisen myöhästyminen, asiantuntijoiden joustamattomuus ja tarkastusten sekä laadunvalvonnan hidas toteutuminen.
3. **Tehoton työmaan johtaminen:** materiaalien kaltoinkohtelu, alirakoitsijoiden kontrollin puuttuminen, materiaalien heikko laatu, välineiden rikkoontuminen ja puuttuminen sekä osaavan työvoiman puuttuminen.
4. **Tilaaajan vaikuttaminen:** tilauksien muuttaminen, työn laajuuden skaalautuminen suuremmaksi, tilaaajan puuttuminen toimintaan sekä tilaaajan hitaus päätöksien teossa.
5. **Byrokratia:** muutokset hallinnollisissa sääntelyissä, tilaaajan organisaation oma byrokratia sekä viivästyksiset viranomaisten päätöksissä.
6. **Urakoitsijoiden väliset sopimukset:** Aikatauluvaateiden ja sisällön epärealistisuus, kiistat ja neuvottelut osapuolten välillä, taloudelliset rajoitteet sekä tarjous- ja sopimusprosessi kokonaisuudessaan. (Arantes & Ferreira, 2020)

Rakennushankkeen aikataulu on koko projektin tärkein yksittäinen dokumentti. Se antaa hankkeen kannalta merkittäviä tietoja, sillä siinä esitetään hankkeen kokonaiskesto, projektin vaiheet ja työpakettien kestot, töiden loogisen järjestyksen sekä näiden lisäksi muutamia laatu- ja turvallisuussuuntautuneita tietoja. Bragadin & Kähkönen (2020) mukaan aikataulun laatu on arvioitava, sillä vaikkakin laadukas aikataulu ei takaa projektin onnistumista, niin huono aikataulu johtaa äärimmäisen harvoin onnistumiseen. Rakennushankkeen aikataulun laadunarvioinnin kolme tärkeintä komponenttia kirjallisuuden perusteella on: 1. aikataulun laatustandardit 2. aikataulutuksen prosessin ja erilaisten yksityiskohtien kehittäminen ja 3.

urakoitsijan aikataulun arviointi ja lähtötilanteen hyväksyntä. (Bragadin & Kähkönen, 2020; Moosavi & Mosehili, 2014) Kuviossa 6 on esitetty aikataulun laadun arviontimenettely Schedule Health Assessment -lähestymistapa (Bragadin & Kähkönen, 2016). Aikataulua harvemmin kuitenkin arvioidaan mitään tutkittua menetelmää hyödyntäen (Bragadin & Kähkönen, 2020), varsinkin pienemmissä rakennusprojekteissa (Türkakin ym. 2020).



Kuvio 6. Rakennushankkeen aikataulun laadun arviontimenettely Schedule Health Assessment -mukaan (mukailen Bragadin & Kähkönen, 2020).

Rakennusprojektien aikataulujen luonnetta kuvaillaan yleisesti kriittisen polun menetelmiksi, eli CPM-menetelmiksi (*Critical Path Method*) (Keoki ym, 2015). Näille menetelmille on tyypillistä, että ensimmäisen vaiheen jälkeen siirrytään seuraavaan vaiheeseen: yksittäisten työvaiheiden aikataulutukseen, eikä tässä välissä suoriteta laadunarviointia. Keokin ym. (2015) mukaan rakentamisessa jokainen toiminta on ”determinististä” siinä mielessä, että samanlaista tai identtistä työtä on tehty monta kertaa aiemmin. Rakennusalalle on koostettu oma kirjansa Ratu (2016) *Aikataulukirja*, johon on koostettu Ratun laajasta tietokannasta työmenekki ja työsaavutustiedot yleisaikataulu-, rakentamisvaihe- sekä viikko- ja tehtäväsuunnittelutasoilla. Rakennusalan projektien aikataulut selvästi pohjautuu historiatietoihin, joka on mutkikasta, sillä jokainen rakennusprojekti on omanlaisensa, eikä aiemmat

toteutumat välttämättä pidä paikkaansa toisella projektilla. Tästä syystä olisi järkevää hyödyntää jotain aikataulun laadun arviointi/tarkastusmenetelmää systemaattisesti.

Projektin ajallinen suunnittelu on osa kokonaisvaltaisesta projektinjohtamisesta. Tutkimuksessa keskitytään koko projektin ajalliseen hallintaan ja näiden keinojen johtamiseen. Aikataulujen hallintaan on kehitetty monia aikataulujohtamisen keinoja, joita seuraavaksi etsitään kirjallisuudesta. Suomalaisessa rakentamisessa Ratu (2011) *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus* -kirja on yksi merkittävimmistä teoksista koskien aikataulujohtamista, sillä sitä käytetään oppimateriaalina alan korkeakouluissa. Kirja on tehty yhteistyössä useiden rakennusyritysten ja alan organisaatioiden kanssa yhteistyössä. Kirjassa esitellään käytetyimpiä aikataulujohtamisen menetelmiä. Kirjan mukaan projektin ajallinen suunnittelu vastaa kysymyksiin: mitä tehdään, missä ja kenen toimesta. Seuraavaksi tutustutaan tarkemmin kirjassa esitelyihin kahteen merkittävimpään projektijohtamisen näkökulmaan, joissa fokusoidutaan aikataulujen hallintaan: Project Management Body of Knowledge (PMBOK) sekä LEAN.

3.2 Project Management Body of Knowledge (PMBOK®)

Project Management Institute (PMI) alkoi julkaisemaan toimialakohtaisia sovelluslaajennuksia A Guide to the Project Management Body of Knowledge -oppaaseen (PMBOK®) vuonna 2002. PMBOK® -opas sai *The Construction Extension* -rakentamislaajennuksen ensimmäisen kerran vuonna 2003, jonka jälkeen sitä on päivitetty jokaisen seuraavan PMBOK® -oppaan painoksen yhteydessä. Opas kuvaa tiedossa oleva tietoja ja käytäntöjä, jotka yleisesti tunnustetaan hyviksi käytännöiksi useimmissa projekteissa suurimman osan ajasta. Rakennuslaajennus esittää lisätietoja ja käytäntöjä, jotka yleensä hyväksytään rakennushankkeiden hyviksi käytännöiksi suurimman osan ajasta. Rakennuslaajennukseen on sisällytetty: projektin terveys, turvallisuus, vaarattomuus ja ympäristönhallinta sekä projektin taloudenhallinta.

PMBOK® -oppaan (2016) mukaan projektin aikataulun hallinta on kriittistä onnistuneen projektin kannalta. Rakentamisen ollessa voimakkaasti riippuvainen sopimusten aikarajoituksesta, tulee hankkeen valmistumista määräajassa korostaa enemmän. Aikataulun hallinnalla on suuri rooli, koska tyypilliseen rakennusprojektiin liittyy usein suuri määrä yksittäisiä

sopimuksia, jotka jaksotetaan ja koordinoidaan projektin elinkaaren aikana. Aikataulujen hallinta on kehittynyt erittäin tekniseksi aikataulutusprosessiksi. Useimmat rakennusprojektit painottavat projektin valmistumista ajoissa, jonka vahvistamiskeinona voidaan käyttää rahallisia vahingonkorvauksia myöhästymisestä, kuten aikaisemmassa luvussa Arantesin & Ferreiran (2020) osakseen esittivät. Projekti aikataulu luodaan mahdollisimman tarkaksi, jotta mahdolliset viivästymiset voidaan havaita ajoissa, niiden lähde voidaan tunnistaa ja vastuuttaa ongelman ratkaisu oikeille osapuolille.

Rakennusteollisuus on yksi harvoista teollisuudenaloista, jotka edellyttävät projektiaikataulun hallintaa. Projektin aikataulun hallinta sisältää prosessit, joita tarvitaan projektin oikea-aikaisen valmistumisen hallintaan. Suunnittelulla on keskeinen merkitys rakennusprojektiin liittyvien luontaisten epävarmuustekijöiden vuoksi. Taulukossa 2 esiintyvässä suunnittelu-prosessiryhmässä määritellään toiminnot, suunnitellaan toimintojen järjestys, arvioidaan toiminnan kestoa ja resursseja sekä määritellään toimintojen painoarvot. Mitä enemmän sidosryhmiä hankkeessa on mukana, sitä tärkeämmäksi yksityiskohtaisuuden tason määrittely muodostuu. Useissa projekteissa on kohonnut riski siihen, että ne eivät valmistu ajoissa tehotoman aikataulun laadinnan ja valvonnan vuoksi. Seuranta- ja ohjausprosessiryhmällä on tärkeä rooli luotaessa mekanismeja, jotka ilmoittavat poikkeamista verrattuna lähtötilanteeseen ja ennaltaehkäisevien tai korjaavien toimenpiteiden käytön tarpeesta saadakseen aikataulupoikkeamat takaisin hallintaan. Integroidut aikataulut asettavat ainutlaatuisia haasteita projekteille, mutta ovat kriittisiä onnistuneen projektin kannalta. Erinäiset seurannalliset dokumentit, kuten työmaapäiväkirjat, ovat tärkeä työkalu aikataulun hallinnassa.

Rakentamisen projektin aikataulun hallintaan liittyy monimutkaisia haasteita, jotka johtuvat pääasiassa mukana olevien sidosryhmistä, kuten omistajan/tilaajan, pääurakoitsijan, alihankkijoiden, myyjien, materiaalintoimittajien, loppukäyttäjien, viranomaisten jne. suuresta määrästä. Alves ym (2020) ovat todenneet saman omassa tutkimuksessaan. PMBOK® -oppaan (2016) mukaan osa monimutkaisuuteen johtavista tekijöistä ovat:

- Toimintojen suuri määrä ja niiden kestot, jotka on ajoitettava (laitteiden ja materiaalien hankinta ja asennus, sopimusten jättäminen, hyväksynnät suoritustarkastukset, hankintamenettelyt ja sopimusten toteuttaminen),

- Toimintojen väliset suhteet nopeuden ja viiveiden kanssa, sekä monimutkaiset keskinäiset suhteet työjaksojen ja materiaalirajapintojen välillä,
- Aikataulujen integrointi lukuisien sidosryhmien kanssa, jotka ovat sekä suoraan että epäsuorasti mukana rakentamisen suorituksessa,
- Toimintojen kestot ajanjaksoille, jotka altistuvat mahdollisille menetetyille työajoille huonojen sääolosuhteiden tai materiaalin asennusrajoitusten vuoksi,
- Erityyppisten aikataulujen yksityiskohdat, kuten projektin yleisaikataulu, viikoittaiset urakoitsijoiden aikataulut tai kahden viikon ennakointiaikataulut (*two-week look-ahead*) sekä
- Rakennus- ja viranomaistoiminnan seuranta ja valvonta kaikille mukana oleville sidosryhmille.

PMBOK® -oppaan (2016) mukaan rakennusalalle ominaista on, että rakennusprojekteista aiheutuu tyypillisesti suuria sakkoja tai vahingonkorvauksia myöhässä valmistuvista projekteista. Rakennusprojekteihin liittyvät riskit yhdistettynä aikatauluhaittoihin ovat synnyttäneet tarpeen useiden eri osaamisalueiden erikoispalveluiden kehittämiseksi. Rakentamisen hallinnan osaaminen pitää sisällään teknisesti edistyneitä suunnittelun ja aikataulutuksen, kustannustenhallinnan, riskienhallinnan ja asiakirjojen hallinnan osa-alueet. Opas esittelee tärkeimmät rakennusprojektien johtamis- ja hallinta menetelmät, jotka on esitetty taulukossa 2. Taulukossa on esitetty pelkästään rakentamiseen liittyvät johtamismenetelmät pyöreinä palloina, kun neliöt esittävät yleisesti projektien johtamismenetelmiä. Taulukossa esitetyistä johtamismenetelmistä tutkimuksessa keskitytään projektin aikataulun hallintaa, johon sisältyy suunnitteluprosessiryhmä sekä seuranta- ja ohjausprosessiryhmä.

Taulukko 2. Prosessiryhmät ja johtamismenetelmät taulukkomuodossa (mukaihen PMBOK[®], 2016).

Johtamismenetelmät (osaamisalueet)	Projektinhallinnan prosessiryhmät				
	Aloittava prosessiryhmä	Suunnittelu- prosessiryhmä	Suorittava prosessiryhmä	Seuranta- ja ohjausprosessiryhmä	Sulkeva prosessiryhmä
Projektin integroinnin hallinta	■	■	■	■	■
Projektin laajuuden hallinta		■		■	
Projektin aikataulun hallinta		■		■	
Projektin kustannusten hallinta		■		■	
Projektin laadunhallinta		■	■	■	
Projektiresurssien hallinta		■	■	●	●
Projektiviestinnän hallinta		■	■	■	
Projektin riskienhallinta		■		■	
Projektihankintojen hallinta		■	■	■	■
Projektin sidosryhmien hallinta	■	■	■	■	
Projektin terveyden, turvallisuuden, vaarattomuuden ja ympäristön hallinta		●	●	●	
Projektin taloushallinnon hallinta		●		●	

Kuten taulukosta 2 voi havaita, niin projekteilla tulee olla monenlaista johtamista. Rakennusalalla jokaista yllä esitetävää menetelmää tulee hyödyntää, jos tähtäimessä on menestynyt projekti. Tutkimukselle olennaisin menetelmä on projektin aikataulun hallinta, jonka prosessit esitellään sivulla 38.

PMBOK[®] -oppaassa (2016) kuvataan, että projektia johtaa projektiryhmä, jonka jäseniltä edellytetään projektiin valikoitujen prosessien hallintaa. Rakennusprojektin johtajan tulee yhteistyössä muiden työryhmän jäsenien kanssa päättää mitkä oppaan esittelemät prosessit ovat sopivimpia kyseiseen projektiin ja miten laajasti prosesseja käytetään. PMBOK[®] -opas (2016) ei tarjoa valmiita menetelmiä/ ratkaisuja prosessien toteuttamiseen, vaan ainoastaan niihin tarvittavat lähtötiedot sekä tavoiteltavat tulokset. Oppaan mukaan projektinhallinta on tiedon, taidon, työkalujen ja tekniikoiden soveltamista projektin toimintoihin, joiden avulla

projekti saadaan vastaamaan sille asetettuja vaatimuksia. Taulukossa 2 esitetyt osaamisalueet (johtamismenetelmät) ja prosessiryhmät ovat projektinhallinnan prosessien lajittelutapoja. Projektien prosessit kuuluvat oppaan mukaan tyypillisesti toiseen kahdesta pääluokasta:

- 1. Projektinhallinnan prosessit:** pitävät huolen projektin sujuvan etenemän koko hankkeen läpi. Prosessit sisältävät työvälineitä ja -tekniikoita, joita hyödynnetään osaamisalueilla kuvattujen taitojen ja kyvykkyyksien soveltamiseen.
- 2. Tuotesuuntautuneet prosessit:** määrittelevät ja aikaansaavat projektin lopputuloksen. Hankkeen elinkaari määrittelee tuotesuuntautuneet prosessit, joten ne vaihtelevat sovellusalueesta riippuen. Hankkeen laajuutta ei ole mahdollista määrittellä ilman perusymmärrystä siitä, miten määritelty tuote saadaan aikaan. Esimerkiksi kerrostalon rakentamisessa täytyy ottaa huomioon paljolti erilaisia rakennusmenetelmiä ja työvälineitä.

PMBOK[®]-opas (2016) esittää ainoastaan projektinhallinnan prosessit, mutta oppaassa kuitenkin suositellaan, että tuotesuuntautuneet prosessit otettaisiin myös huomioon. Edellä mainitut projektinhallinnan prosessit on oppaassa esitetty erillisinä osioiden, vaikka ne käytännössä kulkevatkin päällekkäin vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Prosessit on lajiteltu taulukon 2 mukaisesti viiteen prosessiryhmään sekä 12 osaamisalueeseen. Kukin osaamisalue pitää sisällään tarvittavat projektinhallinta prosessit. Taulukossa 2 esitettyjen prosessiryhmien avulla projektin prosessit voidaan ryhmitellä tyypeittäin. Ryhmien välillä on riippuvuuksia, ja ne suoritetaan samassa järjestyksessä jokaisessa hankkeessa. Aloittavan prosessiryhmän tehtäviin kuuluu määrittellä tai antaa hankkeelle tai sen vaiheelle lupa edetä seuraavaan vaiheeseen. Suunnitteluprosessiryhmän vastuulla on määrittellä ja jalostaa tavoitteita sekä suunnitella toimintatapa, jolla projektin tavoitteet saavutetaan. Suorittava prosessiryhmä puolestaan koordinoi ihmiset ja muut resurssit toteuttamaan projektisuunnitelman. Seuranta- ja ohjausprosessiryhmä valvoo projektia ja mittaa sen edistymistä säännöllisin väliajoin. Sulkeva prosessiryhmä hyväksyy virallisesti lopputuloksen ja vie projektin tai sen vaiheen hallitusti loppuun. Prosessit voidaan puolestaan jakaa edelleen tehtäviksi, jotka rakentuvat lähtötiedoista, työvälineistä ja tekniikoista sekä tuloksesta.

Projektin aikataulun hallintaan sisältyvät prosessit PMBOK® -oppaan (2016) mukaan on:

1. Tehtävien määrittäminen

- a. Työn jakautumisrakenne
- b. Pilkkominen
- c. Toiminnan attribuutit
- d. Edistymisen mittaussuunnitelma ja kriteerit

2. Työjärjestyksen määrittäminen

3. Tarvittavien resurssien arviointi

4. Tehtävien keston arvioiminen

5. Tehtävän merkityksen määrittäminen

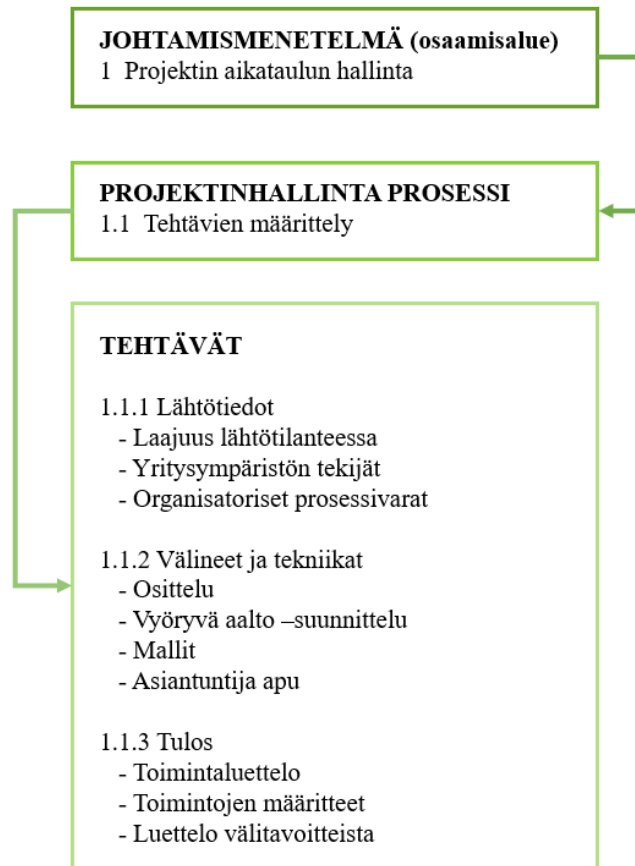
6. Aikataulun laadinta

- a. Toimittajien tai alihankkijoiden aikatauluanalyysi
- b. Rajoitukset: määritetyt päivämäärä ja tärkeät virstanpylväät, lakisääteiset vaatimukset, sääolosuhteet, tarkastukset, hyväksynät ja luvat.
- c. Aikataulun perustaso
- d. Aikataulun riskianalyysi

7. Edistymiskäyrien kehittäminen ja seuranta

- a. Painotuksien jakautumisen vakiokäyrät
- b. Matemaattinen analyysi

Kuviossa 7 esitetään PMBOK® -oppaan (2016) projektin hallinnan tehtävien ja etenemisjärjestys, jossa tehtävät luokitellaan lähtötietoihin, työvälineisiin ja tekniikoihin sekä tulokseen.



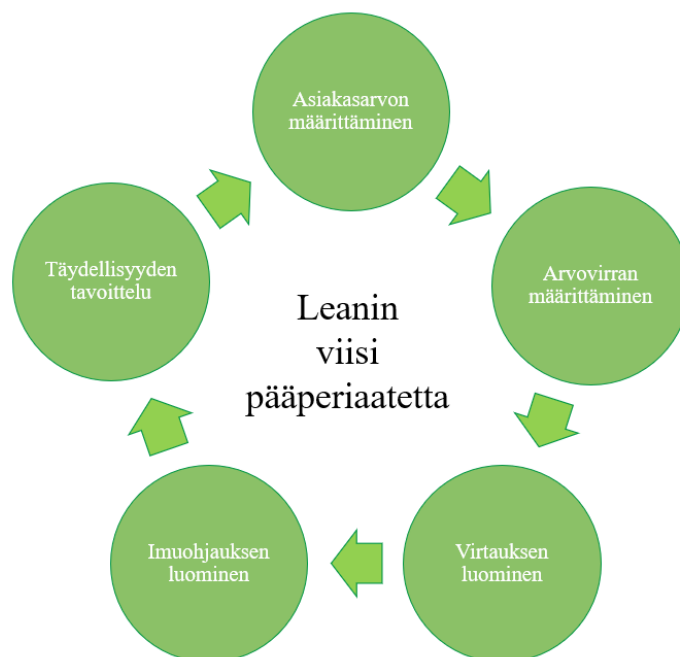
Kuvio 7. PMBOK® -oppaan osaamisalueiden pilkkominen tehtäviksi.

Angaritan & Gallardon (2018) suorittivat tutkimuksen, jossa tutkittiin rakennusyhtiöiden PMBOK® -oppaan mukaisia menettelytapoja Kolumbiassa. Heidän suorittamallaan kyselytutkimuksella he tutkivat 61 eri paikallisen rakennusyhtiön toimintatapoja, joista yli 86 %:lla oli vajavaiset resurssit prosessiryhmien pyörittämiseen. Toinen merkittävä havainto oli, että yrityksistä 92 % ei ollut tietoisia kyseisen oppaan olemassaolosta, huolimatta hyvästä tunnettuudesta esimerkiksi Suomessa. Faraji ym. (2022) huomioivat, että PMBOK® -oppaan toimintatavat ovat erittäin käyttökelpoisia, sillä oppaan käytännöt huomioivat integraation muodossa paljon projektinhallinnan pehmeän puolen roolia – verrattuna perinteisiin koviin taitoihin, kuten pelkkään kustannusten hallintaan. Taiwanilaisissa yrityksissä oppaan soveltuvuutta, erityisesti sidosryhmien viestinnän tehostamisessa, tutkivat Chou & Yang, (2012). He havaitsivat, että oppaan sidosryhmä- ja viestintätoimenpiteet ovat hyvin käyttökelpoisia tutkimuksensa perusteella. Tutkimustyötä PMBOK® -oppaan toimintatapojen toimivuudesta on kuitenkin tehty kohtalaisen niukasti.

3.3 LEAN

Tieteellisen liiketoiminnanjohtamisen perustalta kehittyneen tuotannonjohtamisen rinnalle syntyi 1900-luvun jälkipuoliskolla erilainen näkemys, nimittäin lean-filosofia, jonka taustalla on Toyotan tuotantofilosofia (*Toyota Production System, TPS*) (Ratu, 2011). Toyotan tuotantofilosofian peruspilareita ovat juuri ajallaan tapahtuvaan toimintaan pyrkivä JIT (*Just In Time*) sekä alituisen laadunparantamiseen pyrkivä Jidoka (automaatiota inhimillisellä otteella) (Womack & Jones, 2007). Japani oli köyhä maa toisen maailmasodan jälkeen, jolloin sillä ei ollut mahdollisuutta sitoa vähäisiä pääomiaan varastoihin. Japanilaisten oli saatava aikaan mahdollisimman tehokasta tuotantoa mahdollisimman pienillä resursseilla. Eiji Toyoda ja Taiichi Ohno 1940-luvun Toyotalla olivat lean-tuotannon edelläkävijöitä, joita pidetään laajasti menetelmän kehittäjinä. Japanin nousu nykyiseen taloudelliseen asemaansa seurasi nopeasti, kun muutkin japanilaiset yritykset ja teollisuudenalat omaksuivat samaa menetelmää. (Liker, 2013; Womack & Jones, 2007)

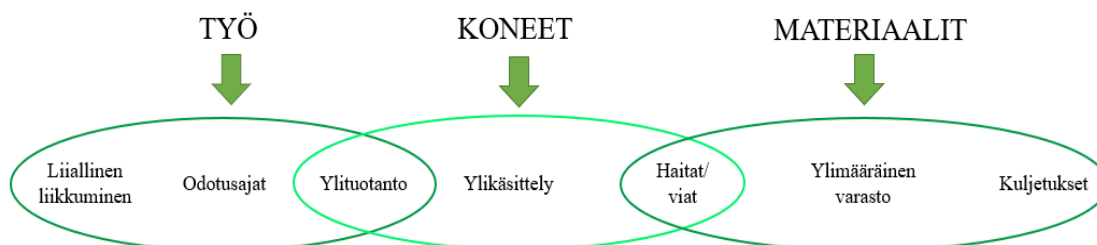
Čiarnienė ja Vienažindienė (2012) mukaan lean-tuotanto voidaan määritellä filosofiaksi, joka käsittää erilaisia periaatteita ja käytäntöjä. Lean voidaan määritellä myös Womackin ja Jonesin (2003) tapaan liiketoiminta- ja tuotantofilosofiaksi, jonka tavoitteena on lyhentää aikaa tilauksesta toimitukseen poistamalla hukkaa tuotteen/työn arvovirrasta. Lean-tuotannon keskeisenä ajatuksena on lisätä arvoa asiakkaille ja vähentää samalla resurssien kuluusta ja kiertoaikoja eliminoimalla hukkaa. Kuten missä tahansa liikkeenjohtamisen teoriassa, jokaisessa menetelmässä on etuja ja riskejä, jotka poikkeavat toisistaan, joten leania on tarkasteltava tapauskohtaisesti tasapainoisen toteutuksen vuoksi (Holweg, 2007; Sim & Rogers, 2009; Kropf, 2008; Wood, 2012; Kelly, 2012). Kuviossa 8 esitetään Leanin-tuotannon viisi pääperiaatetta ja niiden virtaukset. Näiden pääperiaatteiden merkityksiä käydään läpi Womackin ja Jonesin (2003) sekä Čiarnienė ja Vienažindienė (2012) avulla. Periaatteista ensimmäinen on asiakasarvon määrittäminen. Siinä tärkeintä on tunnistaa, että hyvin pieni osa yrityksen käyttämistä resursseista (ajallisista ja taloudellisista) lisää arvoa asiakkaalle. Tässä vaiheessa tulee selkeästi määrittää tuotteen tai palvelun todellinen arvo asiakkaalle.



Kuvio 8. Leanin viisi pääperiaatetta kulkusuuntineen.

Womackin ja Jonesin (2003) havaintojen mukaan, esimerkiksi saksalaisissa yrityksissä koulutetut tekniset asiantuntijat eivät huomanneet, että heidän omat mielenkiinnon kohteensa eivät loppupeleissä kiinnosta asiakkaita ollenkaan. Heidän uskomuksensa oli usein, että ”asiakas haluaa sen, kun olemme selittäneet sen heille”. Toisessa vaiheessa määritetään arvovirta. Sen sisällä on erilaisia prosesseja ja toimintoja. Prosesseista ja toiminnoista on mahdollista erottaa kolme arvokategoriaa: lisäävät, lisäämättömät mutta välttämättömät sekä lisäämättömät ja turhat (hukka). Kun arvovirta on määritetty tarkasti, siirrytään kolmanteen periaatteeseen, eli virtauksen luomiseen. Prosesseja järjestellään uudelleen siten, että tuotteet tai panosvirrat pääsevät virtaamaan sujuvasti koko tuotantoketjun lävitse. Silloin prosesseista poistetaan hukka. Kuviossa 9 esitetään tarkemmin tunnetut seitsemän aihekokonaisuutta, joista tarkemmalla tarkastelulla on mahdollista poistaa hukkaa. Neljännessä eli imuohjauksen luomisessa kyseessä on tuotteen tai palvelun kysynnän ymmärtämisestä. Lyhyesti sanottuna tuotetaan vain sitä, mitä asiakas haluaa silloin, kun sitä halutaan. Imuohjaus ajattelu tulee yhdistää koko tuotantoketjuun materiaalien toimittajilta asiakkaisiin asti. Imun tehokkuutta vahvistetaan hyödyntämällä kanbaneja, jotka ovat fyysisiä tai elektronisia mekanismeja, jotka välittävät osien ja osakokoonpanojen tarpeen tuotantoprosessin osapuolille. Viidennessä vaiheessa eli täydellisyyden tavoittelussa kiinnitetään jatkuvasti huomiota

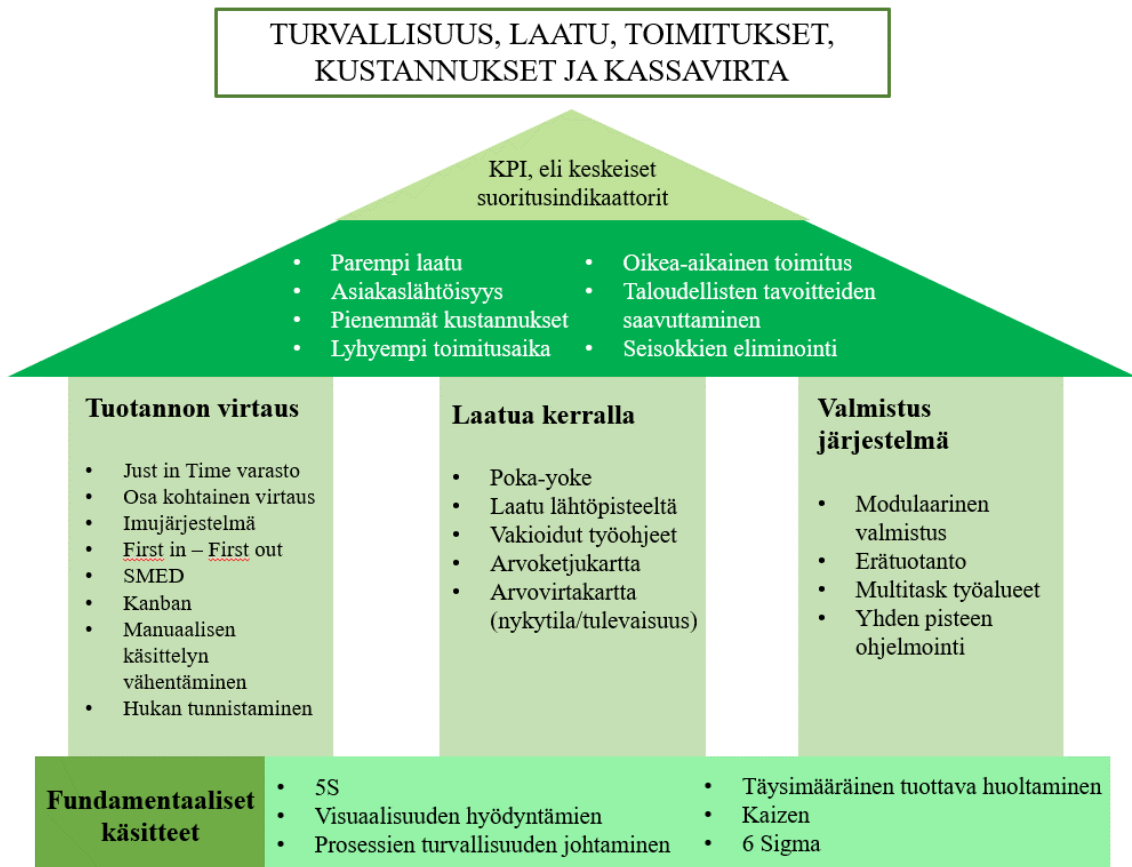
jatkuvaan kehittämiseen. Se vaatii kaikkien vaiheiden hiomista ja viimeistelyä. (Womack & Jones, 2003; Čiarnienė & Vienažindienė, 2012)



Kuvio 9. Mahdolliset hukan poistoalueet tuotantoprosessissa (mukaiillen Rawabdeh, 2005; Carter, 2011).

Leania ajatellaan usein tuotantofilosofiana ja -menetelmänä, mutta sitä voidaan ajatella myös työkalupakkina, jonka sisällä on erilaisia menetelmiä ja työkaluja. Näistä työkaluista yrityksen tulee valita omaan käyttöönsä oikeat menetelmät, joilla yrityksen on mahdollista kehittää tarvittavaa osa-aluetta. Näiden työkalujen avulla optimoidaan yrityksen liiketoimintaprosesseja, muun muassa: henkilöstöresursseja, ajan käyttöä, tuottavuutta ja omaisuutta sekä parannetaan tuotteiden ja palveluiden laatua (Čiarnienė & Vienažindienė, 2012). Kirjallisuudesta löytyy hurja määrä erilaisia Lean-menetelmiä ja -työkaluja, joten tarkastellaan seuraavaksi näistä tunnetuimpia ja eniten käytettyjä.

Lean-menetelmiä ja -työkaluja voidaan ryhmitellä funktioihin, joita on havainnollistettu kuvassa 2. Díaz-Reza ym. (2022) ovat ryhmitelleet menetelmiä perustyökaluihin sekä työkaluihin, jotka on ryhmitelty kolmeen pilariin: flow, laatu ja prosessi. Singh ym. (2018) puolestaan jaottelevat Lean-työkalut tuotantojärjestelmän virtausta edistäviin sekä laadunvarmistuksen hallintaa ja itse tuotantojärjestelmää parantaviin työkaluihin. Leanin perustyökaluille ominaista on niiden avulla keskittyminen yritysten nykytilan diagnostiikkaan, ja ne toimivat lähtökohtana muiden työkalujen soveltamiselle. Laatua ei esimerkiksi voida saavuttaa, jos 5S-työkalua ei ole hyödynnetty kattavasti (Colim ym. 2021). Tuotantovirtaustyökalut mahdollistavat prosessin sisäisten varastojen vähentämisen mahdollisimman paljon, kuten Just-in-Time (JIT), varastonhallinta, imuohjaus ja Kanban, sekä helpottavat tuotannon hallintaa. Hukan tunnistusjärjestelmät ovat yksiä keskeisimpiä työkaluja Lean-menetelmissä (Palange & Dhattrak, 2021; Prada-Echevarría ym. 2021; Rahman ym. 2013).

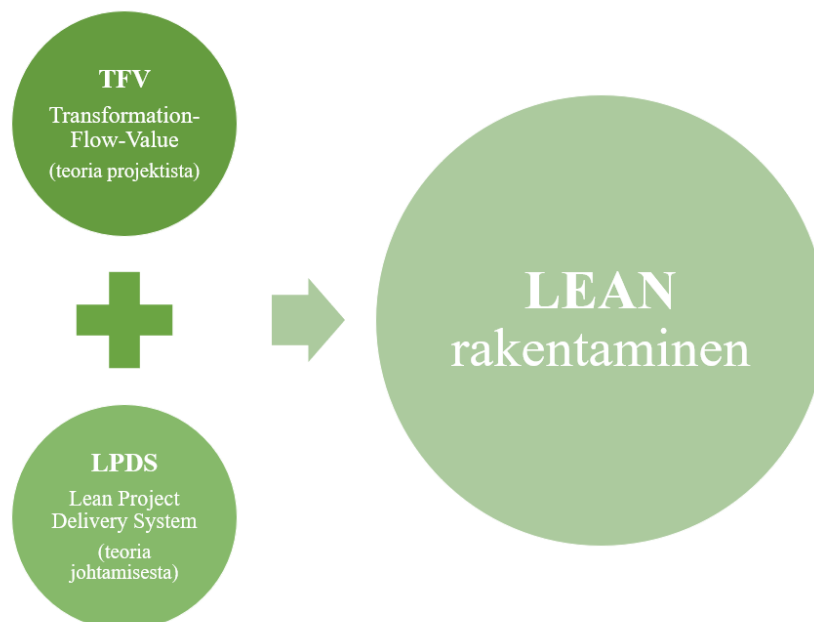


Kuva 2. Yleisiä Lean-tuotantomenetelmiä ja -työkaluja (mukaiillen Díaz-Reza ym. 2022).

Laatutyökalut keskittyvät varmistamaan, että tuotteiden kaikki vaatimukset täyttyvät ja välttämään virheiden syntymistä, tällaisia työkaluja ovat poka-yoke, laatu lähteestä, prosessien arvokartat, standardoidut työohjeet työntekijöille visuaalisella ohjauksella sekä koulutus ja opastus (Kurdve ym. 2019; Mulugeta, 2020). Lopuksi on työkalut, jotka on kohdistettu tai sovellettu valmistusjärjestelmiin, kuten esimerkiksi: erätuotanto, modulaarinen valmistus ja multitask työalueet (Annamalai ym. 2020; Dakov ym. 2010). Kaikkien näiden työkalujen ja menetelmien soveltaminen todelliseksi tuotantomenetelmiksi mahdollistaa tuotteille paremman laadun, paremmat lähtökohdat asiakaslähtöisyyteen, tuotteiden valmistus muuttuu edullisemmaksi ja tätä kautta kilpailukykyisemmäksi, lyhentää toimitusaikoja, tuottaa enemmän kassavirtaa yrityksille ja eliminoi turhaa hukkaa.

3.4 LEAN rakennusalalla

Lean rakentaminen (*Lean Construction*) on rakennusalalle sovellettua Lean-filosofian mukaista toimintaa. Lean saapui rakennusalalle, kun Lauri Koskela julkaisi Lean-filosofian soveltamisesta rakennusalalle uraauurtavan artikkelin vuonna 1992. Uuden filosofian soveltamisen tavoitteena oli vähentää arvoa tuottamatonta työtä eli hukkaa, rakennushankkeissa. Rakennusalalla laajasti vallitseva käsitys projektinhallinnasta on sen tarkastelu taloustieteellisenä ilmiönä, eli tuotanto ajatellaan osto- ja myyntiprosessina, jolloin kaikkein merkittävin osuus – tuotantoprosessin hallinta – on jäänyt niukalle huomiolle. Lähestymiskulma on toimintakeskeinen, jolloin oppimiseen, kulujen muodostumiseen ja projektin läpimenoaikaan oletetaan pystyttävän vaikuttamaan pääosin erillisten osasuoritusten kuten työvaiheiden ja aliurakoiden osaoptimoinnin kautta. (Ratu, 2011) Lean rakentamisen periaatteiden mukaan taloustieteellinen lähestymiskulma ei ole sinällään sopiva pohja projektinhallinnan teorialle. Kuviossa 10 esitetään miten teorian ja käytännön tuotannonohjaus yhdessä muodostavat Lean rakentamisen. Taloustieteellisen lähestymiskulman sijasta yhdistämällä tuotantomuunnos, virtaus ja arvotuotto yhteen on syntynyt TFV-teoria (Transformation-Flow-Value) (Habibi Rad ym. 2022). Lean-menetelmien keskiössä on nimenomaisen virtauksen merkitys muunnoksen ja arvon tuottamisessa. Rakentamisessa Lean noudattaa hyvin vahvasti



Kuvio 10. Teorian ja käytännön tuotannonohjaus muodostavat Lean rakentamisen. (muokailen Ratu, 2011)

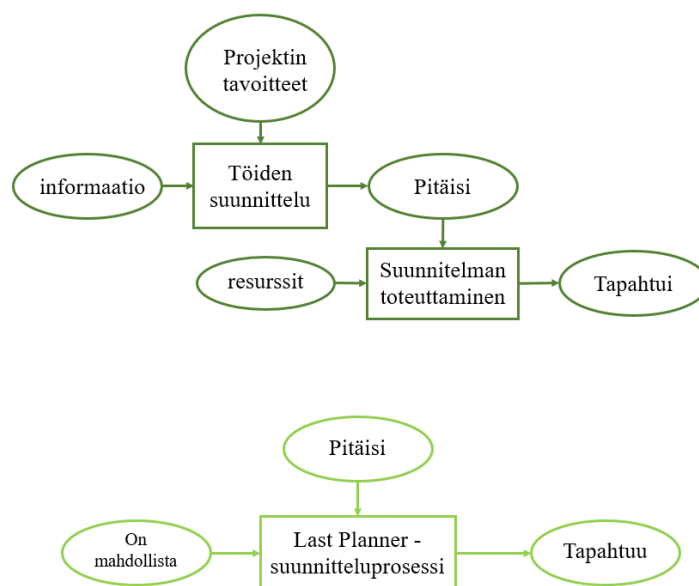
imuperiaatetta. TFV-teorian lisäksi Lean rakentamiseen kuuluu Toyotan tuotantojärjestelmän (TPS) kanssa yhdenmukainen yleinen tuotantopohjainen projektihallintajärjestelmä Lean Project Delivery System (LPDS) sekä joukko sosiaalisia ja itseohjautuvia järjestelmiä, jotka mahdollistavat ja edistävät koordinaatiota ja yhteistavoitteiden asettamista sekä säästämistä (Ratu, 2011; Aslam ym. 2021).

Lean Project Delivery System esittää vaiheet, joilla tuotteet ja palvelut toimitetaan asiakkaalle. Ballard (2000a) oli edelläkävijä LPDS menetelmän kehittämisessä, ja hän otti Lean-periaatteita käyttöön neljässä vaiheessa: 1. Projektin määrittely 2. Lean-suunnittelu 3. Lean-tarjonta ja 4. Lean-kokoonpano. Rakennusalalla kaikkein käytetyimpiä Lean-työkaluja on: Last Planner System (LPS), asiakkaan kysyntään perustuva tuotanto (*takt-time*, tahtituotanto) big roomit, arvovirtojen määrittely (*value stream mapping*, VSM), integroidut projektitoimitukset (*integrated project delivery*, IPD), just-in-time (JIT), tavoitearvosuunnittelu (*target value design*, TVD), sarjapohjainen suunnittelu (*set-based design*, SBD), imuohjaus ja 5S (*Sort, Set in order, Shine, Standardize ja Sustain*) (Aslam ym. 2021; Albuquerque ym. 2020) Kaikkia neljää LPDS vaiheita seuraamalla, sekä hyödyntämällä tärkeimpiä Lean-työkaluja ja -menetelmiä kaikissa neljässä vaiheessa on projektilla riittävästi kyvykkyyksiä prosessien ja ihmisten tehokkaaseen hallintaan sen luontaisen rakenteen ansiosta, joka mahdollistaa kaikkien projektin sidosryhmien varhaisessa vaiheessa osallistumisen valmistelemaan suunnitteluun, sekä lopulliseen toteutussuunnitteluun. (Aslam ym. 2021)

Tarkastellaan hivenen tarkemmin rakennusalan käytetyintä Lean-työkalua, eli Last Planner Systemiä (LPS). Last Planner -menetelmä on yksi tunnetuimmista ja käytetyimmistä Lean rakentamisen työkaluista (Babalola ym. 2019; Sarhan ym. 2017; Koskela ym. 2009). Ennen vuosituhatien vaihdetta Koskelasta (1992) inspiroituneena texasilainen Herman Glenn Ballard kehitti väitöskirjaansa (2000) Last Planner -menetelmää, jonka tavoitteena oli työn virtauksen sekä aikataulujen luotettavuuden ja ennustettavuuden parantaminen. Sitä käytetään lyhyen aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen, jolloin sitä voidaan soveltaa niin rakennustyömaan kuin rakennussuunnittelun ohjaukseen. Ballardin mukaan LPS koostuu kahdesta osasta: työyksiköiden kontrollista (*controlling unit of work*) ja työvirtauksen kontrollista (*controlling workflow*). Koskela tulkitsee, että LPS -menetelmän tulee perustua seuraaviin peruseriaatteisiin: 1. Töitä ei saa aloittaa, ennen kuin kaikki toteutumisen edellytykset ovat täyttyneet 2. Töiden toteutumaa on mitattava ja seurattava tehokkaasti 3. Syyt toiminnan

epäonnistumiseen on tunnistettava ja poistettava tehokkaasti 4. Menetyksiä tuottavuudessa on vältettävä ja muut työt on kohdistettava välittömästi uudelleen, jos alkuperäistä suunnitelmaa ei ole mahdollista toteuttaa sekä 5. Lyhyen aikavälin suunnitelma on laadittava, ja siinä tulee ottaa huomioon työt, joiden toteuttamisrajoitukset on poistettu. (Jin, 2013; Koskela, 1992; Koskela ym. 2009; Ballard, 2000)

Koskelan ym. (2004) mukaan LPS -menetelmää tulee hyödyntää rakentamisessa siten, että sitä käytetään vaikehierarkian kautta. Ensimmäinen taso on yleissuunnittelu (*master schedule*, yleisaikataulu yms.), joka on koko projektin aikataulu. Se pitää sisällään vain tärkeimmät virstanpylväät ja niiden päivämäärät alkaen projektin valmistumispäivästä jatkamalla takaperin projektin alkuun. Toinen taso on rakentamisvaihesuunnittelu (*Look-ahead schedule*), joka on suunnittelutasojen välitaso. Se pitää sisällään tärkeimmät työt, jotka on toteutettava virstanpylväiden saavuttamiseksi yleisaikataulun suunnitelman mukaan. Tällä välitasolla tarkastelujakso on yleensä kuudesta kahdeksaan viikkoa eteenpäin. Kolmas ja eksaktein taso on viikkosuunnittelu (*weekly work plan, WWP*), jonka tarkastelu jakso on nimensä mukaisesti viikko. Sen tulee pitää sisällään kaikki kyseisen viikon aikana aloitettavat työvaiheet, jotta voidaan varmistua niiden olemisen aikataulussa. LPS-menetelmä on edellä esitettyyn TFV-teoriaan (*Transformation-Flow-Value*) perustuva Lean rakentamisen aikataulutustyökalu. Sen ydin on muuttaa dynaamisen aikataulujärjestelmän kautta perinteinen *push*-järjestelmä *pull* eli imujärjestelmäksi, jota on havainnollistettu kuviossa 11. (Jin, 2013; Koskela, 1992; Koskela ym. 2009)



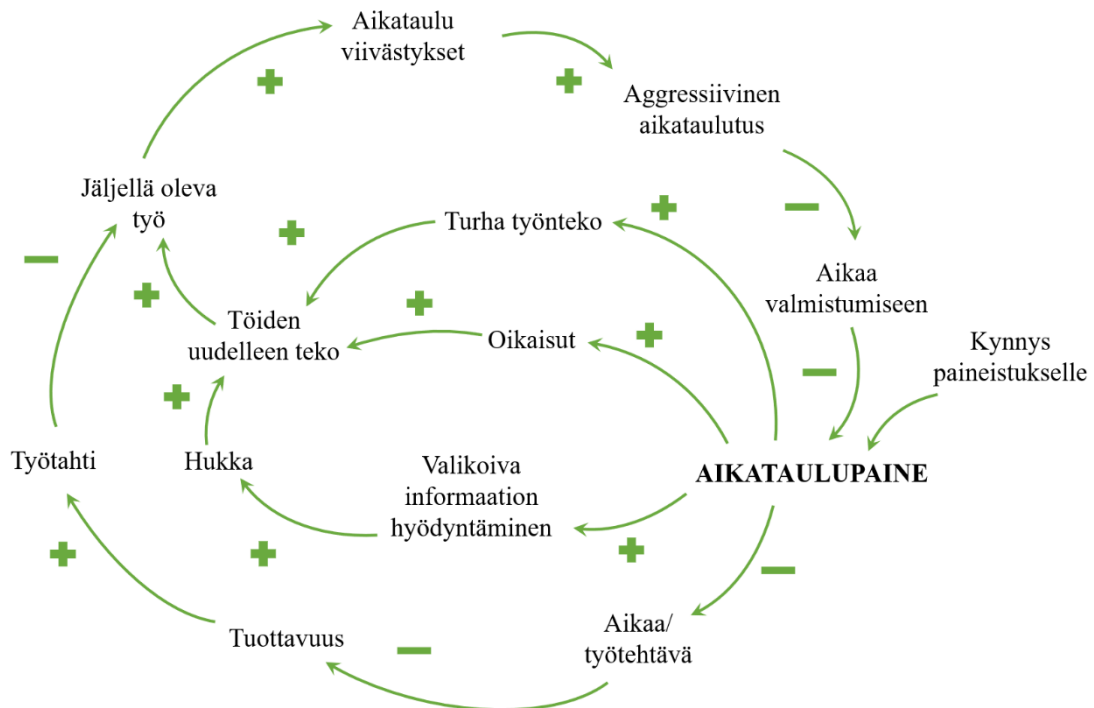
Kuvio 11. Push-järjestelmä (tum.vihr) ja pull-järjestelmä (vaal.vihr) (mukaiillen Jin, 2013).

3.5 Aikataulujohtamisen vaikutukset suorituskykyyn

Suorituskyky kuvaa organisaation toimintaa. Sen määrittelyssä voidaan käyttää monia erilaisia lähestymiskulmia. Lönnqvist ym. (2006, s. 19) ovat määritelleet suorituskyvyn yksinkertaisella tavalla, eli mitattavan kohteen kyky saavuttaa asetettuja tavoitteita. Suorituskyky on kuitenkin laaja ja kompleksinen käsite, joka pitää sisällään sekä taloudelliset, että operatiiviset näkökulmat (Tangen 2005, s. 39–40). Perinteisesti suorituskyvyn mittaaminen on keskittynyt taloudelliseen tietoon perustuviin mittareihin. Taloudelliset toimenpiteet ovat kuitenkin luonteeltaan historiallisia, raportoivat tuloksista ja aiempien toimien seurauksista (Kaplan & Norton, 2001), joten niistä on vain vähän hyötyä nykyisen suorituskyvyn parantamisessa (Kagioglou ym. 2001). Nykyiset liiketoimintaympäristöt tarvitsevat oikea-aikaisempaa, laaja-alaisempaa ja ennakoivampaa tietoa, joka johtaa todellisen suorituskyvyn parantamiseen. Tarve parantaa yleistä suorituskykyä on erityisen ilmeinen rakennusteollisuudessa. (Pekuri ym. 2011)

Laaja-alaisempaan tarkasteluun suuntautuneista malleista Kaplanin ja Nortonin vuonna 1996 esittämä Balanced Scorecard on eittämättä tunnetuin. Se sisältää neljä tarkasteltavaa osa-aluetta: 1. sisäiset prosessit 2. asiakas 3. talous sekä 4. oppiminen ja kehittyminen. Näiden osa-alueiden avulla on mahdollista tarkastella organisaation toiminnan tilaa kattavasti, ja se auttaa pitämään organisaation elinvoimaisena. Lönnqvist ja Mettänen (2003, s. 21) muistuttavat, että esimerkiksi pelkkä hyvä taloudellinen tulos ei takaa organisaation toiminnan jatkuvuutta tulevaisuudessa. Aikataulujohtamisen vaikutuksia suorituskykyyn ei ole merkittävästi tutkittu tieteellisesti. Tutkimuksessa kerätyn aineiston perusteelta voidaan tehdä päätelmiä – että monet asiat ja kokonaisuudet, joita aikataulujohtamisella hallitaan, ovat oleellisia asioita organisaatioiden suorituskyvyn kannalta. Kirjallisuudesta löytyy kuitenkin muutama tutkimus, joissa on tutkittu aikataulujen merkitystä suorituskykyyn.

Nepal, Park ja Son (2006) olivat tutkineet singaporelaisia rakennusalan yrityksiä, ja analysoineet niissä aikataulupaineiden vaikutuksia rakentamisen suorituskykyyn. Aikataulupaineen syy-seuraus-analyysin havainnollistamiseksi, tutkijat kehittivät kausaalidiagrammin, joka esitetään kuviossa 12. Kuviossa nuolet osoittavat kausaalisuuden suunnan, ja ”+” ilmaisee, että yhden muuttujan kasvu aiheuttaa vastaavan lisääntyneen laskun vastaanottavassa muuttujassa. Vastaavasti ”–” ilmaisee käänteistä vaikutusta.



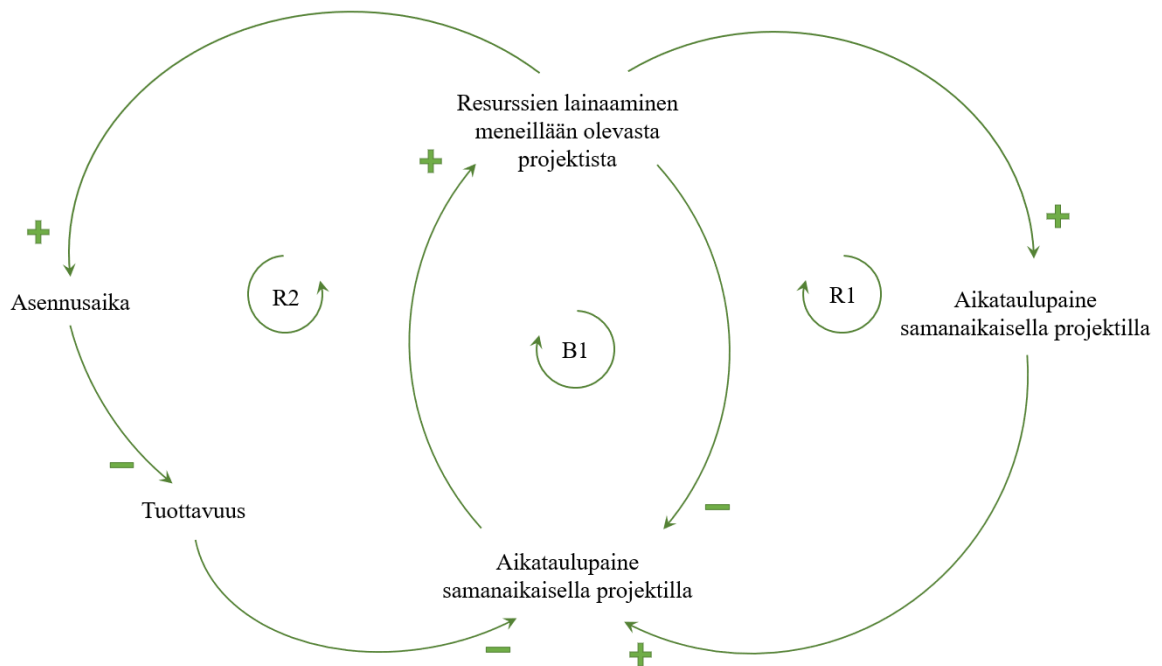
Kuvio 12. Aikataulupaineen dynamiikka (mukaillen Nepal ym. 2006).

Nepalin ym. (2006) tutkimuksensa tulokset osoittavat, että työn vauhdin lisäämisen seurauksesta työmaan tuottavuus kärsii yhdessä heikkenevän laadun kanssa. Heidän mukaansa haitallisia vaikutuksia voidaan minimoida suunnittelemalla varsinainen rakennustyö realistisesti ja ennakoivasti, motivoimalla työntekijöitä, sekä luomalla tehokkaat koordinaatio- ja viestintämekanismit. He myös osoittivat tutkimuksessaan, että työn tuottavuudella, tahdilla ja laadulla on taipumusta laskea aikataulupaineen noustessa normaalitason yläpuolelle. Kuitenkin tutkimuksen mukaan kohtalainen aikataulupaine voi auttaa lisäämään tuottavuutta – mahdollisesti lisäämällä työntekijöiden valppautta ja tarkkaavaisuutta.

Projektien johtamisen tutkimuksen maailmasta hyödyllinen artikkeli on Yaghootkarin ja Gilin (2012), jossa he havaitsivat, että henkilöstöresurssien siirtelyllä voi olla negatiivinen vaikutus tuottavuuteen. Tutkimus keskittyi suuriin projekteihin, joissa työntekijöiden siirtely työkohteelta toiselle ”kiireellisyyden perässä” aiheutti hukkaa. Resursseja siirtämällä muilta projekteilta toiselle, saatiin varmuus, että liiketoiminnan kannalta kriittinen projekti saatiin valmiiksi ajallaan. Tämä kuitenkin aiheutti resursseja luovuttaville projekteilla suhteessa suuremmat haitat, joten siirtely ei ollut järkevää yrityksen kokonaiskuvan kannalta. Empiiristen kokeiden avulla Yaghootkar ja Gil (2012) osoittivat, että jos organisaation ylin johto

painostaa jotakin tiimiä saattamaan tietty (myöhässä oleva) projekti päätökseen suunnittelussa ajassa ilman uuden työvoiman rekrytointia (vaan olemassa olevien resurssien siirteillä), niin tulevien projektien aikataulupaineet kasvavat eksponentiaalisesti. Aikataulujohdaminen ei siis saa ottaa ylivaltaa kokonaisvaltaisesta johtamisesta, vaan sen tulee pysyä yhtenä hallittavana kokonaisuutena projektin alusta projektin loppuun asti.

Organisaation tulee aina keskittyä kokonaiskuvaan. Rakennusalan yrityksillä on tyypillisesti useita projekteja samaan aikaan meneillään, joten näiden keskinäiset suhteet eivät saa muuttua niin voimakkaiksi, että ne häiritsevät koko organisaation toimintaa. Kuviossa 13 on havainnollistettu ylimmän johdon ja eri projektien välistä dynamiikkaa. Ylimmän johdon vastuulla on valvoa projektien keskinäisiä riippuvuuksia ja pitkäaikaisia sivuvaikutuksia. Kausaalisuuskartassa B1 esittää tasapainottavaa voimaa kahden eri projektin välillä, joka kierrättää resursseja. R1 ja R2 kuvaa kahta eri projektia, joita on selkeyden vuoksi hahmotettu vain kaksi. Vastaavasti nuolet osoittavat kausaalisuuden suunnan samaan tapaan kuin kuviossa 10, eli ”+” ilmaisee, että yhden muuttujan kasvu aiheuttaa vastaavan lisääntyneen laskun vastaanottavassa muuttujassa. Vastaavasti ”-” ilmaisee käänteistä vaikutusta. (Yaghootkar ja Gil, 2012)



Kuvio 13. Dynaaminen kausaalisuuskartta kahden projektin toimintakentässä (mukaillen Yaghootkar ja Gil, 2012).

4 Tutkimuksen toteutus: case-yrityksen aikataulujohtaminen

4.1 Kohde organisaatio ja tutkimuksen lähtökohdat

Tutkimuksen kohdeyrityksenä toimii yksi Suomen suurimmista rakennusalan pörssiyrityksistä YIT Oyj. YIT toimii Pohjois-Euroopan alueella, jossa toimialanaan sillä on asuminen, toimitilat, kiinteistönkehitys ja infra. Tarkemmassa tarkastelussa on yrityksen alueyksikkö Keski-Suomessa, jossa myös tutkimuksen haastattelut järjestettiin. YIT:n omien nettisivujen (www.yitgroup.com./fi/tietoa-yitsta) mukaan YIT on jo 110 vuoden ajan luonut parempia elinympäristöjä asiakkailleen, muun muassa: asuntoja, julkisia ja kaupallisia rakennuksia sekä yleisiä infrastruktuurisia hankkeita. Yritys työllistää tällä hetkellä noin 5 000 työntekijää yhdeksässä maassa. Yrityksen 2022 vuoden julkisen vuosikatsauksen mukaan kyseisenä vuonna koko konsernin oikaistu liikevoitto oli 110 miljoonaa euroa (2021, 85milj.€), josta asuminen segmentti – johon tutkimus keskittyy – toi 90 miljoonaa euroa (2021, 109milj.€). Yrityksen tärkein maantieteellinen toimialue on Suomi, jonka osuus yrityksen koko liikevaihdosta on noin kolme neljännestä. Yrityksen merkittävimmät kilpailevat pörssiyhtiöt ovat, markkina-arvon mukaan lueteltuna suurimmasta pienimpään 3.3.2023:

- Skanska AB (6 969 milj.€)
- JM AB (1 239 milj.€)
- NCC AB (879 milj.€)
- **YIT Oyj (558 milj.€)**
- Bonava AB (222milj.€)
- SRV Yhtiöt Oyj (65milj.€)
- Lehto Group Oyj (21milj.€)

Vuosikertomuksen mukaan YIT on onnistunut parantamaan tuottavuuttaan panostamalla teollisen rakentamisen peruspilareihin, eli Lean-ajatteluun pohjautuvaan tahtituotantoon (*takt-production*) sekä esivalmisteasteen kasvattamiseen. Lean-ajattelu ja tahtituotanto auttaa

yritystä toteuttamaan strategiaansa, joten tehokkaasti hallittu tuotanto on yrityksen ydinosaamisen kulmakiviä. Kertomuksen mukaan yritys aikoo vielä tulevaisuudessakin panostaa tunnustavasti Lean-metodologiaa tukeviin menetelmiin sen mahdollistaman tarkemman työn suunnittelun ja tätä kautta toivottavasti kohoavan tuottavuuden toivossa. Tutkimuksen aihe on siis erittäin oleellinen yrityksen toiminnan kannalta, josta voidaan päätellä, että aiheena Lean sekä muut tehokkaat aikataulujen johtamismenetelmät ovat yritykselle entuudestaan tuttuja. Kilpailijoiden vuosikertomuksissa ei mainittu lean-ajattelua tai tahtituotantoa.

Tutkimuksen tarkoituksena on tunnistaa yrityksen toiminnasta puutteita ja hyviä menetelmiä, joilla on vaikutusta työmaiden aikataulujen johtamiseen. Tätä kautta on mahdollista saada käsitys yrityksen nykytilasta, ja kehittää toimintaa teoriasta löydettyjen uudenaikaisten ja toimiviksi havaittujen menetelmien avulla. Aikataulujen johtamisen tehostamisen avulla pyritään parantamaan yrityksen työmaiden tehokkuutta, tuottavuutta ja täten myös kannattavuutta. Tutkimuksen lopputuloksena pyritään muodostamaan mahdollisimman luotettava ja konkreettinen mittaristo rakennustyömaiden aikataulujohtamisen tueksi. Mittaristo muodostetaan tutkimuskysymysten vastausten pohjalta, joita tarvittaessa täydennetään tutkimukseen kerätyn muun kirjallisen aineiston perusteella.

4.2 Aineiston kerääminen ja analysointi

Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksen strategialla laadullista eli kvalitatiivista tutkimusotetta hyödyntäen. Menetelmäksi valikoitui tapaustutkimus, sillä tavoitteena oli ymmärtää tutkimuksen kohdetta syvällisesti omassa kontekstissaan (Eskelinen & Karsikas, 2014). Tutkimuksen mielenkiinnon kohteena oli case-yrityksen projektit tuotannon näkökulmasta, joita tarkasteltiin niiden luonnollisessa ympäristössä, jolloin tapaustutkimus on looginen lähestymiskulma. Hyvin tyypillistä tapaustutkimukselle on tutkittavan kohteen tarkastelu tapauksien tai prosessien kannalta (Heikkilä 2014, s. 15; Hirsjärvi ym. 2009, s. 140, 164). Tutkimuksen aineistot kerättiin laadullisia aineistonkeruumenetelmiä hyödyntäen.

Laadulliselle tapaustutkimukselle tavanomaiset aineiston keruumenetelmä on haastattelut ja sekundääridatan kokoaminen. (Metsämuuronen, 2006; Eskelinen & Karsikas, 2014) Haastatteluiden toteutusmuotona käytettiin puolistrukturoituja teemahaastatteluja. Teemahaastatteluiden etuna on se, että kysymysten lomassa voidaan saman teeman ympäriltä kysyä

tarkentavia kysymyksiä. Kysymyksillä ei silti ole tarkkaan määriteltyä muotoa ja niiden järjestyskin on vapaa (Hirsjärvi ym. 2009). Teemat rakentuvat tutkimuksen viitekehyksen ympärille. Teemahaastatteluilla yritetään myös löytämään merkityksellisiä vastauksia tutkimuksessa käsiteltävään ongelmaan. (Tuomi & Sarajärvi. 2013, s. 75) Haastatteluihin valikoitui työntekijöitä eri toimintaympäristöistä, sekä eri hierarkiatasoilta. Haastateltava ihmisjoukko valittiin tarkoituksenmukaisesti, eikä satunnaisotoksellista menettelytapaa hyödyntäen. Tutkimusaineiston keräämistä havainnollistetaan kuviossa 14, jonka tarkoituksena on selkeyttää lukijalle vaiheistettua tutkimusprosessia.



Kuvio 14. Tutkimusaineiston kerääminen.

Tutkimus aloitettiin kartoittamalla olemassa olevaa tieteellistä tutkimustietoa, jonka kartoittamiseen ja siihen perehtymiseen käytettiin hieman yli kaksi kuukautta. Kartoittamisen ja perehtymisen avulla kyettiin muodostamaan tutkimuskysymyksille ja tutkimuksen tavoitteille aihiot. Kartoittamisen tueksi järjestettiin kaksi yritystapaamista, jotta oli mahdollista muodostaa kyllin tarkka kuva tapausyrityksen silloisesta tilanteesta ja toiveista tutkimustyölle. Tapaamisten jälkeen muodostettiin tutkimuksen lopulliset tavoitteet ja tutkimuskysymykset. Aineiston keräämisen keskivaiheilla järjestettiin kohdeyrityksessä noin kuukauden mittainen havainnointivaihe, jonka avulla muodostettiin tutkimuksen kannalta riittävä ja relevantti ymmärrys yrityksen rakennusprojektien ja työntekijöiden toimintatavoista. Havainnoinnissa hyödynnettiin yrityksen omia toimintatapaohjeistuksia ja prosessikaavioita riittävän kokonaiskuvan hahmottamiseksi. Tutkimusaineiston kartoittamisella ja kohdeyrityksen havainnoinnin avulla oli mahdollista muodostaa riittävä ymmärrys yrityksestä ja sen toiminnasta siten, että haastattelut oli mahdollista toteuttaa laadukkaasti. Haastatteluiden avulla pyrittiin keräämään tietoa nykyisistä johtamis- ja hallintamenetelmistä, sekä niiden ilmeneemisestä konkreettisella tasolla projektien alkuvaiheesta aina valmistumiseen saakka. Tutkimuksen viimeisessä vaiheessa, eli analysointivaiheessa muodostettiin tutkimustulokset vastaamalla tutkimuskysymyksiin analyttisellä otteella. Analysointivaiheen päätteeksi laadittiin ”menetelmäsalkku” tukemaan rakennusprojektien johtamista aikataulujen hallinnan kautta. Tutkimuksen etenemisen edellytyksenä oli, että jokainen vaihe mahdollisti

tutkimuksen siirtymisen seuraavaan vaiheeseen ja lopuksi valmisti tutkimuksen saattamisen päätavoitteeseensa.

Tutkimuksen ensivaiheina toteutettiin nykytilakartoitus. Nykytilan kartoittamisella viitataan aiemman tutkimustiedon kartoittamiseen, sekä tapausyrityksen nykytilan selvittämiseen. Aiempaan tutkimustietoon perehdyttiin tieteellisen kirjallisuuden avulla, jonka myötä tutkimuksen validiteettia on vahvistettu lukuisilla viittauksilla. Aiemman tutkimustiedon läpikäymistä ja kohdeyritykseen tutustumista voidaan kuvata sekundääridataksi. Eskelisen & Karsikkaan (2014) mukaan sekundääridata on muita tutkimuksia varten kerättyä aineistoa. Sekundääridataa kerättiin havainnoimalla yrityksen toimintatapoja kuukauden mittaisella havainnointijaksolla, jolloin tutkittiin yrityksen prosesseja ja toimintamalleja asuntorakentamisen projekteilla. Havainnointi on yksi tieteellisen tutkimuksen perusmetodeista, jonka avulla saadaan tietoa esimerkiksi siitä, että toimivatko ihmiset siten kuin he sanovat toimivansa (Vilka, 2006). Havainnointi on myös tietoista tarkkailua eikä vain asioiden ja ilmiöiden näkemistä (Uusitalo, 1991). Hirsjärven ym. (2009) mukaan havainnoinnin ja tarkkailun avulla saadaan välitöntä ja suoraa tietoa yksilöiden, ryhmien ja organisaatioiden käyttäytymisestä ja toiminnasta. Havainnointi toteutettiin tarkkailemalla yrityksen rakennustyömailla tapahtuvaa projektien hallintaa ja johtamista. Huomioita kirjattiin ylös ja vertailtiin yrityksen omiin toimintaohjeisiin. Tutkimuksessa sekundääridatan ja havainnoinnin analysoinnin avulla oli mahdollista muodostaa yleiskäsitys rakennusprojektien toiminnasta ja niille ominaisista erityispiirteistä. Tämän vaiheen jälkeen tutkimusprosessissa kyettiin muodostamaan kuvaus kohdeyrityksen rakennusprojektin vaiheista. Näiden vaiheiden kartoittaminen oli olennaisessa osassa menetelmäsalkun rakentamisessa, koska ne loivat perustan toteuttamiselle.

Tämä kaikki edellä esitetty oli edellytyksenä laadukkaiden haastatteluiden järjestämiselle, jotta osattaisiin lähestyä haastateltavia yrityksen luonnollisesta näkökulmasta. Tutkimuksen haastattelumenetelmäksi valikoitui teemahaastattelu, joka soveltuu erinomaisesti laadulliseen tutkimukseen sen kartoittavan ja polveilevan luonteen vuoksi (Tuomi & Sarajärvi, 2013). Kanasen (2014, s. 77) mukaan teemahaastatteluiden vaihtelevuuden etuna on haastateltavien omien näkemysten ja kokemusten esille tuominen. Haastatteluissa hyödynnettiin osin myös kvantitatiivisia menetelmiä, jolloin tutkimuksesta tulee Vilkan (2021) mukaan osin monimetodinen (*metoditringulaatio*). Metoditringulaatio syntyy, kun kvantitatiivisia

menetelmiä sekoitetaan kvantitatiivisiin menetelmiin. Tämä suoritettiin haastatteluissa yhdistämällä kuvaileviin ja kartoittaviin kysymyksen asetteluihin kvantitatiivisia kysymyksiä.

Tutkimuksen haastattelut toteutettiin yksilöhaastatteluina ja ne ovatkin yleisimmin käytettyjä haastattelumuotoja (Hirsjärvi ym. 2009). Haastattelut kestivät ajallisesti 40 minuutista puoleentoista tuntiin. Haastattelut järjestettiin kasvotusten tai verkkoneuvotteluina, mutta ne myös nauhoitettiin tulevaa analysointia varten. Tämä myös mahdollisti tutkijan keskittymisen täydellisesti haastateltavaan henkilöön ja hänen vastauksiinsa. Haastatteluihin valittiin toimihenkilöitä monipuolisesti rakennusprojektien eri vaiheiden vastuualueilta. Taulukossa 3 on esitetty haastatteluun valitut henkilöt rooleineen ja lukumäärineen.

Taulukko 3. Haastatellut henkilöt yrityksestä.

Asema tuotantoketjussa	Toimenkuva	Haastattelujen lukumäärä
Läpi tuotantoketjun	Tuotantopäällikkö	1
	Työpäällikkö	2
Suunnittelu	Hankekehityspäällikkö	1
	Projektipäällikkö	1
Tuotanto	Kehityspäällikkö	1
	Vastaava työnjohtaja	3
	Työnjohtaja	2

Haastatteluihin valittiin yrityksen tuotantoketjun eri vaiheisiin kuuluvia henkilöitä. Haastatteluihin osallistuneet henkilöt voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen heidän tuotantoketjussa sijoittumisensa mukaan, jotka ovat: läpi tuotantoketjun, suunnittelu ja tuotanto. Kaikkinsa haastatteluihin osallistui 11 henkilöä: yksi tuotantopäällikkö, kaksi työpäällikköä, yksi hankekehityspäällikkö, yksi projektipäällikkö, yksi kehityspäällikkö, kolme vastaavaa työnjohtajaa ja kaksi työnjohtajaa. Henkilöitä ei valittu sattumanvaraisesti haastatteluihin, vaan yhteistyöllä yrityksen kehitysinsinöörin avulla. Toimenkuvien laajan hajonnan avulla pyrittiin saavuttamaan mahdollisimman laaja-alainen käsitys rakennusprojektien aikataulujen hallinnasta projektin koko elinkaaren ajalta. Tämän tutkimuksen kannalta varsin olennaista oli, että tuotantoketjun jokaisen vaiheen kannalta saatiin esiin hiljaista tietoa, joka nimensä mukaisesti ei ole havaittavissa prosessikaavioista tai toimintatapaohjeista.

Teemahaastattelulle tavanomaista on aloittaa haastattelut yleisemmästä tasosta edeten askel askeleelta yksityiskohtaisempiin kysymyksiin. Tutkimuksessa haastattelut jaettiin yhteensä

kolmeen teemaan, jotka muodostettiin tutkimuskysymysten ympärille. Haastattelulomakkeessa esillä olleet kysymykset ja aiheet on esitetty taulukossa 4, jonka lisäksi haastattelussa käytössä ollut haastattelurunko löytyy liitteestä 1.

Taulukko 4. Haastatteluiden teemat, tarkoitukset ja kysymykset.

Teema 1: Aikataulujen merkitys	Teema 2: Haasteet ja suurimmat mahdollisuudet	Teema 3: Parhaat menetelmät
<i>Nykytila:</i> Mikä mielestäsi on aikataulujen johtamisen merkitys rakennusprojektin kokonaisu-menestyksen kannalta? Kuinka tärkeää yritykselle aikataulun hallinta on? Miksi se on näin? Pitääkö sen aina olla näin?	<i>Nykytila:</i> Mitkä tekijät rakennusprojektilla aiheuttavat eniten viivästyksiä? Miten yrityksessä valmistetaan aikataulujen hallinnalla yksittäisten projektien läpimeno toivotulla tavalla? Mikä näissä aiheuttaa eniten haasteita? Missä käytännössä olisi eniten parannettavaa?	<i>Nykytila:</i> Mitkä yrityksen käytössä olevista aikataulujohtamisen menetelmistä ovat merkittävimpiä ja hyödyllisimpiä? Onko näistä jokin merkittävämpi jollekin tietylle sidosryhmälle?
<i>Tavoitetila:</i> Mihin yritys pyrki aikataulujen hallinnalla? Mitkä ovat pyrkimyksen hyvät puolet? Entä haitat?	<i>Tavoitetila:</i> Mihin yrityksen aikataulujohtamisen käytäntöön toivoisit muutosta? Miksi juuri tämä? Mikä siinä on mielestäsi puutteellista?	<i>Tavoitetila:</i> Millaiseksi toivoisit yrityksen aikataulujohtamisen muuttuvan tulevaisuudessa? Mitä haasteita näet tälle muutokselle? Mitä niille voisi tehdä?
<i>Kvantitatiivinen:</i> Esitettyjen tuottavuutta heikentävien puutteiden järjestäminen tärkeimmästä alkaen.	<i>Kvantitatiivinen:</i> Esitettyjen projektijohtamisen osa-alueiden järjestäminen tärkeysjärjestykseen merkittävimmästä alkaen.	<i>Kvantitatiivinen:</i> Mainitse kolme parasta aikataulujenhallinnan menetelmää parhaasta alkaen.

Edellä esitettyssä taulukossa ensimmäisenä tasona ovat teemat, jotka muodostettiin tutkimuskysymysten kautta. Ensimmäisen teeman tavoitteena oli selvittää aikatauluhallinnan merkitys projektin ja yrityksen näkökulmasta. Toisen teeman tavoitteena oli hankkia tietoa tehokkaan aikatauluhallinnan haasteista ja suurimmista mahdollisista kehittämiskohteista. Viimeisenä teemana kartoitettiin parhaiksi todennettuja aikataulujohtamisen menetelmiä, sekä ideoita uusille työkaluille. Teemojen ollessa näinkin tiiviisti toistensa lähellä, oli haastatteluissa mahdollista päästä kunkin aiheen sisällä hyvin syvälliselle tasolle ja samalla pysytellä tutkimuksen kannalta relevanttien aiheiden parissa. Haastattelussa pyrittiin muodostamaan hyvä ymmärrys nykytilasta ja tavoitetilasta kunkin teeman sisällä. Näiden lisäksi jokaiselle teemalle laadittiin oma kvantitatiivinen kysymys, jonka tarkoituksena on tarjota

mielenkiintoista ja hyödyllistä tietoa yrityksen sisäisten näkemysten eroista eri toimenkuvien ja hierarkiatasojen välillä.

Tutkimuksen keskiössä on kerätyn aineiston analysointi, tulkinta ja näistä muodostetut johtopäätelmät. Hirsjärven ym. (2009, s.216) mukaan tutkimusongelmat ohjaavat tutkimusmenetelmien ja analysointitapojen valintaa. Tutkimusongelmia pyrittiin ratkoa havainnoinnin, haastatteluiden ja sekundääridatan yhteisvaikutuksella tässä tutkimuksessa hyödyntämällä niitä tutkimusmenetelminä. Hirsjärven ym. (2009, s. 218) mukaan on tyypillistä kerätä aineistoa eri menetelmin muodostaen analyysiä yhdessä tutkimusprosessin edetessä – erityisesti laadullisessa tutkimuksessa – ja hyödyntää muodostettua uutta tietoa kesken tutkimusprosessin.

Laadullisen tutkimuksen aineiston analyysitavat perinteisesti jaetaan selittämiseen ja ymmärtämiseen. Selittämisessä yleensä käytetään tilastollista analyysia ja johtopäätelmiä, kun puolestaan ymmärtämisessä laadullista analyysia ja johtopäätelmiä. Bennett ym. (2019) mukaan laadullisia analyysimenetelmiä ovat: induktiivinen temaattinen analyysi, deduktiivinen sisältöanalyysi, ground theory -menetelmä, diskurssianalyysi, keskusteluanalyysi ja visuaalinen analyysi. Hirsjärven ym. (2009) lisää näihin vielä teemoittelun ja sisällönerittelyn, vaikka sisällönerittelystä ja sisällönanalyysistä voidaan puhua synonyymeinä. Tutkimuksen kannalta on erityisen tärkeää keskittyä aineistosta havaittavan sisällön erilaiseen analysointiin, joten hyödynnettävinä analysointimenetelminä käytetään sisällöllisiä menetelmiä, joilla pyritään ymmärtämään aineiston sanoituksen ydintä eikä muotoilua. (Bennett ym. 2019)

Tutkimusaineiston analysointiin on otettava huomioon tutkimuksessa käytetty metoditringulaatio, joka yhdistää perinteisiä laadullisia ja kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Metoditringulaation lähtökohtana on hiljalleen hyväksytty käsitys siitä, että laadullisia ja kvantitatiivisia menetelmiä tulisi pitää toisiaan täydentävinä eikä kilpailevina leireinä (Jick. 1983, s. 135). Brymanin (1992) mukaan metoditringulaation täysimääräisen hyödyntämiseen vaaditaan laadullisten ja kvantitatiivisten menetelmien hyödyntämistä toisiaan tukevinä menetelminä. Analyysivaiheessa laadullisesta ja kvantitatiivisesta aineistosta pyritään löytämään toisiaan täydentävää ja selviä erottavia asioita, sekä pohtia näiden syitä.

Kvantitatiivisen aineiston analysointi suoritettiin järjestämällä haastatelluissa esitetyt negatiivisesti vaikuttavat puutteet, projektijohtamisen osa-alueet sekä parhaat aikatauluhallinnan menetelmät pisteyttämällä kunkin haastatellun kohdalta henkilöiden asettamien priorisointien mukaan. Taulukossa 5 on esitetty esimerkillä pisteiden muodostuminen.

Taulukko 5. Esimerkki haastatteluiden jälkeen puutteiden pisteyttämisen logiikasta.

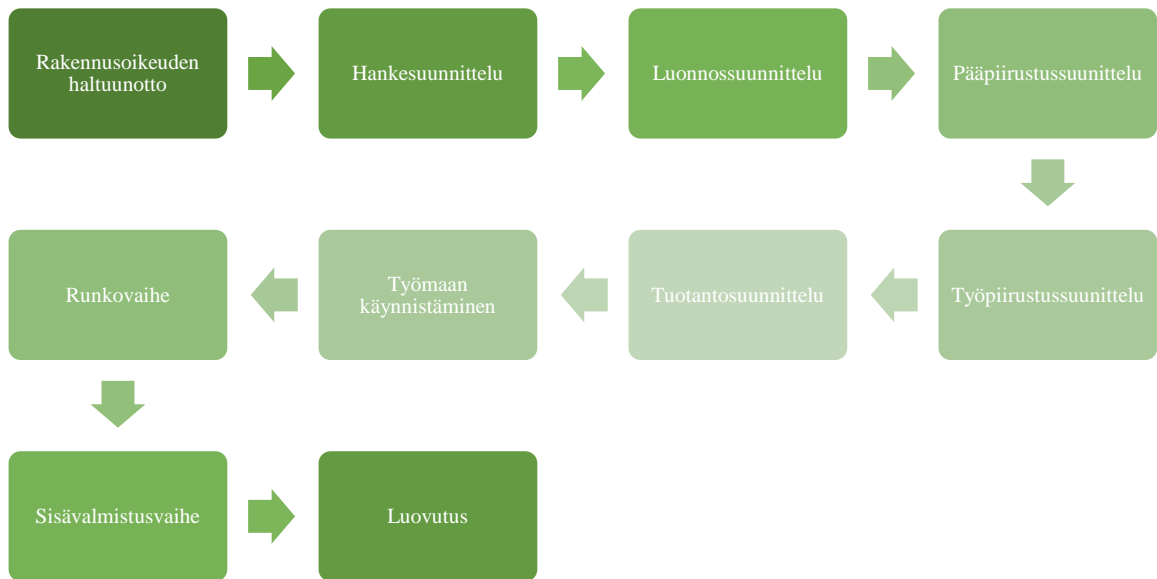
Negatiivisesti vaikuttavat puutteet	Hlö A	Hlö B	Hlö C	Hlö D	Summa	Merkittävin puute
Puute 1	1	5	4	1	11	2
Puute 2	4	3	3	4	14	4
Puute 3	2	2	5	3	12	3
Puute 4	5	4	1	5	15	5
Puute 5	3	1	2	2	8	1

Taulukkoon on listattu kunkin haastatellun henkilön prioriteetti listaus puutteista, kuten edellä esitettävässä taulukossa esimerkkinä toimii Puute 1, Puute 2 jne. Kullekin puutteelle on annettu järjestysnumero haastatellun henkilön mielipiteen mukaan. Mitä vähemmän kullakin puutteella on lopussa pisteitä, sitä merkittävämpi puute on. Taulukon 5 perusteella Puute 5 on suurin ja merkittävin haitta. Mahdollisissa tasapisteissä järjestyksen määrittää se, kummalla on enemmän ensimmäisiä tai viimeisiä sijoja.

5 Tulokset

Aloitetaan tutkimustulosten tarkastelu havainnoinnin ja sekundääriaineiston kautta, jonka jälkeen tarkastellaan tuloksia teemahaastatteluiden kautta. Tapaustutkimus keskittyi kohdeyrityksen asuntorakentamisen projekteihin ja niiden aikataulujohtamiseen. Tapausyritys harjoittaa monia eri projektityyppejä, joista merkittävimmät ovat hybridihankkeet, asuminen, omaperusteinen liiketoiminta, kokonaisurakointi, ST-/KVR-urakointi, projektinjohdourakointi, integroidut urakkamuodot ja elinkaarihankkeet, joista tutkimuksen tarkastelun alle valikoitui asuminen ja sen sisällä toimivat projektit. Yrityksen prosessikaavion mukaan asumisen projektin vaiheet alkavat rakennusoikeuden haltuunotosta ja erinäisten vaiheiden jälkeen se päättyy 10-vuotisvastuujän loppukatselmukseen. Tutkimuksen ulkopuolelle kuitenkin rajattiin hankkeen luovutuksen jälkeiset vaiheet pois. Tapaustutkimus ei siis keskittynyt asukkaiden muuton jälkeisiin asioihin, vaikka niilläkin aikataulujohtaminen näyttää merkittävää roolia.

Kuviossa 15 on esitetty tutkimukseen sisältyneet projektivaiheet niiden kronologisen järjestyksen mukaisesti. Aikataulujohtamisen teorian ja käytännön toteutus on keskittynyt äärimmäisen vahvasti kuvion mukaisten neljän viimeisen vaiheen sisälle. Tapausyrityksellä on omat sisäiset valmiusmääritykset ja päätöksentekomallit arvioitaessa valmiutta siirtyä yhdestä vaiheesta seuraavaan vaiheeseen kullakin projektilla. Yrityksen sisäisten ohjeistusten mukaan jo projektin ensimmäisessä vaiheessa – eli rakennusoikeuden haltuunotossa – tulee sovittaa yksittäisen projektin aikataulu yksikön, jonka sisällä projekti käynnistyy, hankeaikataulun kanssa yhteen. Seuraavaksi hankesuunnittelu vaiheessa aikataulujohtamisen merkitys korostuu suunnittelun johtamisessa. Siinä yritys korostaa, että aikataulujen laadinnalla on merkittävä riskienhallintaa edistävä vaikutus. Aikataulut tulee myös laatia tarjouspyyntöjä silmällä pitäen, sekä lisäksi tulisi laatia alustava suunnittelu-aikataulu. Kolmannessa vaiheessa mukaan tulee hankintojen aikataulutusta sekä hankkeen alustava yleisaikataulu.



Kuvio 15. Tutkimukseen sisällyneet tapausyrityksen asumiskohteen projektin vaiheet.

Projektin neljännessä vaiheessa suunnitellaan laskennalle oma laskenta-aikataulu, sekä edistetään projektin alkuvaiheen hankintojen aikataulua. Työpiirustussuunnitteluvaiheessa aikataulujohtamisen merkitys selvästi korostuu huomattavasti aikaisempaan verrattuna, sillä tähän vaiheeseen on kasattu jo seitsemän eri toimintoa, jotka linkittyvät vahvasti aikatauluihin. Näistä merkittävimpänä yksittäisenä kokonaisuutena voidaan pitää yleisaikataulun lopullista suunnittelua, jonka tulisi siis olla valmiina ennen projektin siirtämistä tuotantoon. Tuotantosuunnitteluvaihe on tuotannon käynnistyneen ennakkosuunnitteluvaihe, johon lukeutuu kuusi erilaista aikataulujen laadintaa ja suunnittelua käynnistäviä vaiheita.

Seuraavaksi päästään itse työmaan käynnistämisen vaiheeseen, jossa aloitetaan konkreettisia rakennustöitä työmaalla. Ei ole ollenkaan liioiteltua sanoa, että tässä vaiheessa projektia aikataulujohtaminen ja sen sisältämät tehtävät lisääntyvät räjähdysmäisesti niin lukumääräisesti, kuin kattavuudeltaankin. Sama trendi säilyy runkovaiheessakin, jossa aikataulut linkittyvät niin hankintoihin ja asiakkaisiin kuin talouteen ja riskienhallintaan. Sisävalmistusvaihe ei tuo merkittävää sisällöllistä eroa runkovaiheeseen verrattuna, mutta tämän korvaa viimeinen ja kaikkein merkittävin vaihe eli luovutusvaihe, jolla on aikataulullisesti kaikkein merkittävin rooli aikataulujohtamiseen ja aikataulujen yleiseen hallintaan.

Seuraavaksi tarkastellaan rooleja projektilla ja niiden sisältämiä vastuualueita aikataulujohdattamisen saralla tutkimuksen aihepiiriin eli kuvion 15 mukaisilla vaiheilla. Projektin vastuuroolit ovat projektipäällikkö, hankekehityspäällikkö, hankintapäällikkö, työpäällikkö, hankintavastaava, myyntivastaava, vastaava työnjohtaja ja työnjohtaja. Taulukossa 6 on esitetty kronologisessa järjestyksessä kunkin vastuuroolin aikataululliset vastuualueet tehtäväryhmät huomioiden. Yrityksen näkökulmasta kriittisiä ja herkkäluontoisia aiheita on jätetty taulukon ulkopuolelle.

Taulukko 6. Projektin aikatauluhallinnalliset tehtävät vastuurooleineen.

Aikatauluhallinnan tehtävä	Toiminto	Vastuurooli	Tehtäväryhmä
Tontin jalostuksen ja hankeaikataulun yhteensovitus	Hankekehitys	Projektipäällikkö/ Hankekehityspäällikkö	Rakennusoikeuden haltuunotto
Alustava suunnittelu-aikataulu	Suunnittelun johtaminen	Projektipäällikkö	Suunnittelunohjaus
Alustava hankinta-aikataulu	Hankinta	Hankintapäällikkö	Ennen tuotannon aloitusta tehtävät hankinnat
Alustava yleisaikataulu	Tuotanto	Työpäällikkö	Alustava tuotannosuunnittelu
Laskenta-aikataulu	Suunnittelun johtaminen	Projektipäällikkö	Tavoiteasetannan, riskienhallinnan ja kannattavuuden varmistaminen
Elementtisuunnittelun aikataulu	Suunnittelun johtaminen	Projektipäällikkö	Suunnittelunohjaus
Muutostöiden aikataulu	Tuotanto	Vastaava työnjohtaja	Alustava tuotannosuunnittelu
Lopullinen yleisaikataulu	Tuotanto	Vastaava työnjohtaja	Työmaan toteutuksen suunnittelu ja valmistelu
Hankinta-aikataulun viimeistely	Hankinta	Hankintavastaava	Tuotannon aloituksen sujuvuus
Elementtisuunnitelmien seuranta	Tuotanto	Työpäällikkö	Suunnittelunohjaus
Kriittisten hankintojen sopiminen	Tuotanto	Työpäällikkö	Tuotannon aikainen hankinta
Ensimmäiset työ-/rakennusvaiheaikataulut	Tuotanto	Vastaava työnjohtaja	Työmaan toteutuksen suunnittelu ja valmistelu
Yleisaikataulun seuranta	Tuotanto	Vastaava työnjohtaja	Tuotannon johtaminen suunnitelmien ja tavoitteiden mukaisesti
Kolmiviikkoaikataulujen teko ja seuranta	Tuotanto	Työnjohtaja	Työvaiheiden suunnittelu ja johtaminen
Kriittisten hankintojen toimituserien aikataulut	Tuotanto	Vastaava työnjohtaja	Tuotannon johtaminen suunnitelmien ja tavoitteiden mukaisesti
Malliasunnon ja esittelyiden aikataulu	Myynti	Kohteen myyntivastaava	Kaupanteko ja myynnin seuranta
Aikataulumuutosten havainnointi ja raportointi	Tuotanto	Vastaava työnjohtaja	Riskien ja kannattavuuden sekä kustannusten hallinta ja raportointi

Aikataulujen laadintaan yrityksellä on käytössään itselaadittu aikatauluopas, joka avustaa vastuuhenkilöitä aikataulujen suunnittelussa. Oppaan etusivulla todetaan, että ”*Projektihallinnan tärkein työväline on hyvin laadittu ja realistinen aikataulu*”, joka osuvasti kuvastaa aikataulujohdattamisen merkitystä yrityksen jokapäiväisessä toiminnassa. Oppaan mukaan hyvän aikataulun elementtejä ovat: realistinen ja tavoitteiden mukaisuus, visuaalisesti selkeä, laadittu yhteistyössä kumppaneiden kanssa, tehtävät sidottu paikkaan ja aikaan, sopivan

yksinkertainen ja tuotantoprosessin virtaus otettu huomioon. Hyvän aikataulun elementit on esitetty kuviossa 16.



Kuvio 16. Hyvän aikataulun elementit.

Hyvän aikataulun elementit ovat järkeviä ja edistävät oikeiden asioiden toteutumista rakennusprojekteilla. Elementtien oikealla toteutuksella on myös merkitystä lopputuloksen kannalta. Alkuun on tarpeellista huomioida aikataululle asetetut lähtötiedot ja varmistaa näiden oikeellisuus. Kunkin tehtävän kestot tulee laskea – määrät ja resurssit huomioiden. Tämän jälkeen kunkin aikataulun suunnittelijan tulee suunnitella aikataulu siten, kuten se tullaan myös toteuttamaan. Ei siis optimistisesti eikä pessimistisesti. Aikataulusuunnitelmassa fokuksen täytyy pysyä olennaisissa asioissa.

Rakennusprojekteilla on hurjat määrät erinäisiä työvaiheita, joten on tarpeellista keskittyä vain merkittävimpiin kokonaisuuksiin. Suunniteltaessa aikataulua tulee aikataulun tarkkuuteen kiinnittää huomiota, sillä jokaisella aikataululla tarkkuustasolla on merkitystä, jota avataan tarkemmin kuviossa 17. Aikataulun suunnittelijan ensimmäisinä tehtävinä aikataulun laadintaan liittyen on sopivan esitysmuodon valinta siten, että se on käyttötarkoitukseen

soveltuvin. Aikataulujen suunnittelun kannalta kriittistä on osallistaa sen laadintaan oikeat henkilöt. Osallistamalla kasvatetaan yhteistyötä, sitoutumista ja kommunikointia.



Kuvio 17. Aikataulusuunnittelun tarkkuustaso kasvaa laajuuden kaventuessa.

Suunnittelun tarkkuustason tulee kasvaa sitä enemmän, mitä kapeammaksi suunnitelman sisällön raamit muuttuvat. Alustavassa suunnittelussa laaditaan projektille luonnossuunnitelmia tai aluehankkeelle vaiheistussuunnitelmia. Tälle sopiva tarkkuustaso on kohteesta riippuen kuukausi/vuosi, ja esitysmuotona voidaan hyödyntää esimerkiksi paikka-aikakaaviota. Yleissuunnittelussa voidaan laatia hankkeelle yleisaikataulu, jonka sopiva tarkkuustaso on viikko/kuukausi ja sopiva esitysmuoto paikka-aikakaavion vinoviiva-aikataulu tai tahtiaikataulu. Vaihesuunnittelussa laaditaan esimerkiksi hankkeen sisävalmistusvaiheen aikataulut. Suunnittelussa voidaan käyttää monia erilaisia työkaluja, joista Excel on yksi esimerkki. Tämän sopiva tarkkuustaso on päivä/viikko ja esitysmuoto tahtiaikataulu.

Tehtäväsuunnittelun sisältöön kuuluu yksittäisten työvaiheiden aikataulun suunnittelu. Tämän suunnittelutyökaluna voidaan käyttää Exceliä tai paikka-aika ja janakaaviota. Tehtäväsuunnittelun sopiva tarkkuustaso on päivä ja esitysmuoto tahtiaikataulu tai paikka-aikakaaviota. Viikkosuunnittelua käytetään työmaan kolmiviikkoisaikataulun tai materiaalien toimitusaikataulun laadinnassa. Tälle sopiva tarkkuustaso on tunti/päivä ja sopiva esitysmuoto voi olla tahtiaikataulu tai Last Planner taulu. Yrityksellä ei ole tarkkaan määriteltyä reunaehtoja kaikille työvaiheille ja niiden aikataulujen laadinta muodoille. Oleellista kuitenkin on se, että aikataulut on suunniteltu yleisohjetta noudattaen ja siten että se soveltuu tarkoitukseensa. Aikataulujen esitysmuotoja on esitelty seuraavalla sivulla kuvassa 3 ja 4. Aikataulujen seuranta on seuraava työvaihe suunnitelman valmistumisen jälkeen, jonka avulla varmistetaan työvaiheen ja/tai projektin valmistuminen ajallaan. Seurannan lähtökohtana on, että mitä tarkemmalle tasolle suunnittelussa on menty, sitä tarkemmin suunnitelmaa tulee seurata ja päivittää.

Aikataulujohtaminen on tapausyrityksellä jatkuvan kehityksen alaisena (Lean-filosofia), joten sen käytännöt tai prosessit eivät välttämättä ole enää relevantteja lähitulevaisuudessa. Tutkimustyön kirjoitushetkellä yrityksessä on käynnissä suurempi kehitysvaihe tuotantoprosessin vakioimisesta, jonka tavoitteena on tehostaa yrityksen strategian mukaista Lean-ajattelua ja tahtituotannon käytäntöjä. Lean on virtaustehokkuuteen pohjaava toimintastrategia, joka edellyttää mahdollisimman vakioitua tuotantoprosessia. Rakennusala on selvästi suuremman haasteen edessä tuotannon vakioimisessa verrattuna muihin teollisuudenaloihin, sillä rakennusprojektit ovat aina uniikkeja. Tapausyritys kehittää erinäisiä työjonoja ja työvaunuja, joiden läpiviennillä pyritään tehostamaan virtausta. Tuotantoprosessin vakioimisella pyritään edistämään työnjohtamista, laadunvarmistamista, työturvallisuutta, ympäristön ja lajittelun huomioimista, talousasioita, logistiikkaa, hankintaa ja resursseja. Yrityksen näkökulmasta kriittisiä ja herkkäluontoisia aiheita on jätetty tutkimuksen ulkopuolelle, eikä aihetta avata tämän enempää.

Tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia rakennusprojektien tehokkuuden, tuottavuuden ja kannattavuuden parantamista aikataulujohtamisen keinojen kautta. Tavoitteeseen pyritään tehostamalla kohdeyrityksen aikatauluhallinnan ja -johtamisen menetelmiä, joita ei ole mahdollista ratkoa ennen nykyisen toimintatavan hyvien ja huonojen puolien tunnistamista. Seuraavaksi tarkastellaan tekijöitä, jotka on havaittu yhdessä havainnoinnin ja teemahaastatteluiden kautta. Tutkimuksen tavoitetta kohti lähdetään avaamalla teemahaastatteluiden tuloksia teemoittain, kuten haastattelutkin suoritettiin, jonka jälkeen niitä analysoidaan yhdessä havainnointiaineiston kanssa.

Aluksi käsitellään aikataulujohtamisen merkitystä rakennusprojektin kokonaismenestyksen kannalta. Poikkeuksetta kaikki haastateltavat pitävät aikataulujohtamista ja aikataulujen hallintaa äärimmäisen kriittisenä osa-alueena rakennusprojektien menestyksen kannalta. Eräs 40 vuotta alalla ollut haastateltava D kuvasi ytimekkäästi aikataulujohtamisen merkityksen tärkeydestä:

Kansakoulun arvosteluasteikoilla 4–10 sen merkitys on 10.

Haastateltavien vastauksista on helppo tehdä yhteenveto, sillä kaikki ovat niin yksimielisiä aikataulujohtamisen tärkeydestä – aikataulujohtamisen merkitys on todella suuri. Haastateltavat osaavat myös ajatella aikataulua johtamisen työkaluna. Haastateltava C toteaa:

Aikatauluhan on ennen kaikkea johtamisen työkalu, eli kaikki projektilla tapahtuva nivoutuu siihen. Se välittää paljon informaatiota eri sidosryhmille, joten sen tulee olla riittävän informatiivinen ja läpinäkyvä.

Monet myös kertovat, että aikataulujen tehokas hallinta ja johtaminen auttaa arkipäiväisessä johtamisessa, jos aikataulut ovat hyvin hallinnassa, niin silloin todennäköisesti on myös muutkin osa-alueet. Aikataulujohtamisen merkityksen jälkeen pyrittiin selvittämään, että kuinka haastateltavat näkevät tapausyrityksen painottavan aikataulujohtamisen merkitystä ja siihen tarjottavia resursseja. Haastateltavat ovat ammattilaisia projekteilla ja johtavat niitä parhaan näkemyksensä mukaan. Haastateltavien vastaukset vaihtelivat aiheen tiimoilta hi-venen enemmän, kuin edellisessä aiheessa. Haastateltava A totesi:

Aikataulun hallinnan tulisi olla nykyistä huomattavasti tärkeämpää. Mielestäni yritys painottaa enemmän esimerkiksi työturvallisuutta, joka tosin on ymmärrettävää, mutta tehokkuuden ja tuottavuuden näkökulmasta aikataulujohtamista tulisi silti korostaa enemmän.

Vastaavasti haastateltava E kommentoi:

Aikataulujohtaminen on yritykselle A ja O. Korostuu erityisesti haastavissa projekteissa.

Analysoitaessa kaikkia vastauksia merkityksen tärkeydestä tapausyritykselle, voidaan niistä havaita, että vaihtelua on, mutta kaikki silti kokevat yrityksen pitävän aikataulujohtamista hyvin suuressa arvossa. Poikkeuksetta jokainen haastateltava uskoo, että tulevaisuudessa aikataulujohtamisen merkitys tulee kasvamaan nykyisestään huomattavasti. Tähän vaikuttavat oletettavasti haastavat logistiset ratkaisut, jolloin esimerkiksi tavarantoimitusten aikataulujen tulee olla täsmällisiä. Haastateltava H totesi:

Joskus ajattelin, että aikataulujohtaminen on kovan rakentamisen boomin seurausta, mutta nykyään se todennäköisesti tulee olemaan aina projektin hallinnan ytimessä. Jos halutaan olla markkinajohtaja, niin projektin hallinta tulee olemaan aina keskiössä.

Aikataulujohdamisen merkitys näyttäytyy tapausyrityksen työntekijöille pääsääntöisesti tärkeänä, sillä se on myös yksi työmaiden menestyksen mittareista. Tämän voi havaita siitä, että työmaiden toimihenkilöiden tuloskortit on sidottu osittain aikataulullisiin osa-alueisiin. Haastateltava K esitti, että aikataulujen hallinnan merkitys on keskiössä, sillä sen avulla voidaan ennakoida meno- ja tulovirtoja. Kaikilla projekteilla tilaajat vaativat aikataulussa pysymistä esimerkiksi maksuerien avulla. Kohde ei voi vaatia maksueriä, ennen kuin jokin tietty tavoite on saavutettu halutussa ajassa.

Merkityksen selvittämisen jälkeen pureuduttiin pyrkimykseen. Mihin yritys pyrkii aikataulujen hallinnalla? Tähän saatiin haastatteluista hyvin mielenkiintoisia vastauksia. Valtaosa haastateltavista tunnisti, että aikataulujen hallinnan tavoite on muualla, kuin pelkässä yksittäisen projektin läpimenoajan tiivistämisessä. Haastateltavat A, B ja E toteavat seuraavaa:

Aikataulunhallinnasta syntyy se, että asiat pyritään tekemään tehokkaasti, turvallisesti ja laadukkaasti. Erinäisten resurssien (materiaalit, henkilöstö yms.) hukka pyritään minimoimaan.

Aikataulujohdaminen on yritykselle tavoite siinä missä muutkin tavoitteet, kuten tulos ja laadulliset tavoitteet. Aikataulujohdamisella edistetään näitä osa-alueita. En tunnista aikataulujohdamiselle merkittävää heikkoutta, päinvastoin, projektien ongelmat usein alkavat siitä, kun syntyy aikataulullisia haasteita.

Mielestäni aikataulujohdaminen on riskienhallintaa, jolla riskit pyritään minimoimaan.

Pyrkimyksen hyviä puolia tunnistettiin laajasti, kuten osaa edellä kuvattiin. Pääasiassa pyrkimyksen avulla kasvatetaan kontrollia projekteilla, joka heijastuu menestykselliseen projektin läpimenoon. Pyrkimykselle tunnistettiin myös muutamia huonoja puolia, joista merkittävimmät ilmenivät haastateltavan J ja C vastauksista:

Aikataulujohdamisella painotus on nykyhetkellä ehkä hivenen liikaa taloudellisissa luvuissa, eikä laadullisiin aspekteihin ole niin paljon resursseja, kuin ennen.

Jos aikatauluhallinnan merkitys korostuu huomattavasti vielä nykyisestä, saattaa se ruveta syömään panostuksia työturvallisuudesta tai laadunhallinnasta.

Haastatteluiden ensimmäisen teeman lopuksi kaikkia haastateltavia pyydettiin järjestämään aiemmista tutkimuksista poimitut aikataulupainetta kasvattavat tekijät merkittävyys järjestykseen. Järjestyksessään ensimmäiseksi tuli siirtää se tekijä, joka haastateltavien omien kokemusten mukaan todella aiheuttaa eniten aikatauluhaasteita ja puolestaan järjestyksen loppuun jättää se tekijä, jolla on vähiten vaikutusta aikataulupaineeseen. Vastausten kootut lopputulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Aikataulupainetta kasvattavat tekijät haastattelu vastausten perusteella järjestettynä merkittävimmästä alkaen.

Aikataulupainetta kasvattavat tekijät	Hlö A	Hlö B	Hlö C	Hlö D	Hlö E	Hlö F	Hlö G	Hlö H	Hlö I	Hlö J	Hlö K	Summa	Merkittävin tekijä
Puutteet projektin hallinnassa	1	2,5	2	2	1	1	1	1	1	8	1	21,5	1
Hankkeen huono koordinaatio	2	2,5	3	3	2,5	3	2,5	2	5	5	3	33,5	2
Puutteellinen rakennussuunnittelu	5	1	6	1	6,5	5	4,5	3	3	2	2	39	3
Puutteellinen viestintä	3	8	1	7	4,5	2	2,5	8	2	6	4	48	4
Materiaalien saatavuuspuutteet	6	4,5	4	4	8,5	6	8	6	4	3	5	59	5
Osaavan työvoiman puute	7	4,5	5	5	2,5	8	7	5	8	1	7	60	6
Epäonnistunut muutosten hallinta	4	6,5	7	8	4,5	7	4,5	7	7	4	6	65,5	7
Työvaiheiden uudelleen työstäminen	8	6,5	8	6	6,5	4	6	4	6	7	9	71	8
Huonot sääolosuhteet	9	9	9	9	8,5	9	9	9	9	9	8	97,5	9

Taulukosta on helposti nähtävissä, että ylivoimaisesti eniten aikataulupainetta kasvattaa puutteet projektinhallinnassa. Sillä on mykistävät seitsemän ensimmäistä sijaa, joista yhteispisteiksi muodostui 21,5 (minimin ollessa 11), joilla se lunastaa paikkansa suurimpana aikataulullisten haasteiden aiheuttajana. Toisesta sijasta loppua kohdin mennään melko lineaarisesti huonoihin sääolosuhteisiin, joilla on huimat yhdeksän viimeistä sijaa, joista yhteispisteiksi muodostui 97,5 (maksimin ollessa 99). Taulukossa esillä olevat puolikkaat pisteet on muodostettu silloin, jos haastateltava on halunnut asettaa tekijät tasasijoitukselle toisen tekijän kanssa. Haastateltavia pyydettiin ajattelemaan tekijöiden vaikutuksia omien kokemusensa kautta. Tämä saattaa aiheuttaa melko suurta painoarvoa erityisesti viimeaikaisten tapahtumien valossa. Esimerkiksi materiaalien saatavuuspuutteet voisivat olla huomattavasti alemmalla sijoituksella, jos kysely olisi suoritettu ennen koronapandemian ja Venäjän hyökkäyssodan aiheuttamia materiaalien saatavuuspuutteita.

Teemahaastatteluissa järjestyksessään toinen teema siirtyi käsittelemään rakennustyömaiden aikataulujen johtamisen haasteita ja niiden suurimpia mahdollisuuksia. Teeman aluksi haastateltaville annettiin mahdollisuus kommentoida vapaasti omia näkemyksiään aikataulupainetta kasvattaviin tekijöihin, joita edellisen järjestelytehtävän aikana saattoi ilmetä. Yleisen

analyysin seurauksesta näistä vastauksista korostuu selvästi eniten ennakkosuunnittelu ja sen puute. Tässä haastateltavien A, B, C, D ja I toteamukset viivästyksien aiheuttajista:

Aikataulujen yhteensovitus, sen seuranta ja tästä kumuloituvat vaikutukset.

Vajavainen tuotannon suunnittelu.

Näkisin että osittain ennakkosuunnittelun ja sen puute, vaikka urakoitsija kertoo, ettei ehdi tulemaan paikalle sovittuna ajankohtana, olisi siitä aiheutuvat haasteet korjattavissa huolellisella ennakkosuunnittelulla. Tosin ennakkosuunnittelulle ei välttämättä ole aina edes edellytyksiä, jos esim. tarvittavat suunnitelmat puuttuvat.

Harva työntekijä paneutuu ennakkosuunnitteluun riittävästi, sen avulla olisi paljon korjattavissa.

Sanoisin, että puutteellinen ennakkosuunnittelu ja viestintä, myöskin asiat, joita ei pysty ennakoimaan aiheuttaa usein haasteita esim. materiaaliiviivästymiset, urakoitsijoiden resurssipuutteet.

Tapausyrityksen aikataulujen hallinnan nykytilaa pyrittiin kartoittamaan myös haastattelun toisen teeman alussa. Haastateltavat kertoivat moninaisia näkemyksiä ja kokemuksia, joiden perusteella voidaan kartoittaa, miten tapausyrityksen projekteilla aikataulujohtamisella varmistetaan yksittäisten projektien läpimeno toivotulla tavalla. Haastatteluista ilmenneet tehokkaimmat aikataulujohtamisen keinot:

- työmaatoimihenkilöiden aktiivinen koulutus
- ennakkosuunnittelun lisääminen
- tehokas seuranta
- oikea tarkkuustaso kullekin aikataululle
- kohdekohtaisen toistuvuuden lisääminen
- realistiset tavoitteet
- ripeä reagointi häiriöihin
- suunnitelmien laadukkuus ja ajantasaisuus

- työvoimaresurssien tehokas jakaminen projektien väleillä
- osapuolten aktiivinen osallistaminen aikataulujen laadintaan ja
- huolellinen maaperätutkimus.

Suomalaiselle kulttuurille ehkäpä tavanomaisesti hyviä keinoja oli haastavampi korostaa, kuin kehitettäviä asioita. Keskeisenä ajatuksena haastateltavien näkemyksistä kuitenkin pinnalle nousi tyytyväisyys. Aikataulujohdaminen on tapausyrityksessä kohtuullisen hyvällä tolalla, ja siihen on historiassa kohdistettu riittävästi panostuksia. Tapausyrityksen tekemät parannukset aikataulujohdamisen saralla ovat olleet oikean suuntaisia ja niiden avulla on päästy huomattavasti paremman kontrollin pariin. Nykyisistä toimintamalleista kehitettäviäkin asioita toki ilmeni, joita haastattelun pohjalta esille nostettiin:

- aikataulujen laadulle ei ole asetettu vaatimuksia
- aikataulujen realismi on subjektiivinen käsite
- yksiköiden projektien keskinäisten aikataulujen limitys (ei montaa runkoa samaan aikaan käynnissä yksikön sisällä)
- suunnittelun aikataulutus ei ole harmonisoitu
- suunnitelmapuutteet (suunnitelmien saapuminen myöhässä, tai virheet suunnitelmissa) usein erityisesti ennakkosuunnittelun esteenä
- organisaation kokoa ei hyödynnetä täysimääräisesti resurssimielessä
- aikatauluja tulisi hyödyntää enemmän tuotannon ohjaustyökaluna, eikä pelkästään seurannan välineenä
- suunnittelussa on paljon tahdistavia tekijöitä, joihin ei voi vaikuttaa (rakennusvalvonnan ratkaisut ja toiminta) sekä
- hankkeita toteutetaan edelleen liian suurissa määrin uniikkeina projekteina.

Haastateltavat osasivat osoittaa tapausyrityksen aikataulujohdamisesta konkreettisia asioita, joita kehittämällä yrityksen on mahdollista kehittää omaa toimintaansa. Puutteellisia käytäntöjä haastateltavat A, B, D, E ja G esittivät seuraavasti:

Aikataulullinen kommunikaatio on edennyt hyvin, mutta edelleen on kehitettävää.

Jos viive havaitaan ja siihen reagoidaan kaksi viikkoa myöhemmin, silloin ollaan jo rajusti myöhässä.

Ennakkosuunnittelua ei arvosteta tarpeeksi, on muka ”liian kiire”, josta puolestaan syntyy jatkuvan kiireen kehä.

Oikean tasoinen aikataulu tulee olla käytössä oikealla hetkellä.

Suunnittelijoilla ei välttämättä ole käsitystä aikataulutuksen merkityksestä rakennusprojektissa kokonaisuutena.

Edellä esitettyjen korostusten ulkopuolelta yhtenä havaintona on helppo korostaa suunnittelupään aikataulujohtamisen puutetta, joka mainitaan useassa haastattelussa. Projektin siirtyessä suunnitteluvaiheesta tuotantoon, aikatauluhallinnan komentoketju katkeaa. Alkuvaiheessa aikataulujohtaminen on vahvasti projektipäällikön harteilla, joka luovuttaa kapulan tuotantoon siirryttäessä vastaavalle työnjohtajalle. Työpäällikkö on projekteilla mukana suunnitteluvaiheesta tuotantoon, jolloin esimerkiksi työpäällikkö on avainasemassa hankkeen alkuvaiheen hankinnoissa ja tällaisen roolin työntekijän vaihtaessa työpaikkaa on suuri riski hankintojen epäonnistumisen realisoitumisesta. Voisikin olla järkevää pohtia hankkeiden aikataulujen vetovastuun siirtämistä työpäällikön harteille.

Toisen teeman lopuksi haastateltavia pyydettiin järjestämään projektijohtamisen osa-alueet samaan tapaan priorisointijärjestykseen taulukossa 5 esitetyn logiikan mukaisesti. Tehtävä oli haastateltaville huomattavasti haastavampi, kuin taulukon 7 aikataulupainetta kasvattavien tekijöiden järjestäminen. Tehtävään valikoidut projektijohtamisen osa-alueet on valittu PMBOK® -oppaasta, joten onnistunutta projektia varten kaikkia osa-alueita tarvitaan. Tehtävän lähestymiskulma oli – jos sinun pitäisi osa-alue kerrallaan huolehtia projektista kokonaisuutena, niin minkä osa-alueen huolellisesta toteuttamisesta varmistuisit ensimmäisenä? Tällekin tehtävälle sallittiin vastaajien asettaa samalle prioriteettitasolle useampi osa-alue, jos he kokivat sen tarpeelliseksi. Tulokset on esitetty seuraavalla sivulla taulukossa 8.

Taulukko 8. Projektijohtamisen osa-alueet haastattelu vastausten perusteella järjestettynä merkittävimmästä alkaen.

Projektijohtamisen osa-alueet	Hlö A	Hlö B	Hlö C	Hlö D	Hlö E	Hlö F	Hlö G	Hlö H	Hlö I	Hlö J	Hlö K	Summa	Merkittävin osa-alue
Aikataulun hallinta	1	4,5	2	2	6	2	1	3	8	3	1	33,5	1
Riskienhallinta	2	1,5	1	6	3	1	3	4	1	9	5	36,5	2
Kustannusten hallinta	3	4,5	4	3	6	3	4	2	9	2	2	42,5	3
Resurssien hallinta	7	1,5	6	4	1	7	6	7	4	6	6	55,5	4
Hankintojen hallinta	6	4,5	5	8	6	6	8	5	5	1	7	61,5	5
Laadunhallinta	9	4,5	7	7	3	4	7	6	6	5	3	61,5	6
Viestinnän hallinta	4	7,5	3	5	8,5	8	5	8	7	7	4	67	7
Terveyden, turvallisuuden, vaarattomuuden ja ympäristön hallinta	8	7,5	8	9	3	5	9	1	2	8	8	68,5	8
Sidosryhmien hallinta	5	9	9	1	8,5	9	2	9	3	4	9	68,5	9

Tuloksista on helposti havaittavissa osa-alueiden tasavertaisuus, joka on nähtävissä kohtalaisen pienillä kokonaispisteiden vaihteluväleillä. Aikataulun hallinta nousi kaikkein merkittävimmäksi yksittäiseksi osa-alueeksi, mutta riskienhallinta oli kokonaispisteissä hyvin lähellä. Aikatauluhallinta sai kokonaispisteitä 33,5 (minimin ollessa 11) joista kolme oli ykköspaikkoja. Viimeiseksi osa-alueeksi jäi sidosryhmien hallinta, joka sai kokonaispisteitä yhteensä 68,5 (maksimin ollessa 99), joista viidestä vastauksesta kertyi maksimipisteet. Miellenkiintoisena, mutta tosin ennakoitavissa olleena seikkana tuloksista havaitaan, että hankintojen hallinta ja laadunhallinta sekä terveyden, turvallisuuden, vaarattomuuden ja ympäristön hallinta ja sidosryhmien hallinta olivat kokonaispisteissä keskenään tasatilanteessa. Osa-alueet erotettiin suuremmalla määrällä ykköspaikkoja tai viimeisiä sijoja. Aikataulun hallinta, riskienhallinta ja kustannusten hallinta muodostavat kolmen kärjen, jonka jälkeen kokonaispisteet kasvavat kohtalaisen lineaarisesti aina sidosryhmien hallintaan asti. Tämän taulukon tuloksiin on saattanut vaikuttaa sama viimeaikaisten tapahtumien korostuminen, kuten edellisellekin tulostaulukolle oli esitetty.

Teemahaastatteluiden viimeisessä teemassa käsiteltiin parhaiksi todettuja menetelmiä aikataulujohtamisen saralla. Aineistosta on helposti havaittavissa, että tahtiaikataulu ja sen erityyppiset implementointi menetelmät ovat suosiossa. Tahtiaikataulun viestintäkelpoisuudesta annetaan paljon kehuja, sillä sen visuaalisuus vähentää tulkinnanvaraisuuksia. Tahtiaikataululta kuitenkin vaaditaan tarkkuutta, jos aikataulu on laadittu huolimattomasti, niin siitä ei ole hyötyä. Tahtiaikataulun täydet mahdollisuudet paljastuvat vasta, kun sen

laadintaan ja seurantaan panostetaan reilusti. Haastateltavat A, B, D ja K korostivat tahtiaikataulu seuraavasti:

Sanoisin, että tahtiaikataulu on merkittävin ja hyödyllisin menetelmä aikataulujohtamiseen. Se on hyödyllinen ja merkittävä kaikilla tasoilla.

Parhaita menetelmiä on esimerkiksi se, että ennen projektin alkua laaditaan huolellisesti työvaiheiden sisällöt ja näiden avulla laaditaan tarkka tahtiaikataulu.

Tahtiaikataulu on paras runko- ja sisävaiheessa.

Tahtiaikataulu on tärkein!

Tahtiaikataulun jälkeen eniten korostettu aikataulujohtamisen työkalu on perinteinen yleisaikataulu ja sen seuranta. Haastateltavat korostavat sen helppoa käytettävyyttä, sillä se on eniten käytetty aikataulumalli rakennusosalalla, joten kaikki rakennusalan ammattilaiset ymmärtävät sitä ja sen sisältöä. Yleisaikataulun vahvuus on sen hyödynnettävyys sopimustekniikassa. Projekteille neuvoteltavien urakoiden merkittävin dokumentti työmaan suunnitelmien jälkeen on yleisaikataulu, johon sopimuksissa kirjallisesti sitoudutaan. Yleisaikataulusta haastateltavat A, D, G, I ja J kertoivat seuraavaa:

Sopimusteknisesti yleisaikataulu on ehdottomasti tärkein.

Tilaaajaosapuolelle esimerkiksi yleisaikataulu on paras aikataulu.

Joidenkin kohteiden tilaajat vaativat yleisaikataulun aktiivista käyttöä ja seurantaa.

Yleisaikataulun käyttö ja seuranta on yksi tärkeimmistä. Yleisaikataulu on tärkein väline!

Yleisaikataulu on varmasti tärkein.

Viestintää itsessään ei korostettu merkittävässä määrin. Eräs kokenut suunnitteluvaiheen työntekijä kertoi kuitenkin viestinnästä seuraavaa:

Aikataulun viestintä tulee aina räätälöidä kohderyhmän mukaan. Viestintäsuunnitelman laadinta on tarpeellinen menetelmä suurissa hankkeissa. Viestinnässä hyvä tunnistaa tasot, mikä on ulkoista ja mikä sisäistä viestintää.

Haastatteluiden viimeisten perinteisten kysymysten avulla kartoitettiin toiveita ja mahdollisia ideoita tulevaisuuden varalle aikataulujohtamisen saralla. Mitä toivoisit tulevaisuudessa muuttuvan? Mitä haasteita näet tälle muutokselle? Mitä niille voisi tehdä? Näitä kysymyksiä sivuttiin monesti jo aiemmissa teemoissa, mutta tämän osuuden tarkoituksena oli saada käsitys konkreettisten menetelmien yläpuolelta, eikä niinkään keskittyä konkreettisiin työkaluihin ja menetelmiin. Vastauksista ei korostu mikään yksittäinen tietty asia, vaan monipuolisesti erilaisia näkemyksiä. Melkein jokaisen teeman kanssa haastateltavilta oli haasteita kääntää oma ajattelu yrityksen näkökulmaan, jos työskenteli vain yhdellä projektilla (esim. työnjohtaja ja vastaava työnjohtaja). Tämän kohdan kysymyksen asettelu onnistui ilmeisesti paremmin, sillä tämän kautta saatiin laadukkaampia – yleistettävämpiä vastauksia esille. Haastateltavat A, B, C, D ja F nostivat esille seuraavia kokonaisuuksia:

Toiveena olisi saada tarkastelu horisontti yhtä projektia kauemmas ja työstää useamman hankkeen aikataulujen yhteensovitusta.

Meidän pitäisi pystyä vakioimaan tiettyjä usein toistuvia kokonaisuuksia tehokkaammin.

Työkaluissa ei juuri ole mielestäni kehitettävää, ehkäpä ihmisissä niiden ympärille pikemminkin.

Vanhat konstit käyttöön: uhkailu, lahjonta ja kiristys.

Toivoisin, että kulttuurissa olisi myönteisempi suhtautuminen asioihin, eikä keskustelu saisi keskittyä nopeuteen, vaan laadukkuuteen! Jatkuvaa parantamista tulisi suosia hirmuisesti enemmän. Pitäisi vähentää variaatioiden tekemistä ja kasvattaa vakiointia.

Yleisellä tasolla haastateltavat pohtivat paljon kokonaisuutta. Aikataulujen hallinta on pieni osa kokonaisuutta, kun projekteilla ajattelu tulisi kääntää enemmän prosessin sujuvuuden edistämiseen – lisätä flowta projektienkin väleillä. Vakioitujen ratkaisujen ja

kokonaisuuksien lisääminen ja niiden aktiivinen hyödyntäminen omaa suurta potentiaalia ja aiheuttaa mahdollisesti suurimman läpimurron rakennusalan tuotannossa sitten betonielementtien kehittämisen jälkeen. Suunnitteluvaihe sai paljon arvostelua osakseen, mutta suunnitteluosaston toiveena olisi osallistaa mahdollisimman paljon tuotantoa mukaan suunnitteluun jo alkuvaiheessa. Ongelma olisi ratkaistavissa työvoimaresurssien uudelleen allokoinnilla, mutta ilman uusia haasteita se ei onnistu.

Jokaisen haastattelun viimeisenä tehtävänä oli vastata vielä yhteen kvantitatiiviseen kysymykseen. Haastateltavia pyydettiin kertomaan kolme tärkeintä aikataulujohtamisen työkalua tärkeimmistä alkaen. Vastaukset on esitetty taulukossa 9, jossa ”*summat kertoimilla*” sarakkeen pisteet on muodostettu kaavalla: $1 \text{ äänen määrä} \times 3 + 2 \text{ äänen määrä} \times 2 + 3 \text{ äänen määrä} = \text{summat kertoimilla}$. Tämän tehtävän taustalla oli ajatus, että polveilevien keskusteluiden jälkeen jokainen haastateltava pysähtyisi vielä kertaalleen pohtimaan konkreettisia työkaluja ja menetelmiä, joista on eniten apua kokonaisuuden hallitsemisessa.

Taulukko 9. Kaikkein merkittävimmät aikataulujohtamisen työkalut tärkeysjärjestyksessä.

Menetelmät	1 äänen määrä	2 äänen määrä	3 äänen määrä	Summat kertoimilla	Merkittävin menetelmä
Tahtiaikataulu	4	2	0	16	1
Last Planner	0	4	2	10	2
Yleisaikataulu	2	0	2	8	3
Viikkoaikataulu	1	1	1	6	4
Aikataulusuunnittelu	1	0	1	4	5
Toteuman seuranta	0	1	2	4	6
Välitavoitteet	1	0	1	4	7
Suunnitteluaiakataulu	1	0	0	3	8
Oikea tarkkuustaso	0	1	0	2	9
Projektiakataulu	0	1	0	2	9
Työmaapalaverit	0	1	0	2	9
Visuaalinen sijainti + aikataulu	0	0	1	1	10
Sopimustekniikka	0	0	1	1	10
Tuotantoiakataulu	0	0	1	1	10

Taulukosta voi helposti havaita, että tahtiaikataulu on ansaitulla kärkipaikalla reilulla kaudella Last Planneriin. Tahtiaikataulu sai yhteensä 16 pistettä (maksimi pisteet 33). Taulukosta erottuu neljä parasta menetelmää edukseen, jotka ovat: tahtiaikataulu, Last Planner, yleisaikataulu ja viikkoaikataulu. Lopuilla menetelmillä on melko tasaisesti ääniä ja pisteitä.

Tuloksien tulkinnassa tulee pitää mielessä, että haastateltaville ei annettu mitään raameja vastauksiin, eikä kukaan haastateltava ole erikoistunut aikataulujohtamiseen. Lähtökohdat huomioon ottamalla, erilaisia aikatauluhallinta menetelmiä kertyi kappalemääräisesti yllättävän vähän, kun teoreettinen maksimi eri menetelmille olisi ollut 33 kappaletta.

Parhaita menetelmiä yhdistäviä tekijöitä löytyy visuaalisuuden, tuttuuden ja yksinkertaisuuden parista. Loppupäätä analysoitaessa yhdistäviä tekijöitä on haastava havaita. Tulevaisuuden aikataulumenetelmien kehittäminen voisi olla järkevää aloittaa tarkastelemalla listan loppupään menetelmiä ja lähteä tutkimaan niitä tarkemmin. Tahtiaikataulu, Last Planner, yleisaikataulu ja viikkoaikataulu ovat hyvin tunnettuja ja käytettyjä, joten niiden täysi potentiaali on todennäköisesti jo saavutettu. Näillä neljällä menetelmällä saa luotua rakennusprojektille riittävät aikataulut, mutta uuden kehittämistä varten tulee lähteä kohti tuntematonta ja analysoida niiden tarjoamia mahdollisuuksia syvällisemmin.

6 Johtopäätökset

Aikataulujohtaminen on rakennusalan yksi tärkeimmistä hallittavista kokonaisuuksista, joten sen tehokkuuden kehittämisellä on suotuisat vaikutukset suoraan erinäisten projektien lopputulokseen (Lehtovaara ym, 2021, s. 77). Tehokkaalla aikataulujohtamisella pyritään varmistamaan rakennusprojektin valmistuminen määräajassa siten, että lopputuote saavuttaa asetetut tavoitteet myös muilla osa-alueilla, kuin pelkästään aikataulun suhteen (Jin, 2013). Meng ym. (2022) mukaan rakentamisen aikatauluhallinta linkittyy vahvasti kustannusten, laadun sekä muiden tavoitteiden toteutumiseen.

Tämän tutkimuksen päätavoitteena oli tutkia rakennusprojektien tehokkuuden, tuottavuuden ja kannattavuuden parantamista aikataulujohtamisen keinojen kautta. Tehokkaan aikatauluhallinnan avulla voidaan auttaa varmistamaan, että projektit valmistuvat ajallaan ja annetun budjetin rajoissa, mikä puolestaan auttaa vähentämään riskiä kustannusten ja viivästysten ylityksiin (Jin, 2013). Aikatauluhallinnan avulla autetaan myös hankkeiden sidosryhmien välistä viestintää ja koordinaatiota, sekä helpotetaan työn ja resurssien johtamista. Osana tutkimusta kartoitettiin parhaita jo tunnettuja aikataulujohtamisen menetelmiä myös muilta aloilta yleisesti. Tavoitteet pyrittiin saavuttamaan seuraavien tutkimuskysymysten kautta:

1. Miksi aikataulujen johtamisella on suuri merkitys työmaan kokonaismenestyksen kannalta?
2. Mitkä ovat rakennustyömaiden yleisimmät haasteet aikataulujen johtamisessa ja hallinnassa, sekä suurimmat mahdollisuudet niissä onnistumisessa?
3. Mitkä ovat parhaat menetelmät työmaan onnistuneeseen aikataulujohtamiseen?

Tavoitteeseen pyrittiin tehostamalla kohdeyrityksen aikatauluhallinnan ja -johtamisen menetelmiä. Tehostamista varten kohdeyrityksen käyttöön kehitettiin menetelmäkaavio, jonka täysimääräisellä hyödyntämisellä on mahdollista ratkaista aikataulullisia haasteita.

Seuraavaksi vastataan kattavasti edellä esitettyihin tutkimuskysymyksiin yhdessä havainnointi- ja sekundääriaineiston, sekä haastatteluiden pohjalta kerätyn aineiston kautta. Vastaminen aloitetaan kronologisessa järjestyksessä ensimmäisestä tutkimuskysymyksestä.

1. Tutkimuskysymys: Miksi aikataulujen johtamisella on suuri merkitys työmaan kokonaisen menestyksen kannalta?

Tehokkaat aikataulujohtamisen käytännöt tuovat selvää kustannusetua rakennusyrietyksille (Li, 2018, s. 2). Ramanathan ym. (2012) mukaan rakennusprojektien viivästykset voivat lisätä kustannuksia ylityöpalkoista, kaluston vuokrista sekä muista juoksevista kuluista, joita ei ole budjetoitu suunnitellun valmistumisen jälkeiselle ajalle. Rahoituksellisessa mielessä myös on tärkeää, että mitä lyhyemmän ajan yrityksen taloudelliset varat ovat kiinni projektissa, sitä nopeammin yrityksen on mahdollista saada uusia projekteja käynnistettyä (Hulett, 2011). Menestyksekkäällä aikataulujohtamisella rakennusyrietykset voivat välttää näitä ylimääräisiä kustannuksia ja näin myös budjetissa pysyminen on todennäköisempää.

Rakennusprojektit vaativat useiden eri resurssien, kuten työvoiman, koneiden ja laitteiden sekä materiaalien täsmällistä koordinoitua (Othman ym, 2014). Resurssien hallinta kohtaa rakennusyrietyksissä ennalta-arvaamattomia haasteita viivästymisten johdosta. Rakennusala on yksi työvoimaintensiivisimmistä toimialoista, joten henkilöstöresurssien johdonmukainen johtaminen on hyvin haastavaa projektien viivästyessä (Dainty & Loosemore, 2013). Tehokas aikataulujohtaminen auttaa varmistamaan, että näitä resursseja hyödynnetään tehokkaasti ja tuloksellisesti (Harris ym, 2013). Arashpour ym. (2014) mukaan rakennusalan tuotanto – on altista vaihteluille, joka johtuu ulkoisista tekijöistä (epätasainen kysyntä) ja sisäisistä tekijöistä (resurssien puute). Nämä vaihtelut voivat lisätä riskiä projektien myöhästymisiin, tuotannon vähenemiseen ja urakoitsijoiden tulomenetyksiin (Lee & Diekmann, 2011; Chanmeka ym. 2012).

Hasan ym. (2018) tutkivat rakennusalan tuottavuutta 30 vuotta taakse päin, ja he havaitsivat, että puutteellinen aikataulujohtaminen on merkittävä tuottavuutta alentava tekijä. Rakennusprojekteissa on usein tiukat määräajat, mikä voi aiheuttaa aikapainetta työyhteisölle. Lisäksi projekteille luonteenomaista on, että niillä on selkeä alku ja loppu, mikä puolestaan kuvastaa erinomaisesti rakennushankkeen luovutuksen ajallisen täsmällisyyden tärkeyttä.

Aikatauluhallinnan tavoitteena on varmistaa, että projekti tai hanke valmistuu ajallaan ja budjetissa. Doloin (2013) mukaan aikataulunhallinta on yksi tärkeimmistä osista projektinhallintaa, joka vaikuttaa rakennusprojektin tehokkuuteen. Tehokas aikataulujen johtaminen auttaa varmistamaan, että projektit valmistuvat ajallaan, budjetin rajoissa kaikkia sidosryhmiä tyydyttävällä tavalla. Usein ajatellaan virheellisesti, että projektin aikataulu on suunnitelma, se on kuitenkin johtamisen työkalu ja jopa filosofia. Aikataulussa hahmotellaan mitä pitää tehdä, milloin se valmistuu, kuinka paljon projekti tulee maksamaan ja mitä resursseja työhön osoitetaan – näillä kaikilla on olennainen merkitys rakennusyrityksen jokapäiväisen toiminnan pyörittämisessä.

Pelin (2008) on esittänyt kuusi asiaa, jotka kuvastavat kuinka erityinen merkitys aikataulujohtamisella on liiketoiminnassa: myöhästymissakot, sidotun pääoman korko, tuotto projektin tuloksesta, menetetty tuotto, markkinaetu ja maine luotettavana toimijana. Aikatauluhallinta on siis erittäin tärkeä osakokonaisuus menestyksekkään yrityksen toiminnassa. Minäkään yrityksen ei ole varaa ylenkatsoa aikatauluhallintaa. Tutkimuksen tapausyrityksen haastateltavien vastauksista oli helppo tehdä yhteenveto aikataulujohtamisen merkityksestä, sillä kaikki olivat niin yksimielisiä aikataulujohtamisen tärkeydestä – aikataulujohtamisen merkitys on todella suuri. Monet myös kertoivat, että aikataulujen tehokas hallinta ja johtaminen auttaa arkipäiväisessä johtamisessa, jos aikataulut ovat hyvin hallinnassa, niin silloin todennäköisesti on myös muutkin osa-alueet.

Haastatteluista kyettiin keräämään projektijohtamisen osa-alueiden merkityksiä ja niiden priorisointijärjestyksiä. Taulukossa 8 (s. 71) on nähtävillä, että aikataulujohtaminen on osoitettu kaikkein merkittävimmäksi johtamisen osa-alueeksi. Haastateltavilla oli keskiarvolla laskettuna yli 17 vuotta kokemusta (188/11; yhteensä kokemusvuosia/ haastateltavien lukumäärä) rakennusalalta, joten vastauksien todenpitävyydelle voi antaa suurehkon luottamuksen. Työmaan kokonaismenestystä voi ajatella myös yrityksen menestyksen osa-alueena. Anna Timsin (2019) artikkelin mukaan eräälle brittiläiselle aiheutui yli 10 000 punnan kustannukset väliaikaisen majoituksen järjestämisestä, kun uusi asunto valmistui neljä kuukautta myöhässä. Voisi sanoa, että asiakastyytyväisyys ja mainehaitta on mieletön jo yhden kohteen huomattavasta myöhästymisestä, sillä inhimilliset kärsimykset voivat olla suuria.

2. Tutkimuskysymys: Mitkä ovat rakennustyömaiden yleisimmät haasteet aikataulujen johtamisessa ja hallinnassa, sekä suurimmat mahdollisuudet niissä onnistumisessa?

Rakennushankkeen aikataulu on koko projektin tärkein yksittäinen dokumentti, jolle ei usein ole asetettu tarkkoja sisältövaatimuksia. Bragadin & Kähkösen (2020) mukaan aikataulun laatu olisi tarpeellista arvioida, vaikka laadukaskaan aikataulu ei takaa projektin onnistumista. Rakennushankkeen aikataulun laadunarvioinnin kolme tärkeintä komponenttia on: 1. aikataulun laatustandardit 2. aikataulusprosessin ja erilaisten yksityiskohtien kehittäminen ja 3. urakoitsijan aikataulun arviointi ja lähtötilanteen hyväksyntä. (Bragadin & Kähkönen, 2020; Moosavi & Mosehili, 2014) Tutkimusten mukaan aikataulujen laatua harvemmin arvioidaan mitään tutkittua menetelmää hyödyntäen (Bragadin & Kähkönen, 2020), varsinkin pienemmissä projekteissa (Türkakin ym. 2020). Nepal, Park ja Son (2006) olivat tutkineet singaporelaisia rakennusalan yrityksiä, ja analysoineet niissä aikataulupaineiden vaikutuksia rakentamisen suorituskykyyn. Tulokset osoittavat, että työn vauhdin lisäämisen seurauksesta työmaalla havaitaan vastavuoroisesti heikentynyttä tuottavuutta ja laatua. Heidän mukaansa haitallisia vaikutuksia voidaan minimoida suunnittelemalla varsinainen rakennustyö realistisesti ja ennakoivasti, motivoimalla työntekijöitä, sekä luomalla tehokkaat koordinaatio- ja viestintämekanismit.

Yaghootkar ja Gil (2012) osoittivat tutkimuksessaan, että jos organisaation ylin johto painostaa jotakin tiimiä saattamaan jokin myöhässä oleva projekti päätökseen suunnitellussa ajassa ilman uuden työvoiman rekrytointia (vaan olemassa olevien resurssien siirtelyllä), niin tulevien projektien aikataulupaineet kasvavat eksponentiaalisesti. Aikataulujohtaminen ei siis saa ottaa ylivaltaa kokonaisvaltaisesta johtamisesta, vaan sen tulee pysyä yhtenä hallittavana kokonaisuutena projektin alusta projektin loppuun asti. Projekteja hallitsevan organisaation tulee aina keskittyä kokonaiskuvaan. Rakennusalan yrityksillä on tyypillisesti useita projekteja samaan aikaan meneillään, joten näiden keskinäiset suhteet eivät saa muuttua niin voimakkaiksi, että ne häiritsevät koko organisaation toimintaa.

Arantesin & Ferreiran (2020) tutkimuksen mukaan puutteellinen suunnittelu, asiantuntijoiden heikko suoriutuminen, tehoton työmaan johtaminen, tilaajan vaikuttaminen, byrokratia ja urakoitsijoiden väliset sopimukset ovat kaikkein merkittävimmät tekijät viivästyksien

aiheuttamisessa. Tapausyrityksessä suoritettujen haastatteluiden perusteella suurimmat aikataulupainetta kasvattavat tekijät merkittävimmästä alkaen olivat: puutteet projektin hallinnassa, hankkeen huono koordinaatio, puutteellinen rakennussuunnittelu (pitää sisällään suunnitelmien valmistumisen myöhässä sekä virheet suunnitelmissa), puutteellinen viestintä, materiaalien saatavuuspuutteet, osaavan työvoiman puute, epäonnistunut muutosten hallinta, työvaiheiden uudelleen työstäminen ja huonot sääolosuhteet. Näiden lisäksi haastateltavat henkilöt lisäsivät, että aikataulujohtamisen suurimmat haasteet ovat:

- aikataulujen yhteensovitus
- aikataulujen seuranta
- vajavainen tuotannon suunnittelu yksikön näkökulmasta
- ennakkosuunnittelun puute ja
- ennakoimattomat haasteet.

Tutkimuskysymyksen loppuosaan, eli ”*suurimmat mahdollisuudet niissä onnistumisessa?*” vastaus on helpompi tarjota siinä muodossa, että ne osa-alueet tapausyrityksen toiminnassa, joissa on eniten kehitettävää ovat suurimmat onnistumisen mahdollisuudet. Näitä saatiin korostettua haastatteluiden pohjalta. Nykyisistä toimintamalleista ilmenneet merkittävimmät kehityspaineen alaiset asiat olivat:

- aikataulujen laadulle ei ole asetettu vaatimuksia
- aikataulujen realismi on subjektiivinen käsite
- yksiköiden projektien keskinäisten aikataulujen limitys (ei montaa runkoa samaan aikaan käynnissä yksikön sisällä)
- suunnittelun aikataulutus ei ole harmonisoitu
- suunnitelmapuutteet (suunnitelmien saapuminen myöhässä, tai virheet suunnitelmissa) usein erityisesti ennakkosuunnittelun esteenä
- suunnittelussa on paljon tahdistavia tekijöitä, joihin ei voi vaikuttaa (rakennusvalvonnan ratkaisut ja toiminta) sekä
- hankkeita toteutetaan edelleen liian suurissa määrin uniikkeina projekteina.

Suorien vastausten ohi vastauksista oli tulkittavissa, että aikataulujohtaminen on osa suurempaa kokonaisuutta. Useat vastaajat osasivat paikantaa, jos aikatauluhallinta ja aikataulun johtaminen oli kunnossa projektilla, niin silloin hyvin suurella todennäköisyydellä muutkin tärkeät projektijohtamisen osa-alueet ovat kunnossa. Aikataulussa lipsuminen aiheuttaa aikataulupainetta, joka aiheuttaa kustannusten nousua ja laadun heikkenemistä, jotka heijastuvat usein työturvallisuuteen. On helppo huomata, että jos nämä kaikki osa-alueet ovat kunnossa projekteilla, niin silloin projektilla on suuret todennäköisyydet onnistumisen puolella. Ehkäpä vielä helpompi esimerkki on havainnollistaa, jos näitä asioita ajatellaan toisin päin. Entä jos mikään näistä osa-alueista ei ole hyvässä kontrollissa, niin onko projektilla mitään mahdollisuuksia onnistua kokonaisuudessaan?

3. Tutkimuskysymys: Mitkä ovat parhaat menetelmät työmaan onnistuneeseen aikataulujohtamiseen?

Parhaita aikataulujohtamisen menetelmiä kartoitettiin tutkimuksen aluksi kirjallisuudesta sekä lopuksi tapausyrityksestä kerätystä sekundääridatasta, havainnointi- ja henkilöhaastatteluaineistoista. Kirjallisuudesta parhaimmat kokonaisvaltaiset projektijohtamisen menetelmät olivat Project Management Body of Knowledge (2016) -opas ja LEAN. PMBOK® -oppaassa (2016) kuvataan, että projektia johtaa projektiryhmä, jonka jäseniltä edellytetään projektiin valikoitujen prosessien hallintaa. Rakennusprojektin johtajan tulee yhteistyössä muiden työryhmän jäsenien kanssa päättää mitkä oppaan esittelemät prosessit ovat sopivia kyseiseen projektiin ja miten laajasti prosesseja käytetään. PMBOK® -opas (2016) ei tarjoa valmiita menetelmiä/ratkaisuja prosessien toteuttamiseen, vaan ainoastaan niihin tarvittavat lähtötiedot sekä tavoiteltavat tulokset. Oppaan mukaan projektinhallinta on tiedon, taidon, työkalujen ja tekniikoiden soveltamista projektin toimintoihin, joiden avulla projekti saadaan vastaamaan sille asetettuja vaatimuksia. Projektien prosessit kuuluvat oppaan mukaan tyypillisesti toiseen kahdesta pääluokasta: 1. projektinhallinnan prosessit, jotka pitävät huolen projektin sujuvasta etenemästä koko hankkeen läpi tai 2. tuotesuuntautuneet prosessit, jotka määrittelevät ja aikaansaavat projektin lopputuloksen. Faraji ym. (2022) huomioivat, että PMBOK® -oppaan toimintatavat ovat erittäin käyttökelpoisia, sillä oppaan käytännöt huomioivat integraation muodossa paljon projektinhallinnan pehmeän puolen roolia – verrattuna perinteisiin koviin taitoihin, kuten pelkkään kustannusten hallintaan. Angaritan & Gallardon (2018) mukaan oppaan mukaisille menettelytavoille ei yli 86 %:lla

rakennusyrittäjistä ole osoittanut riittävästi resursseja, joten sen menetelmät ilmeisesti vaativat liikaa resursseja.

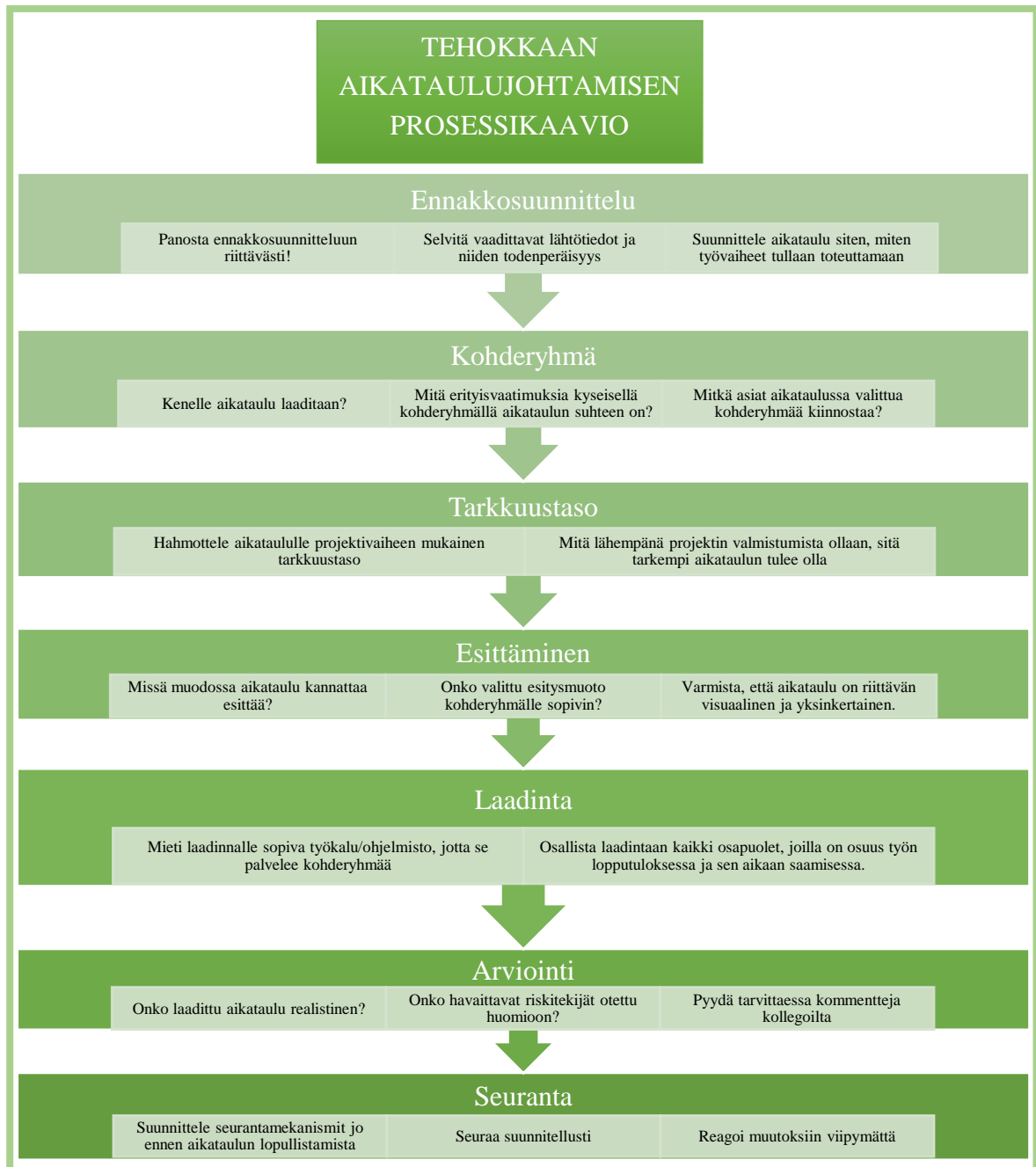
LEAN on lähtöisin Japanista, joka oli köyhä maa toisen maailmasodan jälkeen. Japanilla ei ollut mahdollisuutta sijoittaa vähäisiä pääomiaan varastoihin. Japanilaisten oli saatava aikaan mahdollisimman tehokasta tuotantoa mahdollisimman pienillä resursseilla. Japanin nousu nykyiseen taloudelliseen asemaansa seurasi nopeasti, kun muutkin japanilaiset yritykset ja teollisuudenalat omaksuivat Toyotan lean-tuotanto menetelmiä. (Liker, 2013; Womack ym. 2007) Čiarnienė ja Vienažindienė (2012) mukaan lean-tuotanto voidaan määrittellä filosofiaksi, joka käsittää erilaisia periaatteita ja käytäntöjä. Lean voidaan määrittellä myös Womackin ja Jonesin (2003) tapaan liiketoiminta- ja tuotantofilosofiaksi, jonka tavoitteena on lyhentää aikaa tilauksesta toimitukseen poistamalla hukkaa tuotteen/työn arvovirrasta. Lean-tuotannon keskeisenä ajatuksena on lisätä arvoa asiakkaille ja vähentää samalla resurssien kulutusta ja kiertoaikoja eliminoimalla hukkaa. Lean rakentaminen (*Lean Construction*) on rakennusalaan sovellettua Lean-filosofian mukaista toimintaa. Lean rakentamisen periaatteiden mukaan taloustieteellinen lähestymiskulma ei ole sinällään sopiva pohja projektinhallinnan teorialle. Taloustieteellisen lähestymiskulman sijasta yhdistämällä tuotantomuunnos, virtaus ja arvotuotto yhteen on syntynyt TFV-teoria (Transformation-Flow-Value) (Habibi Rad ym. 2022). Lean-filosofian menetelmistä rakennusalaan käytetyin Lean-työkalua on Last Planner System (LPS). Last Planner -menetelmä on yksi tunnetuimmista ja käytetyimmistä Lean rakentamisen työkaluista (Babalola ym. 2019; Sarhan ym. 2017; Koskela ym. 2009), joka sai tapausyrityksen sisällä pidettyjen teemahaastatteluiden pohjalta parhaiden aikataulujohtamisen menetelmien toisen sijan.

Loput parhaat aikataulujohtamisen menetelmät haastatteluiden pohjalta ovat paremmuusjärjestyksessä: tahtiaikataulu, (Last Planner), yleisaikataulu, viikkoaikataulu, aikataulusuunnittelu, toteuman seuranta, välitavoitteet, suunnittelu-aikataulu, oikea tarkkuustaso, projektiaikataulu, työmaapalaverit, visuaalinen sijainti + aikataulu, sopimustekniikka ja tuotantoaikataulu. Yleisesti haastatteluiden pohjalta kootut aikataulujohtamisen työkalut ja menetelmät pyörivät paljolti tahtiaikataulun ja prosessimaisen tuotannon kehittämisen ympärillä. Tahtiaikataulu on merkittävä ja hyödyllinen kokonaisvaltaisesti yksittäisellä projektilla. Sen täysimääräisen hyödyntämiseen tulee aikataulun suunnitteluvaiheessa osallistaa riittävästi osapuolia, jotta kaikki projektin kannalta kriittiset tekijät saadaan sitoutettua siihen.

Tehokkaalla ja järjestelmällisellä seurannalla (johon osallistetaan kaikki osapuolet) saadaan paras mahdollinen lopputulos aikaan tahtiaikataulua hyödyntämällä. Perinteisen yleisaikataulun hyödyllisyyttä korostettiin myös laajasti, sillä sen ulkomuoto ja karkeat sisältölinjat ovat hyvin tuttuja kaikkien alan toimijoiden kesken. Haastatteluissa korostui myös aikataulujohtamisen osuus projektin kokonaisvaltaisesta johtamisesta. Tämänkin tutkimuksen perusteella aikataulujohtaminen on tärkein yksittäinen hallittava kokonaisuus (taulukko 8, s. 71), niin kokonaisvaltaisen projektin onnistuneessa läpiviennissä tulee osata kokonaisuuden hahmottaminen. Erityisesti suuressa yrityksessä, jolla on useita rakennusprojekteja käynnissä samanaikaisesti. Aikataulukulttuuriin toivotaan muutosta, jonka avulla keskustelu siirtyisi kohti avoimempaa kokonaisvaltaista laadullista vaikuttamista, eikä keskityttäisi vain yhteen ulottuvuuteen. Parhaita korostamisen arvoisia menetelmiä näiden edellä esitettyjen lisäksi on ehdottomasti tuotantoprosessin vakioinnin kasvattaminen, laadukas ja tarkoituksen mukainen viestintä, valitaan aikataululle oikea tarkkuustaso kullakin tarkastelujänteellä sekä yksikön keskinäisten projektien aikataulujen yhteensovitus tehokkaaksi.

Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa tehokkaiden aikataulujohtamisen keinojen kautta rakennusprojektien kokonaisvaltaista johtamista. Tavoitteeseen pyrittiin tehostamalla rakennusprojektien aikataulujen hallintaa ja aikataulujohtamisen keinoja. Tämän tehostamisen toteutumiseksi kehitettiin heille vapaasti hyödynnettävä aikataulujohtamisen menetelmäkaavio, jonka täysimääräisellä hyödyntämisellä on mahdollista ratkaista aikataulullisia haasteita ja helpottaa projektien tehokasta läpivientiä aina rakennusoikeuden haltuunotosta luovutukseen asti. Kaavio on esitetty seuraavalla sivulla kuviossa 18.

Prosessikaavio koostuu yhteensä seitsemästä kokonaisuudesta. Ensimmäinen osa-alue muodostuu ennakkosuunnittelusta. Ennakkosuunnittelu nostettiin ensimmäiseksi kokonaiseksi osa-alueeksi, sillä tapausyrityksen haastatteluiden perusteella ennakkosuunnittelu oli selvästi yksi väheksytyimmistä työvaiheista koskien aikataulujohtamista ja -hallintaa. Ennakkosuunnittelun sisälle on korostettu panostumista työvaiheiden valmistelemaan suunnitteluun. Se pitää sisällään myös vaadittavien lähtötietojen ja niiden paikkansapitävyyden tarkistamisen. Ennakkosuunnitteluvaiheessa tulee myös sisäistää lopputuloksesta malli, joka rakentuu siten, että tulevat työvaiheet suunnitellaan siten, miten ne myös tullaan todellisuudessa toteuttamaan. Tämä edellyttää aikataulun suunnittelijan huolellista perehtymistä työtehtävien sisältöihin ja niiden luontevan järjestyksen omaksumiseen.



Kuvio 18. Tehokkaan aikataulujohtamisen prosessikaavio.

Prosessikaavion toisessa vaiheessa tulee pureutua aikataululla tavoiteltavaan kohderyhmään. Kohderyhmään perehtymisellä tavoitellaan relevantin sisällön lisäämistä aikatauluun. Tämän vaiheen aluksi tulee siis selvittää, kenelle aikataulu todellisuudessa tehdään. Mitä mahdollisia erityisvaatimuksia tavoitella kohderyhmällä mahdollisesti on? Mitkä asiat aikataulussa kiinnostavat valittua kohderyhmää? Näihin molempiin kysymyksiin pitää selvittää pitävät vastaukset, sillä muuten aikataulusta ei ole mahdollista tehdä riittävän kattavaa pitäen sen samalla selkeänä.

Kohderyhmän hahmottamisen jälkeen tulee suunnitella aikataulun tarkkuustaso. Tarkkuustaso laaditaan projektin vaiheiden mukaisesti. Hankkeen alkumetreillä aikataulussa tulee pitää pitkä aikajänne, joka puolestaan supistuu kiihtyvällä tahdilla loppua kohden jopa tuntien tarkkuudelle. Neljäntenä vaiheena prosessikaaviota käsitellään esittämismuotoa. Laatijan tulee hankkia riittävät tiedot, jotta hänellä on valmiudet vastata seuraaviin kysymyksiin: Missä muodossa aikataulu kannattaa esittää? Onko esitysmuoto valitulle kohderyhmälle varmasti sopivin? Näiden vastausten pohjalta valitaan oikea esitysmuoto, jonka jälkeen laatijan tulee vielä varmistua aikataulun riittävästä visuaalisuudesta ja silmämääräisestä yksinkertaisuudesta.

Seuraavana vaiheena laaditaan itse aikataulu. Ennen aikataulun laadintaa, tulee laatijan sisäistää, että millä työkaluilla tai ohjelmistoilla laadittu aikataulu todellisuudessa saavuttaa sille asetetut tavoitteet. Yksinkertaisuudessaan se voi olla jopa ihan ruutupaperia. Työkälu/ohjelman valinnan jälkeen seuraa yksi kaavion tärkeimmistä vaiheista. Aikataulun laadintaan tulee osallistaa mahdollisimman kattavasti osapuolia, jotta laatijalla on kaikki mahdollinen tieto käytettävissään. Osapuolia osallistettaessa he myös sitoutuvat noudattamaan aikataulua, koska ovat itse olleet mukana sen suunnittelussa.

Kaavion toiseksi viimeisessä vaiheessa tulee pysähtyä hetkeksi arvioimaan laadittua aikataulua. Ensimmäinen ajateltava ulottuvuus on realismi. Onko aikataulu todella toteutettavissa suunnitellusti? Jos tässä kohtaa laadintaa herää epäilyksiä aikataulusta, tulee tarkasteluun osallistaa suunnitteluryhmän ulkopuolisia ammattilaisia. Riskitekijöiden huomiointi on olennaista terveellisen ja realistisen aikataulun laadinnassa. Talvisessa Suomessa rankka lumisade voi teettää puoleksi päiväksi lisätöitä, jos siihen ei ole varauduttu, voi aikataulu kokea myöhemmin suurta painetta. Ennen aikataulun virallistamista on hyvin suositeltavaa pyytää kommentteja kollegoilta, tai muilta asiasta kokemusta kartuttaneilta henkilöiltä.

Viimeinen vaihe aikataulujohtamisen prosessikaaviossa on seuranta. Aikataulun laatijan tulee suunnitella riittävät seurantamekanismit, jotta aikataulullisia yllätyksiä ei tule prosessin edetessä vastaan. Tämän jälkeen seurantaa tulee toteuttaa orjallisesti suunnitellulla tavalla. Poikkeamien ilmentyessä niihin tulee reagoida välittömästi riittävällä panostuksella, jottei ongelmat pääse kumuloitumaan kohtuuttoman suuriksi.

Tutkimuksen luotettavuutta ja mahdollisia jatkotutkimuskohteita on hyvä pohtia ennen yhteenvettoa. Itse tutkimuksen menestyneisyyttä on mahdollista arvioida sille asetettujen tutkimuskysymyksien vastauksien kautta. Tutkimuksen avulla kyettiin vastaamaan kaikkiin kolmen tutkimuskysymykseen riittävän kattavasti ja konkreettisesti. Vastaukset tutkimuskysymyksille muodostettiin pääosin kirjallisuuskatsauksen pohjalta, mutta suurin konkretia ja todelliseen liiketoimintamaailmaan linkittyvät näkökulmat oli mahdollista koota vain empiirisen osuuden sisällöstä. Viimeiseen tutkimuskysymykseen *mitkä ovat parhaat menetelmät...* tarjottiin vaihtoehtoja, mutta viimekädessä paras menetelmä on se, joka kullekin projektille ja sen parissa työskentelevien avainhenkilöiden toimintatapoihin parhaiten asettuu.

Tutkimuskysymyksien vastausten analysoinnin ohella toinen lähestymiskulma tutkimuksen menestyneisyyden arviointiin on tulosten luotettavuuden tarkastelu. Haastattelutulosten luotettavuudelle haasteena oli haastateltavien näkökulman kääntäminen yhdeltä projektilta arvioimaan koko yrityksen liiketoimintaa ja sen menestystä. Haastatteluissa oli myös havaittavissa pienissä määrin kognitiivista vinoumaa (*hot hand fallacy*), joka painotti viimeaikaisia tapahtumia. Tämän lisäksi haastateltaviin saattoi vaikuttaa erityisesti aikataulun hallinnan merkittävyyttä kartoittaessa itse tutkimuksen ja haastattelijan lähestyminen. On täysin luonnollista, että keskusteltaessa yhdestä projektijohtamisen osa-alueesta syvällisesti, siitä muodostuu kyseisellä hetkellä luontevasti merkittävin osa-alue. Käänteisesti ajateltuna, jos haastattelija olisi lähestynyt haastateltavia esimerkiksi laadunhallinnallisista näkökulmista, olisi laadunhallinnan merkitys varmasti korostunut merkittävämmäksi osa-alueeksi, kuin mihin tässä tutkimuksessa se asemoitiin. Pientä vinoumaa vastauksiin saattoi myös aiheutua kasvotusten tapahtuneiden haastatteluiden ja verkkoneuvotteluiden välisestä eroavuudesta. Kasvotusten tapahtuneissa haastatteluissa haastattelija todennäköisesti tulkitisi haastateltavia paremmin ja kykeni poimimaan vastauksista hiljaisen tiedon kaltaisia nyansseja, jotka vaikuttivat kokonaiskuvaan.

Haastatteluista kerätty aineisto tuki hämmästyttävän suuresti kirjallisuudesta kerättyä aineistoa. Kenenkään haastateltavan näkemys ei radikaalisti poikennut kirjallisuudesta tai toisista haastateltavista – pieniä näkemuseroja lukuun ottamatta. Haastateltavien näkemykset ja tulokset vahvistivat havainnoinnin ja sekundääridatan kautta kerättyjä tietoja. Yleisesti tämän tutkimuksen haastattelut toteutettiin riittävän kattavalla otannalla, sillä haastatteluihin sisällytettiin monipuolisesti henkilöitä eri rooleista eri vastuualueilta ja kokemusvuosien kautta

tarkasteltunakin. Kaikesta huolimatta on todettava, että otannan heikkoutena voidaan pitää sitä, että haastateltavat olivat kaikki samasta yrityksestä, joten tutkimustulosten yleistettävyyden arviointi on haastavampaa. Yleisiltä piirteiltään rakennusprojektit kuitenkin toimivat yrityksestä riippumatta samojen liiketoimintamallien alaisuudessa, mutta yritysten sisäisissä toimintamalleissa ja dynamiikoissa voi esiintyä suurtakin vaihtelua. Osaltaan haastatteluihin olisi ollut hyvä osallistaa yrityksen kokonaisvaltaisesta menestyksestä vastaavia henkilöitä, mutta tutkimuksen päätavoitteet keskittyivät kuitenkin tuotannollisiin näkökulmiin, joten otannan raja-
aus on perusteltavissa.

Tutkimuksen lopputulosta analysoitaessa on hyvä tiedostaa, että tutkimuksen suorittaja on työsuhteessa tapausyritykseen. On kuitenkin huomioitava, että tutkimuksen suorittajalla ei ollut asetettu lopputulokseen nähden mitään kannustimia yrityksen suunnasta. Tutkijalle ei siten ollut etukäteen asetettu suuntaa, johon tutkimuksen tulisi päätyä. Tutkijan kannustimena toimikin vain kasvattaa ymmärrystä ja lisätä tietoa rakennusprojektien toimintamalleista ja ilmiöistä niiden ympärillä. Tutkimuksen haastatteluihin valikoidut henkilöt suodatettiin yrityksen henkilöistä siten, että tutkijan ja haastateltavan välinen suhde ei voinut vaikuttaa vastausten lopputulokseen.

Tutkimuksen kautta voidaan ehdottaa mielenkiintoisia mahdollisia jatkotutkimuksen aiheita. Tutkijan ensimmäinen näkemys laadukkaalle tutkimukselle olisi toteuttaa se tarkastelemalla yhden yrityksen sisällä tapahtuvien useiden projektien yhteensovitusta ja niiden aikataulujen välisiä vaikutuksia. Tämän tutkimuksen aineistossa esille nousi useamman kerran toisten projektien vaikutukset jollekin yhdelle projektille saman organisaation sisältä. Tähän olisi mahdollista myös ottaa tarkastelun alueeksi suuremmat alueet, kuten Tampere, Helsinki tai Oulu. Tällaisesta tutkimuksesta olisi mielenkiintoista havaita kullakin alueella toimivien resurssien jakaantuminen eri yritysten välillä, ja tämän vaikutuksista projektien suorituskykyyn. Mielenkiintoinen jatkotutkimus rakentuisi varmasti myös tutkimalla tässä tutkimuksessa havaittujen ilmiöiden korrelaatioita toisilla teollisuudenaloilla, joissa harjoitetaan projektiliiketoimintaa, joita voisi löytyä esimerkiksi teknisen kehityshankkeiden alalta ja tapahtuma-alalta.

7 Yhteenveto

Rakennusalan yritysten tuottavuutta heikentää tehoton aikataulujohtaminen ja siitä kumuloidut haasteet projekteille. Rakennusprojektien läpivienti mahdollisimman tehokkaasti ja laadukkaasti on ollut jo pitkään alan yritysten kehityksen ytimessä. Tehokkaalla aikataulujohtamisella yritys voi saavuttaa merkittäviä ja kestäviä kilpailuetuja kilpailijoihin nähden, joten aikatauluhallinnan ja -johtamisen kehittäminen on olennaista menestyvälle yritykselle. Tässä tutkimuksessa keskityttiin rakennusprojektien aikataulujohtamisen haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Tutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa rakennusprojektien tehokkuuden, tuottavuuden ja kannattavuuden parantamista aikataulujohtamisen keinoin. Osana tutkimusta selvitettiin aikatauluhallinnan ja -johtamisen merkitystä kokonaisuudessaan menestyvällä rakennusprojektilla. Tavoitteeseen pyrittiin tehostamalla tapausyrityksen aikatauluhallinnan ja -johtamisen keinoja. Tehostamisen toteuttamista kohden pyrittiin kartoittamalla suurimmat olemassa olevat haasteet aikataulujohtamisen saralla, jonka kautta yhdessä muun tutkimusaineiston perusteella luotiin tehokkaan aikataulujohtamisen prosessikaavio.

Tutkimuksen tapausyrityksenä oli suuri suomalainen rakennusyritys. Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena hyödyntäen kvalitatiivista eli laadullista tutkimuslinjaa. Tutkimusmenetelmäksi tapaustutkimus valikoitui, koska tutkimuksen tarkoituksena oli ymmärtää tutkimuskohdetta, eli tässä tapauksessa yrityksen aikataulujohtamisen menetelmiä – syvällisesti samalle huomioiden sen toimintaympäristön tavanomiset toimintamallit. Tutkimuksen aineisto kerättiin haastatteluiden sekä havainnoinnin ja sekundääriaineiston kokoamisen avulla. Tutkimuksen haastattelut toteutettiin teemahaastatteluina, joissa teemat pysyivät samoina haastattelusta toiseen, mutta tarkentavien apukysymysten järjestystä ja tarkkaa asetelua säädettiin tilanteen mukaan sopivammaksi. Teemahaastattelut yhdessä muiden soveltuvien laadullisten tutkimusmenetelmien käyttäminen mahdollistivat haastateltavien ajatusten ja jopa filosofisen näkemyksen esille tuomisen.

Itse tutkimuksen rakenne muodostui johdannosta, perehtymisestä rakennustuotantoon teollisuudenalana, syventymällä aikataulujohtamisen menetelmiin, tutkimuksen toteutuksesta, tuloksien jäsentelystä ja lopputuloksien analysoinnista. Näiden vaiheiden lopputuotoksena luotiin tapausyritykselle soveltuva tehokkaan aikataulujohtamisen prosessikaavio tukemaan

aikataulujohtamista ja sen vaiheita. Prosessikaavion luomiselle edellytyksiä asetti puutteet nykyisissä toimintamalleissa, johon kaaviolla pyrittiin tarjoamaan helpotusta. Prosessikaavio koostuu yhteensä seitsemästä kokonaisuudesta, jotka hyödynnetään järjestyksessä. Kokonaisuudet ja järjestys ovat:

1. Ennakkosuunnittelu
2. Kohderyhmä
3. Tarkkuustaso
4. Esittäminen
5. Laadinta
6. Arviointi
7. Seuranta

Ensimmäisessä vaiheessa sisältää riittävän ennakkosuunnittelun, sillä tutkimuksen perusteella sen puute aiheutti poikkeuksetta haasteita kokonaisuuden hallinnassa. Ennakkosuunnittelun jälkeen seuraavaksi tärkeimmäksi kokonaisuudeksi valikoitui oikean kohderyhmän määrittely. Tällä tarkoitetaan sitä, että aikataulun laatijan tulee suunnitella aikataulu aina sitä hyödyntävälle kohderyhmälle soveltuvaksi. Kolmantena kokonaisuutena on aikataulun tarkkuustason valinta, jonka perusajatuksena on se, että mitä lähempänä projektin päättymistä ollaan, sitä tarkemmaksi aikataulu tulee laatia. Tarkkuustason määrittelyn jälkeen tulee valita oikea esitysmuoto, jolla pyritään valitsemaan sellainen muoto, joka viestii kohderyhmälle mahdollisimman tarkasti ja tehokkaasti. Viidentenä vaiheena laaditaan itse aikataulu, jolle kaikkein tärkein mekanismi on osapuolten osallistaminen aikataulun laadintaan. Laadinnan jälkeen aikataulun suunnittelijan on hyvä pysähtyä hetkeksi arvioimaan mahdollisia riskejä ja aikataulun realistisuutta. Prosessikaavion viimeinen vaihe on kaikkein vaativin ja ajallisesti pisin – eli seuranta. Seurannan mekanismit ja käytännöt tulee suunnitella ennen sen aloittamista. Seuranta tulee toteuttaa suunnitellusti ja poikkeamiin täytyy reagoida viipymättä.

Tutkimuksen aineistoa analysoitaessa voidaan havaita, että prosessikaavioon on sisällytetty kaikki olennaisimmat haasteita aiheuttavat osa-alueet. Prosessikaavion muoto on pyritty rakentamaan konkreettisesti, jotta aikataulujohtamiseen syvällisemmin perehtymättömät

voivat kehittää omaa aikataulujohtamista tämän tutkimuksen havaintojen kautta. Prosessi-kaavion toimintaa tulee tarkastella kriittisesti käytön ohella ja siihen voi tehdä muutoksia, jolloin siitä myös tulee oiva johtamisen työkalu. Aikataulujohtamisen käytännön tarpeet ja muuttuvan liiketoimintaympäristön muutoksista johtuen mitkään työkalut eivät ole pitkäaikaisia, jos niitä ei voi mukauttaa uudelleen liiketoiminnan kohdatessa muutoksia.

Tutkimuksen avainsanomana voidaan pitää aikataulujohtamisen suurta merkitystä rakennusprojektin kokonaisuuden johtamisessa. Poikkeuksetta haastateltavien ja kirjallisuuden sisällön perusteella aikatauluhallinnan ja -johtamisen kohdatessa puutteita, aiheutuu siitä vakavaa riskiä ja kumuloituvia kustannuksia rakennusprojekteilla ja jopa koko yrityksen tasolla. Aikataulujohtaminen tulee korostumaan tulevaisuudessa entisestään, sillä rakennusprojektit muuttuvat aina vain haastavammiksi – niin sisällöltään kuin ympäristöltäänkin. Rakennushankkeiden tulevaisuus näyttäytyy tähän hetkeen haastavalta ja intensiiviseltä, mutta silti sen toiminnan tehokkuuteen on uskomisen uusien lähestymiskulmien ja käytäntöjen kautta. Rakennusalan toiminnassa varamana voidaan pitää ainoastaan sitä, että mikä tänään toimii, ei toimi enää 50 vuoden päästä. Alan yritysten ja toimijoiden tulee olla valmiita muutokseen ja sopeutua siihen mahdollisimman nopeasti.

Lähteet

- Adaloudis, M. & Bonnin Roca, J. 2021. Sustainability tradeoffs in the adoption of 3D Concrete Printing in the construction industry. *Journal of cleaner production*, 2021, Vol.307, p.127201.
- Annamalai, S., Vinoth Kumar, H. & Bagathsingh, N. 2020. Analysis of lean manufacturing layout in a textile industry. *Mater. Today: Proc.* 33, 3486–3490.
- Ajslev, J., Møller, J., Persson, R. & Andersen, L. 2017. Trading health for money: agential struggles in the (re)configuration of subjectivity, the body and pain among construction workers. *Work, employment and society*, 2017, Vol.31 (6), p.887-903.
- Alaghbari, W., Kadir, M.R., Salim, A. & Ernawaty, E. 2007. The significant factors causing delay of building construction projects in Malaysia. *Engineering, construction and architectural management*, 14, 192–206.
- Alas, R., Kraus, A. & Niglas, K. 2009. Manufacturing strategies and choices in culture contexts. *Journal of Business Economics and Management* 10(4): 279–289.
- Albuquerque, F., Torres, A.S. & Berssaneti, F.T. 2020. Lean product development and agile project management in the construction industry. *Revista de gestão*, 2020, Vol.27 (2), p.135-151.
- Alves, T.C.L., Liu, M., Scala, N.M. & Javanmardi, A. 2020. Schedules and Schedulers: A Study in the U.S. Construction Industry. *Engineering management journal*, 2020, Vol.32 (3), p.166-185.
- Alzhanova, G.Z., Aibuldinov, Y.K., Iskakova, Z.B., Khabidolda, S.M., Abdiyussupov, G.G., Omirzak, M.T., Murali, G. & Vatin, N.I. 2022. Development of Environmentally Clean Construction Materials Using Industrial Waste. *Materials*, 2022, Vol.15 (16), p.5726
- Angarita, P. & Gallardo, R. 2018. Study of processes and procedures that affect the success of construction works by construction companies according to the guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide) in the municipality of Ocaña, Norte de Santander. *Journal of physics. Conference series*, 2018, Vol.1126 (1), p.12052.

- Ankrah, N.A. & Langford, D.A. 2005. Architects and contractors: a comparative study of organizational cultures. *Construction Management and Economics*, 23(6), pp.595-607.
- Arantes, A. & Ferreira, L.M. 2020. Underlying causes and mitigation measures of delays in construction projects. *Journal of Financial Management of Property and Construction* Vol. 25 No. 2, 2020 pp. 165-181.
- Arashpour, M., Wakefield, R., Blismas, N. & Lee, E.W.M. 2014. Framework for improving workflow stability: deployment of optimized capacity buffers in a synchronized construction production. *Canadian journal of civil engineering*, 2014, Vol.41 (12), p.995-1004.
- Arndt, V., Rothenbacher, D., Daniel, U., Zschenderlein, B., Schuberth, S. & Brenner, H. 2005. Construction work and risk of occupational disability: a ten year follow up of 14,474 male workers. *Occup Environ Med* 62:559–566.
- Artto, K., Martinsuo, M. & Kujala, J. 2006. *Projektiliiketoiminta. 1.painos.* WSOY Oppimateriaalit Oy, Helsinki.
- Aslam, M., Gao, Z. & Smith, G. 2021. Integrated implementation of Virtual Design and Construction (VDC) and lean project delivery system (LPDS). *Journal of Building Engineering*, 2021, Vol.39, p.102252.
- Assaf, S. & Al-Hejji, S. 2006. Causes of delay in large construction projects. *International journal of project management*, 2006, Vol.24 (4), p.349-357.
- Applebaum, H. 1999. *Construction Workers U.S.A.* London: Greenwood Press.
- Athayde, W.P., Elswick, R., Lombard, P. & Crawford, D.B. 2013. *Project Management Essentials: A Quick and Easy Guide to the Most Important Concepts and Best Practices for Managing Your Projects Right.* 3rd edition. West Chester: Maven House.
- Azhar, S., Khalfan, M. & Maqsood, T. 2015. Building information modelling (BIM): now and beyond. *Construction economics and building*, 2015, Vol.12 (4), p.15-28.
- Babalola, O., Ibem, E.O. & Ezema, I.C. 2019. Implementation of lean practices in the construction industry: A systematic review. *Building and environment*, 2019, Vol.148, p.34-43.
- Bajomo, M., Ogbeyemi, A. & Zhang, W. 2022. A systems dynamics approach to the management of material procurement for Engineering, Procurement and Construction industry. *International journal of production economics*, 2022, Vol.244, p.108390.

- Ballard, G. 2000a. Lean project delivery system, White paper 8, pp. 1-6. Luettu: 1.3.2020 sooitteesta: <http://p2sl.berkeley.edu/wp-content/uploads/2016/03/W008-Ballard-2000-Lean-Project-Delivery-System-LPDS-LCI-White-Paper-8-rev-1.pdf>.
- Ballard, G. 2000b. The Last Planner System of Production Control. Doctoral Dissertation, Faculty of Engineering. University of Birmingham.
- Ballesteros-Pérez, P., Smith, S.T., Lloyd-Papworth, J.G. & Cooke, P. 2018. Incorporating the effect of weather in construction scheduling and management with sine wave curves: application in the United Kingdom. *Construction management and economics*, 2018, Vol.36 (12), p.666-682.
- Bašková, R. & Kyjaková, L. 2013. Parametrizácia konštrukčných riešení stavby pri uplatnení moderných metód výstavby In: *Multi-dimenzionálne prístupy podporujúce integrované navrhovanie a riadenie stavebných projektov*.
- Bennett, D., Barrett, A. & Helmich, E. 2019. How to...analyse qualitative data in different ways. *The clinical teacher*, 2019, Vol.16 (1), p.7-12.
- Bergman, M.U. 2008. Finnish and Swedish business cycles in a global context. *International economics and economic policy*, 2008, Vol.5 (1-2), p.49-69.
- Berkun, S. 2006. *Projektinhallinnan taito*. 1.painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Boschman, J.S., Van der Molen, H.F., Frings-sen, M.H.W. & Sluiter, J.K. 2012. The impact of common mental disorders on work ability in mentally and physically demanding construction work. *International archives of occupational and environmental health*, 2014, Vol.87 (1), p.51-59.
- Bragadin, M.A. & Kähkönen, K. 2016. Schedule Health Assessment of Construction Projects. *Construction Management and Economics*, n. 34:12, pp. 875-897.
- Bragadin, M.A. & Kähkönen, K. 2020. Schedule quality evaluation for Construction Project Management. *Techne* (Florence, Italy: 2011), 2020 (20).
- Bryman, A. 1992. Quantitative and qualitative research: further reflections on their integration', in J. Brannen (ed.), *Mixing Methods: Quantitative and Qualitative Research*. Aldershot: Avebury, pp. 57-80.

- Cai, J., Li, X., Liu, L., Chen, Y., Wang, X. & Lu, S. 2021. Coupling and coordinated development of new urbanization and agro-ecological environment in China. *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V, Vol. 776, p. 145837.
- Carter, P. 2011. 7 wastes. Luettu: 28.2.2023 osoitteesta: <http://cisystem-ltd.blogspot.com/2011/03/7-wastes-transportation.html>
- Chanmeka, A., Thomas, S., Caldas, C. & Mulva, S. 2012. Assessing key factors impacting the performance and productivity of oil and gas projects in Alberta. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 39(3): 259-270.
- Cheung, S.O., Wong, P.S.P & Lam, A.L. 2011. An investigation of the relationship between organizational culture and the performance of construction organizations. *Journal of business economics and management*, 2012, Vol.13 (4), p.688-704.
- Chou, J.S. & Yang, J.G. 2012. Project Management Knowledge and Effects on Construction Project Outcomes: An Empirical Study. *Project management journal*, 2012, Vol.43 (5), p.47-67.
- Čiarnienė, R. & Vienažindienė, M. 2012. *Lean Manufacturing: Theory And Practice*. *Ekonomika ir vadyba (Kauno technologijos universitetas)*, 2012, Vol.17 (2).
- CIOB. 2018. *Guide to Good Practice in the Management of Time in Major Projects: Dynamic Time Modelling*. 2nd edition. Newark: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Coble, L.K. 2018. *Communicating the Project Schedule and Change Management. Collaborative Risk Mitigation Through Construction Planning and Scheduling*, 2018, p.91-110.
- Cohen, L. & Manion, L. 1995. *Research Methods on Education*. 4. Edition. Routledge, London.
- Colim, A., Morgado, R., Carneiro, P., Costa, N., Faria, C., Sousa, N. & Arezes, P. 2021. Lean manufacturing and ergonomics integration: defining productivity and wellbeing indicators in a human-robot workstation. *Sustain. (Switzerland)* 13(4), 1–21.
- Dainty, A., & Loosemore, M. 2013. *Human Resource Management in Construction Projects*: Routledge.
- Dakov, I., Lefterova, T. & Petkova, A. 2010. Layout and production planning of virtual cellular manufacturing systems for mechanical machining. *J. Econ. Asymmetries* 7(1), 43–67.

- Díaz-Reza, J.R., García Alcaraz, J.L. & Morales García, A.S. 2022. *Best Practices in Lean Manufacturing: A Relational Analysis*. Cham: Springer International Publishing AG.
- Demirkesen, S. & Ozorhon, B. 2017. Impact of integration management on construction project management performance. *International journal of project management*, 2017, Vol.35 (8), p.1639-1654.
- Doloi, H. 2013. Cost overruns and failure in project management: Understanding the roles of key stakeholders in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(3), 267–279.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. & Liston, K. 2011. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. 2nd ed., NY: John Wiley and Sons.
- Eskelinen, H. & Karsikas, S. 2014. *Tutkimusmetodiikan perusteet*. 1.painos. Vantaa, Tammermekaniikka.
- Faraji, A., Rashidi, M., Perera, S. & Samali, B. 2022. Applicability-Compatibility Analysis of PMBOK Seventh Edition from the Perspective of the Construction Industry Distinctive Peculiarities. *Buildings (Basel)*, 2022, Vol.12 (2), p.210.
- Förster, H. 1993. *Wissen und Gewissen*. Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main, ISBN: 978-3-518-28476-6.
- Garside, M. 2022. Global cement production 1995-2021. <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/>. Luettu: 17.1.2023
- Gravina da Rocha, C., Korb, S. & Sacks, R. 2022. Work structuring and product design for customized repetitive projects. *Construction management and economics*, 2022, Vol.40 (7-8), p.526-547.
- Groves, R. 2011. Three Eras of Survey Research. *Public opinion quarterly*, 2011, Vol.75 (5), p.861-871.
- Habibi Rad, M., Mojtahedi, M., Ostwald, M.J. & Wilkinson, S. 2022. A Conceptual Framework for Implementing Lean Construction in Infrastructure Recovery Projects. *Buildings (Basel)*, 2022, Vol.12 (3), p.272.
- Hardin, B. 2009. *BIM and Construction Management*, Indianapolis: Wiley Publishing, IN.

- Hardin, B. & McCool, D. 2015. *BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows*. New York: John Wiley & Sons, Incorporated.
- Harinarain, N. & Naicker, P. 2019. Drone usage in the construction industry. *Civil Engineering: Magazine of the South African Institution of Civil Engineering*, 2019, Vol.27 (6), p.24-27.
- Harris, F., McCaffer, R. & Edum-Fotwe, F. 2013. *Modern Construction Management*. 7th edition. Wiley-Blackwell.
- Hasan, A., Baroudi, B., Elmualim, A. & Rameezdeen, R. 2018. Factors affecting construction productivity: a 30-year systematic review. *Engineering, construction, and architectural management*, 2018, Vol.25 (7), p.916-937.
- Heikkilä, T. 2014. *Tilastollinen tutkimus*. Porvoo, Edita.
- Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2000. *Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Helsinki, Yliopistopaino.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. *Tutki ja kirjoita*. 19. p. Helsinki, Tammi.
- Holweg, M. 2007. The Genealogy of Lean Production. *Journal of Operation and Management*, 25(2), 420-437.
- Hulett, D. 2011. *Integrated Cost-Schedule Risk Analysis*. Milton: Routledge.
- Jepson, J., Kirytopoulos, K. & London, K. 2017. Exploring project managers' perception of stress when working in increasingly complex construction projects. *Construction economics and building*, 2017, Vol.17 (3), p.47-67.
- Jick, T.D. 1983. Mixing qualitative and quantitative methods: Tringulation in action. *Administrative Science Quarterly*, vol. 24, no. 4, 1979, pp. 602–11.
- Jin, J. 2013. Application of the Last Planner System in Schedule Management of Construction Projects. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, Vol.438-439 (Civil Engineering, Architecture and Sustainable Infrastructure II), p.1777-1781.
- Kagioglou, M., Cooper, R. & Aouad, G. 2000. Performance management in construction: a conceptual framework. *Construction management and economics*, 2001, Vol.19 (1), p.85-95.

Kaplan, R.S., & Norton, D.P. 2001. The strategy-focused organization, How Balanced Scorecard companies thrive in the new business environment. Harvard Business School, Cambridge, MA, 2001.

Karrbom, G. 2016. Organizing to avoid project overload: The use and risks of narrowing strategies in multi-project practice. *International Journal of Project Management*, 34(1), pp. 94-101.

Kelly, M. 2012. Advantages & Disadvantages of Lean Production. Luettu: 28.2.2023 osoitteesta: http://www.ehow.com/about_5418429_advantages-disadvantages-lean-production.html

Keoki, S.S., Sears, G., Clough, R., Rounds, J. & Segner, R. 2015. *Construction Project Management: a practical guide to field construction management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons. 1 online resource (352 p.)

Kierdorf A, & Hilsdorf, H.K. 2010. Hassler Uta, editor. Was der architekt vom stahlbeton wissen sollte. Zur Geschichte des Bauens mit Beton, Zurich: gta Verlag; 2010. p. 11–52.

Kim, S., Chang, S. & Castro-Lacouture, D. 2020. Dynamic modeling for analyzing impacts of skilled labor shortage on construction project management. *Journal of Management in Engineering*. Vol.36. Issue 1.

Koolhaas, J.M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., de Boer, S.F., Flügge, G., Korte, S.M., Meerlo, P., Murison, R., Olivier, B. Palanza, P., Richter-Levin, G. Sgoifo, A. Steimer, T. Stiedl, O. van Dijk, G., Wöhr, M. and Fuchs, E., 2011. Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 35(5), pp. 1291-1301.

Koskela, L. 1992. Application of the new production philosophy to construction. CIFE Technical Report #72. Stanford University.

Koskela, L. 1999. Management of production in construction: A theoretical view. Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. Berkeley, California, USA.

Koskela, L., Koskenvesa, A. & Sipi, J. 2009. Työmaan toimiva tuotannonohjaus, Opas Last Planner -menetelmään. 2.painos. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

- Koste, O.W., Lehtovuori, P., Neuvonen, A. & Schmidt-Thomé, K. 2020. Miksi Suomen kaupungistuminen jatkuu? Poliittikkapaperi 2020:1. Helsinki.
- Krishnam Raju, P., Ravindra, V. & Susmitha, V. 2021. Influence of wind speed on a Reinforced Concrete tall building. IOP conference series. Materials Science and Engineering, 2021, Vol.1025 (1), p.12030.
- Kropf, P. 2008. What is Lean Manufacturing. Luettu: 28.2.2023 osoitteesta: <http://pkropf.wrytestuff.com/swa290247.htm>
- Kurdve, M., Harlin, U., Hallin, M., Söderlund, C., Berglund, M., Florin, U. & Landström, A. 2019. Designing visual management in manufacturing from a user perspective. Proc. CIRP 84, 886–891.
- Kydland, F.E., Rupert, P. & Šustek, R. 2016. Housing Dynamics Over the Business Cycle. International economic review (Philadelphia), 2016, Vol.57 (4), p.1149-1177.
- Larsson, R. & Rudberg, M. 2019. Impact of weather conditions on in situ concrete wall operations using a Simulation-Based approach. Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 145 No. 7.
- Larsson, R. & Rudberg, M. 2021. Effects of weather conditions on concrete work task productivity – a questionnaire survey. Construction innovation, 2021.
- Latham, M. 1994. Constructing the Team. Joint Review of Procurement and Contractual Arrangements in the United Kingdom Construction Industry.
- Leamer, E. 2014. Housing Really Is the Business Cycle: What Survives the Lessons of 2008-09? Journal of money, credit and banking, 2015, Vol.47 (S1), p.43-50.
- Lee, J. & Diekmann, J. 2011. Delay analysis considering production rate. Canadian Journal of Civil Engineering. 38(4): 361-372.
- Lee, X., Khamidi, M., Kuppusamy, S. & Heng, C. 2017. Client-oriented Building Mass Customization (CoBMC). IOP conference series. Materials Science and Engineering, 2017, Vol.291 (1), p.12011.
- Lehtovaara, J., Seppänen, O., Peltokorpi, A., Kujansuu, P. & Grönvall, M. 2021. How takt production contributes to construction production flow: a theoretical model. Construction Management and Economics, 39:1, 73-95.

- Li, Y. 2018. Research on Construction Projects Cost Management. IOP conference series. Materials Science and Engineering, 2018, Vol.394 (3), p.32057.
- Liker, J.K. 2013. Toyotan tapaan. Helsinki. Readmi.fi.
- Luukka, P. 2019. Yrityskulttuuri on kuningas. 4.painos. Alma Talent Oy. Helsinki.
- Lönnqvist, A., Kujansivu, P. & Antikainen, R. 2006. Suorituskyvyn mittaaminen. Tunnusluvut asiantuntijaorganisaation johtamisvälineenä. 2. painos. Helsinki: Edita Oy.
- Lönnqvist, A. & Mettänen, P. 2003. Suorituskyvyn mittaaminen: Tunnusluvut asiantuntijaorganisaation välineenä. Helsinki: Edita Oy.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132.
- Mahamid, I., Bruland, A., & Dmaid, N. 2012. Causes of delay in road construction projects. Journal of management in engineering, 28, 300–310.
- Marion, J.W. 2018. Project management: a common sense guide to the PMBOK, Part one, Framework and schedule. New York, [New York] (222 East 46th Street, New York, NY 10017): Momentum Press.
- McGeorge, W.D., Zou, P. & Palmer, A. 2013. Construction management new directions. 3rd edition. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Mechtcherine, V., Nerella, V.N., Will, F., Nather, M., Otto, J. & Krause, M., 2019. Large-scale digital concrete construction – CONPrint3D concept for on-site, monolithic 3D- printing. Autom. ConStruct. 107, 102933.
- Meer, R., Amrani, N. & Finke, C. 20220. Cement report. <https://www.iea.org/reports/cement>. Luettu: 17.1.2023.
- Meng, F., Yu, S., Xue, J. & Sharma, K. 2022. Construction Schedule Management System for Large-Scale Construction Projects Based on Multisensor Network. Computational intelligence and neuroscience, 2022, Vol.2022, p.1–10.
- Meng, L. 2015. Linkage studies of China's urbanization and construction industry. International Conference on Intelligent Control and Information Processing. Wuhan, IEEE, pp. 522-526.

Mesároš, P. & Mandiák, T. 2015. Factors affecting the use of modern methods and materials in construction. IOP conference series. Materials Science and Engineering, 2015, Vol.71 (1), p.12053.

Methodik. 1986. Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. (Methodology for developing and designing technical systems and products). Richtlinie VDI 2221. VDI-Verlag, Düsseldorf., 35 pp.

Metsämuuronen, J. 2006. Laadullisen tutkimuksen käsikirja. 1.laitos, 1.painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Moisio, S. 2017. Suomen aluekehityksen pitkällä linjalla: Näkökulmia menneeseen ja tulevaan. Seminaariesitys: <https://tem.fi/documents/1410877/5660603/Moisio+Sami>. <https://tem.fi/documents/1410877/5660603/Moisio+Sami>

Myerson, P. 2012. Lean supply chain & logistics management. United State of America. The McGraw-Hill Companies.

Moosavi, S.F. & Moselhi, O. 2014. Review of Detailed Schedules in Building Construction, Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction. Vol.6 (3).

Mulugeta, L. 2020. Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company. Paper presented at the Materials Today: Proceedings.

Muneeswaran, G., Manoharan, P., Awoyera, P.O. & Adesina, A. 2020. A statistical approach to assess the schedule delays and risks in Indian construction industry. International Journal of construction management, 2020, Vol.20 (5), p.450–461.

Mäki, T. 2021. “Se on ihmisten kanssa tehtävää työtä”. Väitöskirja. Helsingin yliopiston kasvatustieteellinen tiedekunta. Helsinki.

Nepal, M.P., Park, M. & Son, B. 2006. Effects of Schedule Pressure on Construction Performance. Journal of construction engineering and management, 2006, Vol.132 (2), p.182-188.

Neyman, J. 1934. On the Two Different Aspects of the Representative Method: The Method of Stratified Sampling and the Method of Purposive Selection. Journal of the Royal Statistical Society 97(4):558–625.

- Othman, I., Napiah, M. & Potty, N. S. 2014. Resource Management in Construction Project. *Applied Mechanics and Materials*, 2014, Vol.567 (Structural, Environmental, Coastal and Offshore Engineering), p.607-612.
- Palange, A. & Dhattrak, P. 2021. Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Mater. Today: Proc.*
- Pekuri, A., Haapasalo, H. & Herrala, M. 2011. Productivity and Performance Management – Managerial Practices in the Construction Industry. *International Journal of Performance Measurement*, 2011, Vol.1, 39-58.
- Pelin, R. 2008. *Projektihallinnan käsikirja*. 5. painos. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Prada Echevarría, L., Chinchay-Grados, J., Maradiegue-Tuesta, F. & Raymundo, C. 2021. Production control model using lean manufacturing tools and kanban/CONWIP systems to improve productivity in the process of sand casting in a heavy metalworking SME. In: Vol. 201. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, pp. 439–447.
- Prelec, D. & Loewenstein, G. 1998. The Red and the Black: Mental Accounting of Savings and Debt. *Marketing Science* 17(1): 4-28.
- Project Management Institute, Inc. 2016. *Construction Extension to the PMBOK® Guide*. 1st edition. Newtown Square, Pennsylvania.
- Qazi, A., Quigley, J., Dickson, A. and Kirytopoulos, K. 2016. Project Complexity and Risk Management (ProCRiM): Towards modelling project complexity driven risk paths in construction projects. *International Journal of Project Management*, 34(7), pp. 1183-98.
- Radosavljevic, M. & Bennett, J. 2012. *Construction management strategies a theory of construction management*. Chichester, West Sussex, U.K. : Wiley-Blackwell.
- Rahman, N.A.A., Sharif, S.M. & Esa, M.M. 2013. Lean manufacturing case study with Kanban system implementation. *Proc. Econ. Financ.* 7, 174–180.
- Ramanathan, C., Narayanan, S.P. & Idrus, A. 2012. Construction Delays Causing Risks on Time and Cost - a Critical Review. *Construction economics and building*, 2012, Vol.12 (1), p.37-57.
- Ratu. 2011. *Rakennushankkeen ajallinen suunnittelu ja ohjaus*. Rakennustieto Oy. Tammerprint Oy. Tampere.

- Ratu. 2016. Aikataulukirja. Rakennustietosäätiö RTS. Rakennustieto Oy, Helsinki. 13.painos. Tammerprint Oy. Tampere.
- Rawabdeh, I.A. 2005. A Model for the Assessment of Waste in Job Shop Environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800-822.
- Rehunen, A., Ristimäki, M., Strandell, A., Tiitu, M. & Helminen, V. 2018. Katsaus yhdyskuntarakenteen kehitykseen Suomessa 1990–2016. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 13 / 2018.
- Richard, R.B. 2006. Industrialized, flexible and demountable building systems: Quality, economy and sustainability. School of Architecture, Université de Montréal, Montreal (Quebec) Canada.
- Ritchie, H. 2020. Global greenhouse gas emissions by sector. Climate Watch, the World Resources Institute. <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>. Luettu: 17.1.2023
- Robson, C. 1995. Real world research. A resource for social scientists and practitioner-researchers. 5.painos. Oxford, Blackwell.
- Sanz-Valle, R., Naranjo-Valencia, J.C., Jiménez-Jiménez, D. & Perez-Caballero, L. 2011. Linking organizational learning with technical innovation and organizational culture. *Journal of Knowledge Management*, 15(6), pp.997-1015.
- Sarhan, J.G., Xia, B., Fawzia, S. & Karim, A. 2017. Lean construction implementation in the Saudi Arabian construction industry. *Construction economics and building*, 2017, Vol.17 (1), p.46-69.
- Savinainen, M., Uusitalo, H., Merivirta, M.L, Nyberg, M. & Toivio, P. 2012. Rakennustuotannon työnjohdon työ ja työkyky 2011. Tampere: Työterveyslaitos.
- Senff, L., Hotza, D. & Labrincha, J.A. 2011. Effect of Red Mud Addition on the Rheological Behaviour and on Hardened State Characteristics of Cement Mortars. *Constr. Build. Mater.* 25, 163–170.
- Singh, S., Dixit, S., Sahai, S., Sao, A., Kalonia, Y. & Subramanya Kumar, R. 2018. Key benefits of adopting lean manufacturing principles in Indian construction industry. Paper presented at the MATEC Web of Conferences.

- Sim, K.L. & Rogers, J.W. 2009. Implementing Lean Production Systems Barriers to Change. *Management Research News*, 32(1), 37-49.
- Styhre, A. 2006. The Bureaucratization of the project manager function: the case of the construction industry. *International Journal of Project Management*. 24, 271-276.
- Syrjälä, L. 1994. Tapaustutkimus opettajan ja tutkijan työvälteenä. Kirjapaino Westpoint Oy, Rauma.
- Tamminen, S. 2021. Laskutuksesta tietomalleihin. Rakennusalan diplomi-insinöörit ja rakentamisen kehitys 1960- luvulta 2020- luvulle. Meedia Zone OÜ, Viro.
- Tangen, S. 2005. Demystifying productivity and performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*. Vol.54 (1), p.35-46.
- Teräväinen, V., Junnonen, J.M. & Ali-Löytty, S. 2018. Organizational Culture: Case of the Finnish Construction Industry. *Construction Economics and Building*, 18:1, 48-69.
- Tims, A. 2019. Call for action to stop buyers paying price for new-build delays. *The Guardian*. https://www.theguardian.com/money/2019/jun/23/new-build-homes-buy-delay-bill-developers?_ga=2.28659455.2124242133.1675008178-35728829.1675008178. Luettu: 29.1.2022.
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2013. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 10. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Türkakın, O.H., Manisalı, E. & Arditi, D. 2020. Delay analysis in construction projects with no updated work schedules. *Engineering, construction, and architectural management*, 2020, Vol.27 (10), p.2893-2909.
- Uusitalo, H. 1991. Tiede, tutkimus ja tutkielma: johdatus tutkielman maailmaan. WSOY, Porvoo.
- Vilkka, H. 2006. Tutki ja havainnoi. 1.–2. p. Gummerus Kirjapaino Oy, Vaajakoski.
- Vilkka, H. 2021. Tutki ja kehitä. 5., päivitetty painos. Otava Kirjapaino Oy, Keuruu.
- Wang, B., Cheng, J. & Zhang, X.H. 2012. Analysis of New Construction Materials and its Development. *Applied Mechanics and Materials*, 2012, Vol.204-208, p.4119-4123.

- Welch, L.S. 2009. Improving work ability in construction workers - let's get to work. *Scand J Work Environ Health* 35:321–324
- Weng, Y., Li, M., Ruan, S., Wong, T.N., Tan, M.J., Yeong, K. & Qian, S. 2020. Comparative economic, environmental and productivity assessment of a concrete bathroom unit fabricated through 3D printing and a precast approach. *Journal of Cleaner Production*. 261, 121245.
- Womack, J.P. & Jones, D.T. 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Simon & Schuster.
- Womack, J.P., Jones, D.T. & Roos, D. 2007. *The machine that changed the world*. New York: Free Press.
- Wood, J.L. 2012. Disadvantages of Lean Manufacturing. Luettu: 28.2.2023 osoitteesta: http://www.ehow.com/list_6025715_disadvantages-lean-manufacturing.html#ixzz1nf9nyHmv.
- Yaghootkar, K. & Gil, N. 2012. The effects of schedule-driven project management in multi-project environments. *International journal of project management*, 2012, Vol.30 (1), p.127-140.
- Zhang, S., Li, Z., Ning, X. & Li, L. 2021. Gauging the impacts of urbanization on CO2 emissions from the construction industry: evidence from China. *Journal of Environmental Management*, Elsevier, Vol. 288 January, p. 112440.
- Zhang, W. & Wang, M.Y. 2018. Spatial-temporal characteristics and determinants of land urbanization quality in China: evidence from 285 prefecture-level cities, *Sustainable Cities and Society*, Elsevier, Vol. 38 December 2017, pp. 70-79.
- Zuo, J. & Zillante, G. 2005. Project culture within construction projects: a literature review. In *IGLC13*. pp.353-61.

Case-YIT aikataulujohtaminen

Taustatiedot:

Toimenkuva:

Vastuualue:

Kokemus alalta:

Teema 1: Aikataulujen johtamisen merkitys työmaan kokonaismenestyksen kannalta.

Merkitys: Mikä mielestäsi on aikataulujen johtamisen merkitys rakennusprojektin kokonaismenestyksen kannalta?

Nykytila: Kuinka tärkeää yritykselle aikataulun hallinta on? Miksi se on näin? Pitääkö sen aina olla näin?

Tavoitetila: Mihin yritys pyrkii aikataulujen hallinnalla? Mitkä ovat pyrkimyksen hyvät puolet? Entä haitat?

Kvantitatiivinen: Tutkimusten mukaan rakennusalan tuottavuuteen negatiivisesti eniten vaikuttavat: materiaalien saatavuuspuutteet, puutteet projektin hallinnassa, osaavan työvoiman puute, huonot sääolosuhteet, puutteellinen viestintä, hankkeen huono koordinaatio, puutteellinen rakennussuunnittelu (virheet suunnitelmissa, suunnitelmien valmistuminen myöhässä), työvaiheiden työstäminen useaan kertaan ja epäonnistunut muutosten hallinta. Laita puutteet oman toimenkuvasi perusteella merkittävyys järjestykseen tärkeimmästä alkaen.

Teema 2: Rakennustyömaiden aikataulujen johtamisen haasteet ja suurimmat mahdollisuudet.

Nykytila: Mitkä tekijät rakennusprojektilla aiheuttavat eniten viivästyksiä? Miten yrityksessä aikataulujen hallinnalla varmistetaan yksittäisten projektien läpimeno toivotulla tavalla? Mikä niissä aiheuttaa eniten haasteita? Missä osa-alueessa olisi eniten parannettavaa?

Liite 1. Haastattelurunko

Tavoiteta: Mihin yrityksen aikataulujohtamisen käytäntöön toivoisit muutosta? Miksi juuri tämä? Mikä siinä on mielestäsi puutteellista?

Kvantitatiivinen: Kuinka suuressa merkityksessä pidät rakennusprojektin aikataulun hallintaa? Laita seuraavat kirjallisuuden perusteella merkittäväksi havaitut projektijohtamisen osa-alueet tärkeysjärjestykseen: aikataulun hallinta; kustannusten hallinta; laadunhallinta; resurssien hallinta; viestinnän hallinta; riskienhallinta; hankintojen hallinta; sidosryhmien hallinta; terveyden, turvallisuuden, vaarattomuuden ja ympäristön hallinta.

Teema 3: Parhaat menetelmät työmaan aikataulujohtamisessa.

Nykytila: Mitkä yrityksen käytössä olevista aikataulujohtamisen menetelmistä ovat merkittävimpiä ja hyödyllisimpiä? Onko näistä jokin merkittävämpi jollekin tietylle sidosryhmälle?

Tavoiteta: Millaiseksi toivoisit yrityksen aikataulujohtamisen muuttuvan tulevaisuudessa? Mitä haasteita näet tälle muutokselle? Mitä niille voisi tehdä?

Kvantitatiivinen: Mainitse kolme parasta aikataulujenhallinnan menetelmää parhaasta alkaen.