

Lauri Suutarinen

**RAKENNUSLIIKKEEN ORGANISOITUMIS- JA JOHTAMISMALLI TUOTANNON
JATKUVAN VIRTAKSEN NÄKÖKULMASTA**

**RAKENNUSLIIKKEEN ORGANISOITUMIS- JA JOHTAMISMALLI TUOTANNON
JATKUVAN VIRTAUKSEN NÄKÖKULMASTA**

Lauri Suutarinen
Opinnäytetyö
Kevät 2023
Lean-johtaminen, YAMK
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Lean-johtaminen

Tekijä(t): Lauri Suutarinen

Opinnäytetyön nimi: Rakennusliikkeen organisointi- ja johtamismalli tuotannon jatkuvan virtauksen näkökulmasta

Työn ohjaaja(t): Matti Rahko (OAMK) & Enni Laine (Fira Rakennus Oy)

Työn valmistusluku- ja -vuosi: maaliskuu 2023

Sivumäärä: 64 +3 liitettä

Kotimaisessa rakennustuotannossa tuottavan työn osuuden on mitattu olevan ainoastaan noin 30 % työajasta. Rakennusalalla arvoa tuottavan työn osuus on teknologisesta murroksesta huolimatta pitäytynyt suurin piirtein samalla tasolla aina vuodesta 1975. Leanista voi olla apua kauan piinanneeseen tuottavuusongelmaan, ja se onkin viime vuosina esiintynyt kasvavana trendinä suomalaisessa rakennuskentässä.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa ja kuvata toimeksiantajan sekä sen keskeisimpien sidosryhmien nykyiset organisointi- ja johtamismallit, tarkastella kartoitettuja malleja tehokkaan virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista. Tulosten pohjalta laadittiin uudelleenorganisointiehdotuksia, jotka tukivat tuotannon virtauksen tehostamista ja toiminnan jatkuvaa parantamista.

Tutkimuksen tavoitteita lähestyttiin kolmen tutkimuskysymyksen kautta:

1. Miten toimeksiantajayritys, toimittajaverkostot ja virtauksen kannalta keskeisimmät sidosryhmät ovat organisointineet ja mitkä ovat osapuolten tehtävät ja vastuut?
2. Mitä ongelmakohtia nykyisessä organisointi- ja johtamismallissa on havaittavissa tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista?
3. Miten toimeksiantajayrityksen tulisi uudistaa organisointiaan tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen kehittämiseksi?

Opinnäytetyö toteutettiin pääosin kvalitatiivisen tutkimuksen strategisia suuntaviivoja noudattaen, jossa tiedonkeruu tapahtui teemahaastatteluin.

Jatkuvan portfoliovirtauksen aikaansaaminen edellyttää hyvää prosessivirtausta ja työnvirtauksen toissijaistamista. Resurssitehokkuuden sijaan tulisi keskittyä määrittämään kunkin tekijän vastuut ja tehtävät siten, että tuote valmistuu suunnitellussa aikataulussa ilman hukkaa. Tehtävien ja vastuiden määrittämisen perustana tulee olla asiakastarpeet sekä prosessin sisäiset asiakkaat. Fira Rakennus Oy:n asuntorakentamisen linjan toiminnassa on portfoliovirtauksen näkökulmasta paljon hyviä toimintatapoja. Virtausajattelun voidaan sanoa olevan teollisuudenala huomioiden suhteellisen pitkälle vietyä.

Suurella osalla hankkeen sisäisiä prosesseja on mahdollisuus jatkuvalla parantamisella. Suurimmaksi ongelmaksi muodostuu kuitenkin projektiomainen ajattelutapa, jossa hankeorganisaatio muuttuu aina projektin vaihduttua. Organisaation pidempiaikaisella sitoutumisella voitaisiin estää useita jatkuvan parantamisen sudenkuoppia.

Asiasanat: lean, projektiorganisaatio, tuotannon virtaus, portfoliovirtaus, asuinrakentaminen

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Engineering, Option of Lean management

Author(s): Lauri Suutarinen

Title of thesis: Continuous Flow Oriented Organization and Management Model in Construction

Supervisor(s): Matti Rahko (OAMK) & Enni Laine (Fira Rakennus Oy)

Term and year when the thesis was submitted: March 2023

Number of pages: 64 +3 appendices

According to Statistics Finland productivity in Finnish construction sector has stumbled at the same rate for the last 30 years. Lean production could be a part of the solution to fix this productivity problem.

The aims of this thesis were to describe the current organization and management models of the client enterprise and its key stakeholders and then review these models from the perspectives of production flow and the ideology of continuous improvements. Based on the review the proposals for the remodeled organization models were composed and introduced.

The aims of the thesis were approached due three research questions:

1. What are the current roles and responsibilities of the stakeholders?
2. What are the barriers of continuous flow and continuous improvements built by the current model?
3. How client enterprise should renew their organization model to improve continuous flow and enable continuous improvements?

The research was executed as a qualitative study where data was collected due theme interviews.

Prioritizing the process flow over work flow is demanded when reaching the continuous portfolio flow. In exchange for resource efficiency the main focus should be added on responsibilities and tasks of the executer aiming to finished product in planned schedule and without waste. Clients' needs should steer the definition of tasks and responsibilities. What comes to portfolio flow, Fira Rakennus Oy has a lot of good practices. The flow-thinking in the company is comparatively mature regarding the field of operations.

In many processes the continuous improvements are possible. However, the main barrier seemed to be the project-thinking where production organization changes in between the sequential projects. Long term commitment of the whole organization could save from the many future problems.

Keywords: lean construction, project organization, production flow, portfolio flow

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	TEOREETTINEN TAUSTA.....	9
2.1	Lean-yrityksen johtaminen ja organisoituminen.....	9
2.2	Tuotannon virtaus rakennusteollisuudessa	13
2.2.1	Prosessivirtaus (eng. <i>process/location flow</i>)	14
2.2.2	Työnvirtaus (eng. <i>operation/trade flow</i>).....	15
2.2.3	Portfoliovirtaus (eng. <i>portfolio flow</i>).....	15
2.3	Pullonkaula-ajattelu	16
2.4	Hukka	17
2.5	Pienerä tuotanto rakennusteollisuudessa.....	19
2.6	Standardoitu työ ja tuotannon tasapainottaminen	21
2.7	Imuohjaus ja Just-in-time.....	22
2.8	Tahtiaikajohtaminen	24
3	TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT	27
3.1	Tutkimusmenetelmät	27
3.2	Tiedonkeruu	28
3.3	Aineiston käsittely ja analysointi	29
4	TULOKSET.....	30
4.1	Asiakasarvon määrittäminen	30
4.2	Porttimalli.....	33
4.3	Portfolioarvovirta	34
4.4	Avainorganisaatio ja vaaditut kompetenssit projektin eri vaiheissa	37
4.4.1	Tarjouspyynnön käsittely ja mahdollisuusanalyysi	38
4.4.2	Rakennuttamisen tehtävät	39
4.4.3	Toteutussuunnittelu.....	39
4.4.4	Rakentaminen.....	40
4.5	Työmaaorganisaation sopimussuhteet ja komentoketju	41
4.6	Virtauksen tehostaminen.....	45
4.6.1	Pois resurssitehokkuuskeskeisyydestä	45
4.6.2	Tehtävien ja vastualueiden määrittäminen.....	47
4.6.3	Työvaiheiden vakioiminen.....	49

4.6.4	Rakentamisvaiheen tehdasmalli	52
4.6.5	Projektijuna	52
4.6.6	Aloitusedellytysten varmistaminen	53
4.6.7	Uudelleenorganisointiehdotukset	54
4.7	Jatkotutkimustarpeet	57
5	POHDINTA	59
	LÄHTEET	61
	LIITTEET	65
	HAASTATTELURUNKO 1: RAKENTAMINEN LIITE 1.....	66
	HAASTATTELURUNKO 2: HANKEKEHITYS LIITE 2	71
	HAASTATTELURUNKO 3: CASE-ESIMERKKI LIITE 3.....	74

1 JOHDANTO

Kotimaisessa rakennustuotannossa tuottavan työn osuuden on mitattu olevan ainoastaan noin 30 % työajasta. Rakennusalalla arvoa tuottavan työn osuus on teknologisesta murroksesta huolimatta pitäytynyt suurin piirtein samalla tasolla aina vuodesta 1975. Muilla teollisuudenaloilla, kuten tehdas- ja metsäteollisuudessa, tuottavuuden kasvu on sitä vastoin ollut huomattavaa. (Lohilahti, 2017.) Leanista voi olla apua kauan piinanneeseen tuottavuusongelmaan, ja se onkin viime vuosina esiintynyt kasvavana trendinä suomalaisessa rakennuskentässä.

Tukeeko rakennusliikkeiden nykyiset organisoitumismallit lean-ajattelua ja -toimintatapoja? Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan yrityksen organisoitumista kahden lean-osa-alueen – tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen – näkökulmista.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Fira Rakennus Oy (jäljempänä *Fira*) ja sen asuntorakentamisen toimilinja. Tutkimuksen tavoitteena on kartoittaa ja kuvata toimeksiantajan sekä sen keskeisimpien sidosryhmien nykyiset organisoitumis- ja johtamismallit, tarkastella kartoitettuja malleja tehokkaan virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista sekä laatia tulosten pohjalta uudelleenorganisoitumisehdotuksia, jotka tukevat tuotannon virtauksen tehostamista ja toiminnan jatkuvaa parantamista.

Tutkimuksen tavoitteita lähestytään kolmen tutkimuskysymyksen kautta:

1. Miten toimeksiantajaryitys, toimittajaverkostot ja virtauksen kannalta keskeisimmät sidosryhmät ovat organisoituneet ja mitkä ovat osapuolten tehtävät ja vastuut?
2. Mitä ongelmakohtia nykyisessä organisoitumis- ja johtamismallissa on havaittavissa tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista?
3. Miten toimeksiantajaryityksen tulisi uudistaa organisoitumistaan tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen kehittämiseksi?

Opinnäytetyön tutkimuskohteena on Firan asuntorakentamisen yksikkö. Tutkimusta rajoittavat tekijät kuten sidosryhmien väliset sopimukset, urakkarajat, -ajat, resurssit ja ansaintamallit oletetaan joustaviksi. Opinnäytetyö ei ota kantaa tietotekniisiin valmiuksiin ja ratkaisuihin vaan olettaa, että viestintä- ja datankeruujärjestelmät ovat moderneja ja toimivia. Toimittajaverkoston osalta tarkas-

tellaan jo suhteellisen standardoitavissa olevia kokonaisuuksia, kuten runko-, sisä- ja luovutusvaiheen töitä. Opinnäytetyössä tarkastellaan projekteja, joiden urakkamuodot ovat joko tavanomaisia rakennusurakoita (eng. *design-bit-build*) tai KVR-urakoita, projektinjohtourakat ja allianssimallit on rajattu tarkastelun ulkopuolelle.

Tutkimus toteutetaan kvalitatiivisena tutkimuksena, jossa aineistoa kerätään tutkimuskysymyksestä riippuen toimeksiantajayrityksen rakennusprojekteilta, kirjallisuudesta tai asiantuntijahaastatteluista. Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen haetaan vastauksia haastattelujen sekä toimeksiantajayrityksen projekteilta kerätyn datan pohjalta. Toiseen ja kolmanteen tutkimuskysymykseen pyritään vastaamaan kirjallisuudesta ja teemahaastatteluista kerätyn datan perusteella. Haastateltaviksi asiantuntijoiksi valitaan henkilöitä, joilla on kokoemusta tehokkaan virtauksen rakennuskohteista tai toimialasta riippumatonta asiantuntemusta leanista ja tahtituotannosta.

2 TEOREETTINEN TAUSTA

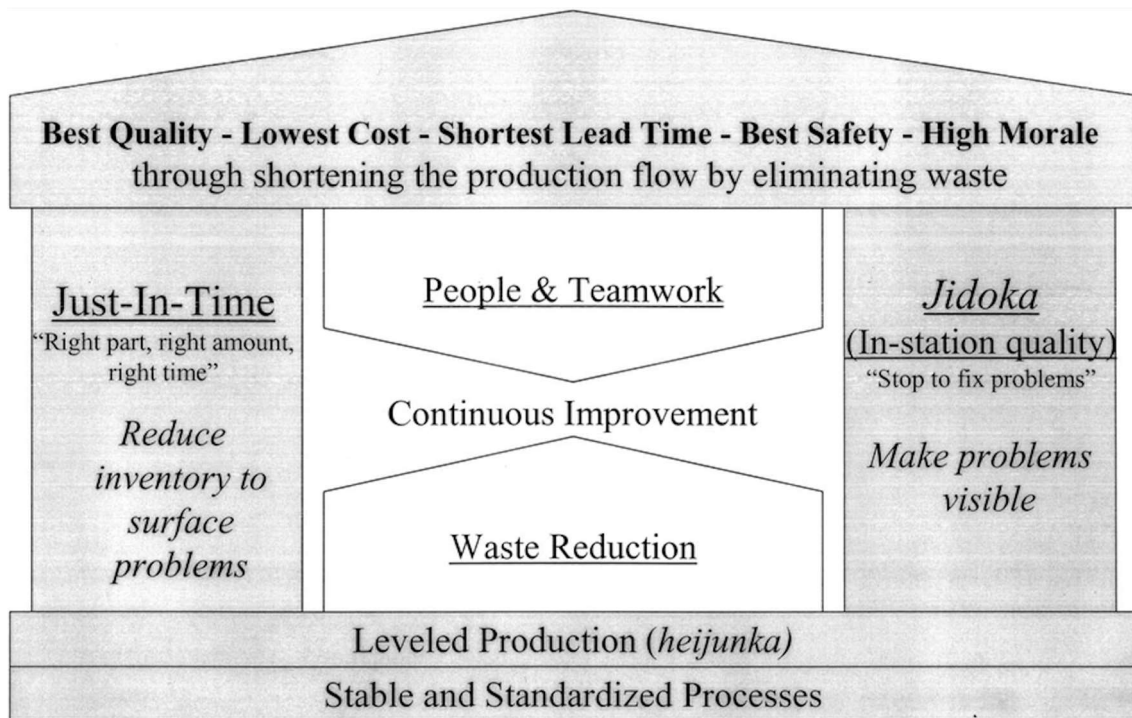
Tässä luvussa tarkastellaan aiheeseen liittyvää aiempaa tutkimusta ja kirjallisuutta. Luvun tarkoituksena on tarjota lukijalle tutkimuksen kannalta riittävä ymmärrys lean-teorioista ja -toimintatavoista. Teoreettinen tausta toimii perustana tutkimuksen tuloksille.

2.1 Lean-yrityksen johtaminen ja organisoituminen

Itseen ”leaniksi” tituleeraavan yrityksen perimmäisinä tavoitteina on tuottaa asiakkailleen arvoa. Lean-yrityksessä asiakkaan määrittämä arvo realisoituu jatkuvasti virtaavassa ja imuohjatussa tuotantoketjussa, jonka prosessit ovat jatkuvassa kehityksessä yrityksen pyrkiessä kohti täydellisesti virtaavaa, hukatonta toimintaa. (Gisi, 2018.) Edellä kuvatun kaltainen yritystoiminta seuraa Womack & Jonesin (1996) viittä lean-periaatetta: (1) arvon määrittäminen, (2) arvovirran kartoitus, (3) virtauksen luominen, (4) imuohjattu tuotantosysteemi ja (5) täydellisyyden tavoittelu.

Lean-ajattelua on vuosien ajan visualisoitu talo muodossa. Talo symboloi kokonaisuutta, joka pysyy kasassa vain, kun sen kaikki rakenteet ovat ehjiä ja toimivia. Lean on siis kokonaisuus, joka koostuu useista eri elementeistä, eikä toteutuakseen salli yhdenkään elementin sivuuttamista. Toimiva lean-kokonaisuus käsittää niin filosofian, toimintatavat kuin työkalutkin. (Liker, 2004; Shingo, 1989; Sanchez & Perez, 2000; Rea, 2001; Meier, 2001.) Käytäntö on osoittanut, ettei lean-implemointi useimmiten onnistu, jos käytetään vain muutamaa mainittua työkalua – on huomioitava koko kokonaisuus (Koenigsaecker, 2000).

Lean-talo koostuu tavallisimmin perustuksista, pilareista ja katosta, jotka kukin edustavat yhtä tai useampaa leanille ominaista osa-aluetta. Lähteestä riippuen nämä osa-alueet ja niiden sijainnit lean-talossa vaihtelevat. Osa-alueiden sijoittelussa vaikuttaa olevan kuitenkin selkeä logiikka – ensin on rakennettava perustukset, sitten pilarit, ja vasta sen jälkeen on mahdollisuus nostaa talo harjakorkeuteen. Alla on esitetty Jeffrey Likerin ja James Morganin (2006) versio Toyota Production System -talosta artikkelissa *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development* (kuva 1).



KUVA 1: Lean/Toyota Production System -talo (Liker & Morgan, 2006).

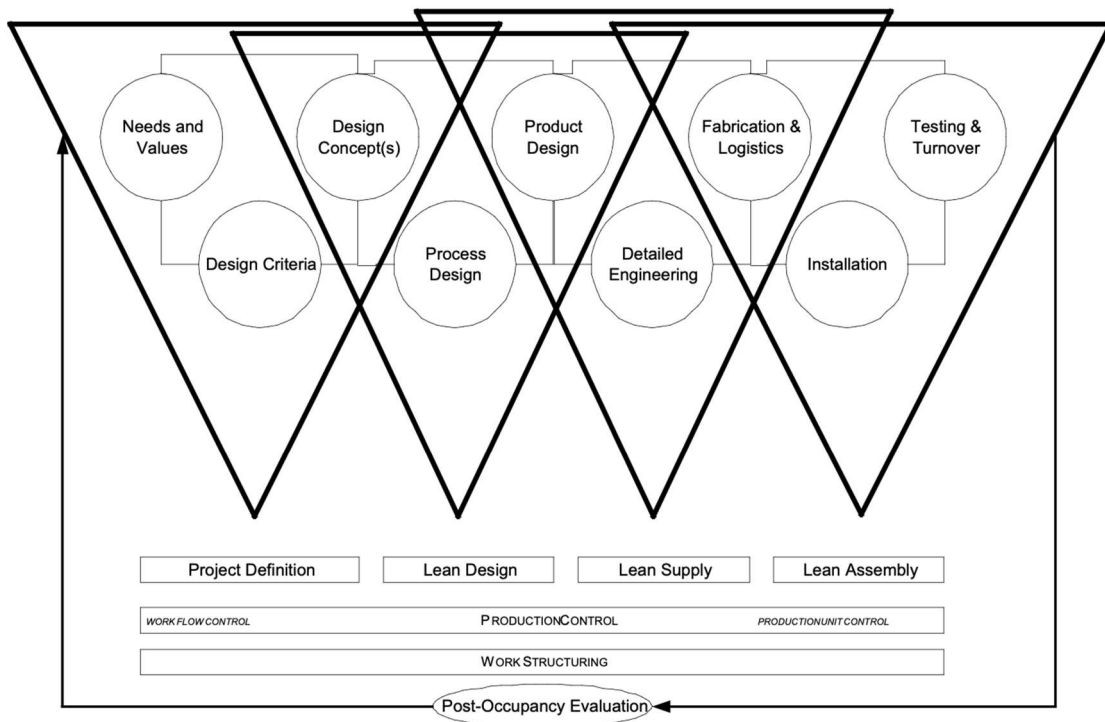
Rakennusprojektit ovat monimutkaisia ja moniammatillisia projekteja, joissa kustannuspaineet ja asiakkaiden vaatimukset laadusta ja aikataulusta ovat olleet jatkuvassa kasvussa (Sang & Pheng, 2013). Tällaisissa dynaamisissa ja monimutkaisissa liiketoimintaympäristöissä toimivilta työryhmiltä vaaditaan erityistä kyvykkyyttä organisoida ja koordinoida toimintaansa, mikä puolestaan vaatii työryhmän jäseniltä entistä enemmän joustavuutta (Zaccaro, ym. 2001). Tehokkaasti toimiva tiimi pyrki kohti yhteisesti määriteltyjä tavoitteita (Liker, 2004). Yhteisten tavoitteiden määrittäminen ja niihin sitoutuminen puolestaan korostavat johtamisprosessin merkitystä. Projektin onnistuminen onkin useimmiten suurelta osin kiinni juuri johtamisprosessin onnistumisesta. (Zaccaro, ym. 2001.) Tiimin epäonnistuminen ei siis välttämättä johdu heikoista yksilösuorituksista, vaan kollektiivisesta ramanalituksesta koordinoida ja yhteen sovittaa yksittäisiä panoksia (Sundstrom, 1998).

Likerin (2004) mukaan leanin keskiössä ovat ihminen ja tiimityö, jatkuva parantaminen ja hukan vähentäminen. Lean-yrityksessä tuotannolliset ongelmat ratkaistaan aina alimmalla mahdollisella organisaation tasolla (i. työntekijätasolla), jolloin ongelmien ratkaisuaika ja eskaloituminen saadaan rajoitettua minimiin. Ongelmanratkaisu mahdollisimman lähellä ongelmien esiintymistä mahdollistaa myös sen, että ihmiset, jotka tuntevat omat prosessinsa, voivat osallistua niiden kehittämiseen ja oman työnsä tehostamiseen. Toisaalta toimivat prosessit sekä laadukkaat tuotteet ja palvelut ovat riippuvaisia perusteellisesta suunnittelusta ja tuotekehityksestä. (Gisi, 2018.)

Lean-projektit voidaan johtamis- ja organisoitumismallien kehittämiseksi jakaa vaiheisiin ja toimenpiteisiin. Lean Construction Instituten julkaisuissa tätä vaiheisiin jaettua johtamisjärjestelmää kutsutaan nimellä *Lean Project Delivery System (LPDS)*. Kuvassa 2 on esitelty LPDS:n rakenne. Se koostuu 13 moduulista, joista

- a. 9 asettuu lineaarisesti neljään toisiinsa sidottuun vaiheeseen,
- b. kaksi, *tuotannon ohjaus* ja *työnsuunnittelu*, kestävät läpi projektin ja
- c. viimeinen, *jälkimarkkinointianalyysi*, ajoittuu projektin loppumisen ja seuraavan projektin alkamisen välille.

Neljä projektin päävaihetta ovat: (1) määrittelyvaihe, (2) lean-suunnittelu, (3) lean-toimitus ja (4) lean-kokoonpano. Määrittelyvaihe sisältää asiakastarpeiden ja -arvon määrittämisen, suunnittelukriteerien määrittämisen sekä projektin ideaa ja tarkoitusta kirkastavan konseptisuunnittelun. Lean-suunnitteluvaihe koostuu niin ikään konseptisuunnittelusta, mutta myös prosessisuunnittelusta ja tuotesuunnittelusta. Lean-toimitus tukee tuotesuunnittelua ja jatkaa tästä detaljisuunnitteluun ja lopulta tuotantoon ja logistiikkaan. Lean-kokoonpano puolestaan koostuu tuotannosta, työmaa-asennuksista sekä testauksista ja niistä aiheutuvista muutoksista. (Ballard, 2000.)



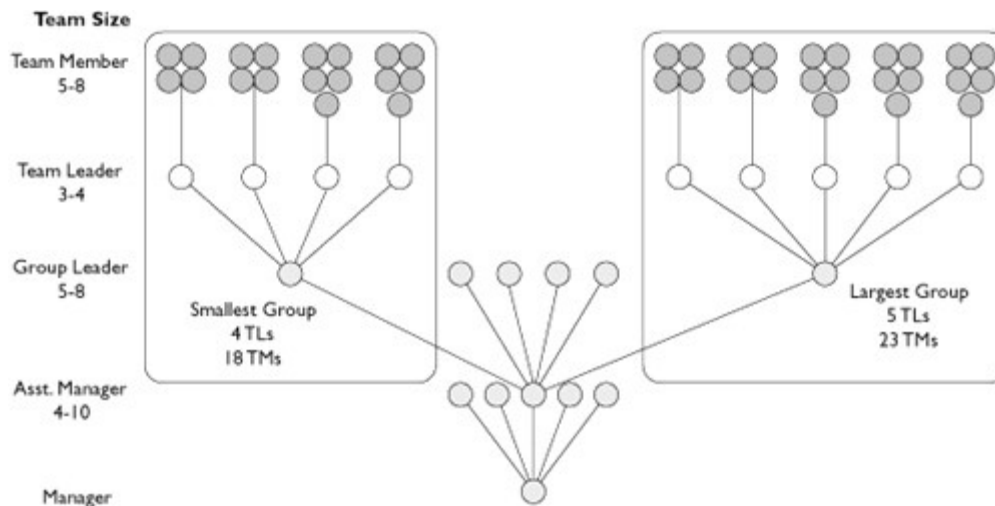
KUVA 2: *Lean Production Delivery System, LPDS* (Ballard, 2000).

Ballard (2000) esittelee artikkelissaan *Lean Project Delivery System* lean-projekteille ominaisia piirteitä. Tällaisia ovat muun muassa

- Loppukäyttäjien osallistaminen alkuvaiheen suunnitteluun
- Projektin johtaminen ja organisoiminen arvoa tuottavan prosessin lähtökohdista
- Tehokkaan materiaali- ja informaatiovirran takaaminen käyttämällä imuohjatun tuotannon menetelmiä
- Kapasiteetti- ja varastointipuskurien käyttö tuotannonvaihtelun sietämiseksi
- PDCA (*plan, do, check, act*) ja jatkuvan oppimisen implementointi kaikissa projektin vaiheissa ja kaikilla organisaation tasoilla.

Lean-johtamisjärjestelmää sekä lean-yrityksen ominaispiirteitä voidaan pitää organisoitumisen lähtökohdana. Lean-ajattelu luo pohjan strategialle ja sen kanssa linjassa olevalle johtamisjärjestelmälle, joka puolestaan toimii oppaana organisaation jäsenten toiminnalle ja ajattelulle (Gisi, 2018).

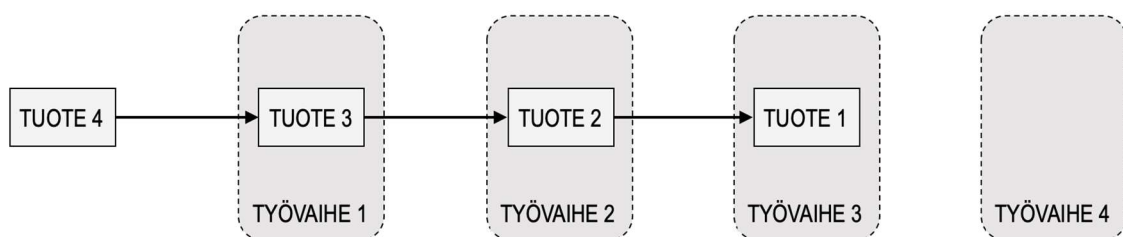
Koska leanin tavoitteena hukan minimoiminen ja arvontuoton kasvattaminen, on muun muassa Toyotan organisaatiokaavio (Kuva 3) rakentunut siten, että työntekijät (eng. *team members*) on asetettu henkilöstöhierarkian ylimmälle tasolle. Tällä halutaan korostaa sitä, että kaikkien muiden organisaation jäsenten tehtävä on tukea juuri työntekijän toimintaa ja mahdollistaa laadukas ja häiriötön työnteko. Työntekijätason alapuolella hierarkiassa ovat työnjohtajat (eng. *team leaders*), jotka suorittavat tuotannon päivittäisjohtamista. Heidän tehtävänä on toimia kentällä havainnoimassa ongelmia ja auttaa niiden selvittämisessä. Toyotan mallissa yksi työnjohtaja tukee yhtä 5–8 työntekijän ryhmää. Hierarkian kolmannella portaalla ovat ryhmänjohtajat (eng. *group leaders*), joiden tehtävänä on koordinoida ja johtaa useamman työnjohtajan ja työntekijäryhmän muodostama kokonaisuutta. Projektityössä ryhmänjohtaja voitaisiin kuvaavammin kutsua nimellä projektinjohtaja. (Liker, 2004.)



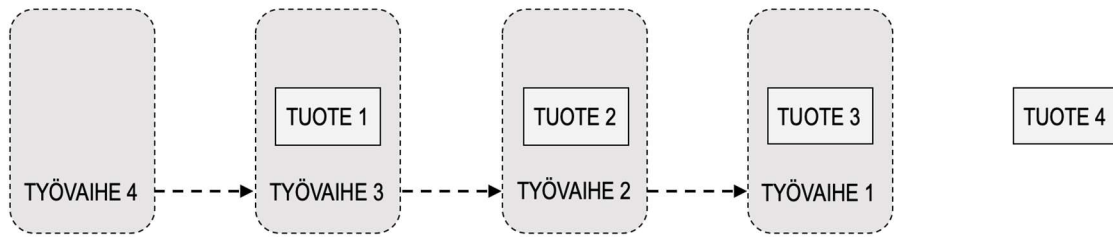
KUVA 3: Toyotan organisaatiokaavio (Liker, 2004).

2.2 Tuotannon virtaus rakennusteollisuudessa

Rakennusteollisuudessa on linjatutantoon verrattuna muutamia kriittisiä poikkeavuuksia, jotka tulee ottaa huomioon implementoidessa leania sekä määriteltäessä tuotannon virtausta. Päinvastoin kuin perinteisessä linjateollisuudessa, rakennusteollisuudessa työntekijät, koneet ja materiaalit liikkuvat, tuotteen pysyessä paikallaan. Tämä ominaispiirre on havainnollistettu kuvissa 4a ja 4b. Toinen merkittävä poikkeavuus on, että rakennusprojekteihin liittyy aina enemmän tai vähemmän projektikohtaista, ulkoisista olosuhteista riippuvaista, erikoissuunnittelua (esim. geosuunnittelu), jota on haastava standardisoida. Kolmantena huomioon otettavana poikkeavuutena mainittakoon tuotteiden luovutusprosessi, jossa kohde on valmis luovutettavaksi asiakkaalle vasta, kun kaikki sen tilat ovat käyneet läpi jokaisen työvaiheen – tämä erityispiirre nousee esiin tilanteissa, joissa esimerkiksi yksittäistä asuntoa ajatellaan tuotteena. (Sacks, 2016.)



KUVA 4a: Linjatutanto – tuotteiden liike työvaiheelta toiselle.



KUVA 4b: Rakennustuotanto – työvaiheiden liike tuotteelta toiselle.

Tuotannon virtaus tulisi Sacksin (2016) mukaan jakaa kolmeen dimensioon: prosessi-, työn- ja portfoliovirtaukseen – tätä määritelmää kutsutaan PPO-malliksi (PPO = portfolio, process, operation). PPO-mallissa työryhmät siirtyvät eli ”virtaavat” sijainnista sijaintiin sekä projektien sisällä että projektien välillä.

2.2.1 Prosessivirtaus (eng. *process/location flow*)

Linjatuotannossa prosessivirtauksella tarkoitetaan tuotteen edistymistä tuotantolinjalla. Jatkuvan virtauksen määritelmä täyttyy, mikäli tuote liikkuu työpisteeltä toiselle saumattomasti ilman katkoksia, kuten välivarastointia tai odotusta. (Shingo & Dillon, 1989.) Rakennusteollisuudessa prosessivirtaus puolestaan tarkoittaa fyysisissä sijainneissa tehtävän työn jatkuvuutta. Näin ollen, mikäli yksittäisissä sijainneissa tehdään arvoa tuottavaa työtä työvaihe toisensa jälkeen ilman katkoksia, voidaan prosessivirtausta pitää jatkuvana. Jatkovaa prosessivirtausta voidaan ylläpitää muun muassa kapasiteetti- ja materiaalipuskurien avulla, hyödyntämällä erilaisia leanin prosessijohtamisen työkaluja (esim. Last Planner System®) (Sacks, 2016), vähentämällä prosessissa esiintyvää vaihtelua sekä yksinkertaisesti suorittamalla määrätyt tehtävät nopeammin (Modig & Åhlström, 2013). Hyvän prosessivirtauksen elementtejä ovat:

- Tasapainotettu tuotanto, jossa vaiheajojen vaihtelu on mahdollisimman lähellä nollaa (Eminliani & Seymour, 2011)
- Mahdollisimman pieni eräkoko, jossa työryhmä suorittaa yhden sijainnin työt kerrallaan (Hopp & Spearman, 1996)
- Sijaintien välinen aikataulupuskuri on mahdollisimman lähellä nollaa (Hopp & Spearman, 1996)
- Arvoa tuottamattomat työvaiheet on karsittu pois tuotannosta (Ohno, 1988)
- Korjaavan työn tarve on mahdollisimman lähellä nollaa (Ohno, 1988).

2.2.2 Työnvirtaus (eng. *operation/trade flow*)

Prosessivirtauksen tarkoittaessa tuotteen kehittymistä raakamateriaalista valmiiksi tuotteeksi, työnvirtaus viittaa linjatuotannossa yksittäisten työpisteiden ja rakentamisessa yksittäisten työryhmien tekemän arvoa tuottavan työn osuuteen kokonaistyöajasta (Sacks, 2016). Työnvirtausta voidaan pitää jatkuvana, mikäli työryhmät tekevät arvoa tuottavaa työtä ilman katkoksia tai hukkaa (Womack & Jones, 2003). Työkaluja jatkuvan työnvirtauksen ylläpitämiseksi ovat tilapuskurit, työntekijöiden alimitoitus sekä useamman projektin kattava tilauskanta – näiden työkalujen käyttö kuitenkin lisää keskeneräisen työn määrää ja heikentää prosessivirtausta (Sacks, 2016). Hyvän työnvirtauksen elementtejä ovat:

- Tasapainotettu tuotanto, jossa vaiheajojen vaihtelu on mahdollisimman lähellä nollaa (Eminliani & Seymour, 2011)
- Arvoa tuottamattomat työvaiheet on karsittu pois tuotannosta (Ohno, 1988)

2.2.3 Portfoliovirtaus (eng. *portfolio flow*)

Portfoliovirtaus on rakennusalan kaltaiselle projektiluontoiselle toimialalle ominainen virtauksen muoto, jota ei esiinny tehtaiden linjatuotannossa. Portfoliovirtauksella tarkoitetaan työryhmien liikettä sijainnista sijaintiin eri projektien välillä. (Sacks, 2016.) Portfoliovirtauksen lisääminen Shingon ja Dillonin (1989) kaksiulotteiseen malliin lisää ymmärrystä siitä, miten yksittäisellä rakennusprojekteilla käytettävät resurssit ovat riippuvaisia alueen muista projekteista. Kysymys on siitä, miten sidosryhmät jakavat resurssinsa eri projektien välillä (Bertelsen & Sacks, 2007). Portfoliovirtaus on jatkuvaa, kun työryhmä ja informaatio virtaavat projektilta projektille saumattomasti. Hyvää portfoliovirtausta ylläpidetään pääsääntöisesti aikatauluttamalla projektit kriittisen polun -menetelmällä, asettamalla projektikohtaisia välitavoitteita sekä ohjaamalla ja sitouttamalla sidosryhmiä sopimuksellisin keinoin. (Sacks, 2016.) Hyvän portfoliovirtauksen elementtejä ovat:

- Projektien mahdollisimman lyhyt kokonaiskesto (Hopp & Spearman, 1996)
- Mahdollisimman pieni eräkoko, jolloin työryhmä suorittaa yhden projektin työt kerrallaan (Womack & Jones, 2003).

Mihin virtauksen muotoon siis viitataan, kun puhutaan tuotannon virtauksesta? Tässä opinnäytetyössä virtausta lähestytään leanin näkökulmasta, jolloin näkökulmasta riippuen prosessivirtauksen tai portfoliovirtauksen jatkuvuutta voidaan pitää tuotannon virtauksen korkeimpana päämääränä.

Tuotteen katkeamaton kehittyminen aina raakamateriaalista valmiiksi tuotteeksi tuottaa asiakkaalle arvoa, sitä vastoin asiakkaan intresseihin ei kuulu työnvirtauksien jatkuvuus.

2.3 Pullonkaula-ajattelu

Prosessin virtausta parannettaessa on analysoitava prosessin heikoimmat lenkit eli niin kutsutut *pullonkaulat*. Pullonkaulaksi kutsutaan tuotannon vaihetta, jolla on pisin vaiheaika ja, joka näin ollen määrittää koko tuotantolinjan tahdin. Pullonkaulan tuotantoa kehittämällä voidaan kehittää koko prosessia – muiden kuin pullonkaulatoimintojen kehittäminen ei tehosta prosessia vaan aiheuttaa joko lisää keskeneräistä työtä tai odottamista. (Rahko & Jokinen, 2021.)

Prosessit ovat aina väistämättä epätasapainossa, mikä tarkoittaa, että prosessin vaiheajoissa on vaihtelua. Lean-yrityksen utopistisena tavoitteena on hukaton ja tasapainoinen tuotantojärjestelmä, jossa ei esiinny pullonkauloja. Tasapainon tavoittelussa piilee kuitenkin paradoksi: kun tavoitellaan tuotannon tasapainoa, kehitetään sen hetkistä pullonkaulaa; kyseisen työvaiheen kehittyttyä pullonkaula siirtyy toiseen työvaiheeseen, jolloin aloitetaan sen kehittäminen. Tuotannon väistämätön epätasapaino siis pakottaa tasapainoon tähtäävän yrityksen toteuttamaan jatkuvan parantamisen ideologiaa.

Rahko & Jokinen (2021) esittelevät artikkelissaan viisivaiheisen prosessin, jota seuraamalla yritys voi toteuttaa pullonkaula-ajattelua:

1. Pullonkaulan tunnistaminen
2. Toiminnan analysointi ja uudelleensuunnittelu
3. Muiden prosessin vaiheiden sopeuttaminen suunnitelmaan
4. Pullonkaulan kapasiteetin kasvattaminen
5. Varmista toimenpiteiden onnistuminen ja palaa kohtaan 1.

(1) Pullonkaula voidaan tunnistaa mittaamalla prosessin vaiheaikoja. Pisimmän vaiheajan omaava tuotantovaihe on prosessin pullonkaula. Tämän jälkeen tulisi (2) analysoida toimintaa ja selvittää mihin resurssit on suunnattu pullonkaulan aikana. Uudelleensuunnittelun tulisi keskittyä resurssien tehokkaaseen käyttöön niin pullonkaulavaiheessa kuin muissakin vaiheissa, joihin pullonkaulan pitkä vaiheaika vaikuttaa, esimerkiksi odottavia resursseja voidaan hyödyntää pullonkaulan tehokkuutta tukevilla toiminnoilla. Kolmannessa vaiheessa (3) koko prosessin toiminta valmistellaan

noudattamaan uutta suunnitelmaa, minkä jälkeen (4) pullonkaulan kapasiteettia voidaan asteittain kasvattaa. Mikäli edellä esitetyillä toimenpiteillä onnistutaan poistamaan pullonkaula, (5) palataan vaiheeseen 1. ja tunnistetaan uusi pullonkaula.

2.4 Hukka

Hukan vähentäminen on olennainen osa leania (Liker, 2004). Hukkaa ovat toiminnot, joista ei aiheudu tuotteelle tai palvelulle asiakkaan määrittämää arvoa ja, jotka ovat poistettavissa tuotantoketjusta (Emiliani, 1998). Hukkaa voidaan pitää eräänlaisena indikaattorina, joka kertoo tuotantojärjestelmän sisältämästä ongelmasta. Sen poistamiseksi on selvitettävä kyseinen ongelma ja sen juurisyy. Ongelma tulee ratkaista keskittyen ongelman juurisyihin (Jokinen, 2020a) – muussa tapauksessa hukan poistaminen voi aiheuttaa jopa lisää ongelmia ja hukkaa.

Hukkaa voidaan määrittää myös virtauksen kautta: Shingo-instituutin määritelmän mukaan hukkaa on kaikki, mikä hidastaa tai katkaisee arvovirran (The Shingo Institute, 2016). Tämän määritelmän mukainen tarkastelu on mielekästä, kun tarkastellaan hukkaa tuotannon virtauksen ja PPO-mallin mukaisten dimensioiden näkökulmasta.

Leanin kehittäjänä pidetyn Taiichi Ohnon (1988) mukaan hukalla on seitsemän muotoa:

1. Yli tuotanto
2. Odotus
3. Siirtäminen
4. Yliprosessointi
5. Varastointi
6. Ylimääräinen liike
7. Virheelliset tuotteet.

Yli tuotannolla tarkoitetaan tilannetta, jossa tuotetta valmistetaan enemmän kuin tuotantosuunnitelmassa on määritetty (Jokinen, 2020a). Rakentamisessa tällainen tilanne voi esiintyä esimerkiksi siinä vaiheessa, kun työryhmän työsuorite tiettyä ajanjaksoa kohti on suunniteltua suurempi. Yli tuotanto on tapa ylläpitää jatkuvaa työnvirtausta, mutta samalla se heikentää prosessivirtausta (Sacks, 2016). Se voi herkästi johtaa muiden hukan muotojen kuten varastoinnin tai ylimääräisen liikkeen äkilliseen kasvuun (Jokinen, 2020a).

Työnvirtauksen katketessa tai häiriintyessä työryhmä joutuu joko hidastamaan työntekoaan tai keskeyttämään sen kokonaan. Tällaisista tuotantoprosessin häiriöistä syntyy hukkan toista lajia eli odotusta. (Jokinen, 2020a.) Odottamista voidaan ennaltaehkäistä muun muassa ylituotannolla tai resurssien alimitoituksella – nämä puskurit kuitenkin heikentävät tuotantoketjun prosessivirtausta (Sacks, 2016).

Materiaalisiirrot eivät tuota asiakkaalle arvoa, jolloin ne ovat Emilianin (1998) määritelmän mukaan hukkaa. Tähän hukkan muotoon lukeutuvat myös pakkausten purkamiseen ja uudelleenjärjestelyyn käytetty aika. Materiaalisiirtojen määrää voidaan minimoida muun muassa toimittamalla materiaalit tuotantosuunnitelman mukaisissa eräkoissa oikea-aikaisesti oikeisiin sijainteihin.

Yliprosessoinnilla tarkoitetaan työtä, joka suoritetaan saavuttaakseen asiakastarvetta korkeampi laatutaso (Jokinen, 2020a). Tällainen työ ei tuota asiakkaalle arvoa ja on luokiteltavissa hukaksi.

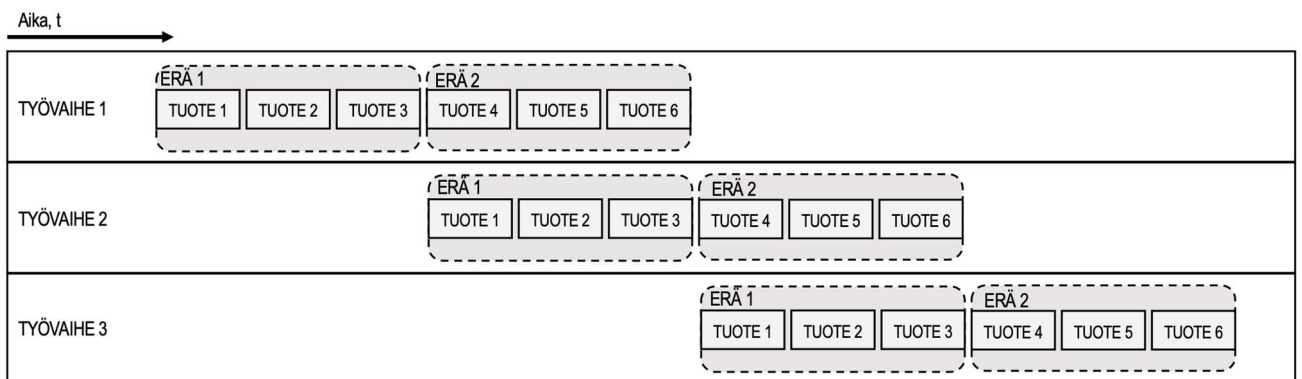
Materiaalien, keskeneräisten tuotteiden tai valmiiden osien varastointi aiheuttavat häiriöitä virtaukseen muun muassa tavaran vahingoittumisen ja tarpeettoman siirtelyn myötä. Varastointi aiheuttaa myös varastointikustannuksia, joista asiakas ei ole valmis maksamaan lisähintaa. (Liker, 2004.) Yleensä maltillisen kokoisen varaston pitäminen on kuitenkin välttämätöntä, sillä varastoja käytetään puskurina työnteon jatkuvan virtauksen varmistamiseksi.

Työntekijän ylimääräinen liike on hukkaa ja pois arvoa tuottavan työn työajasta. Suunnitelmien, osien, työkalujen ja apuvälineiden etsiminen ja hakeminen vievät aikaa ja heikentävät työn tehokkuutta. (Liker, 2004.)

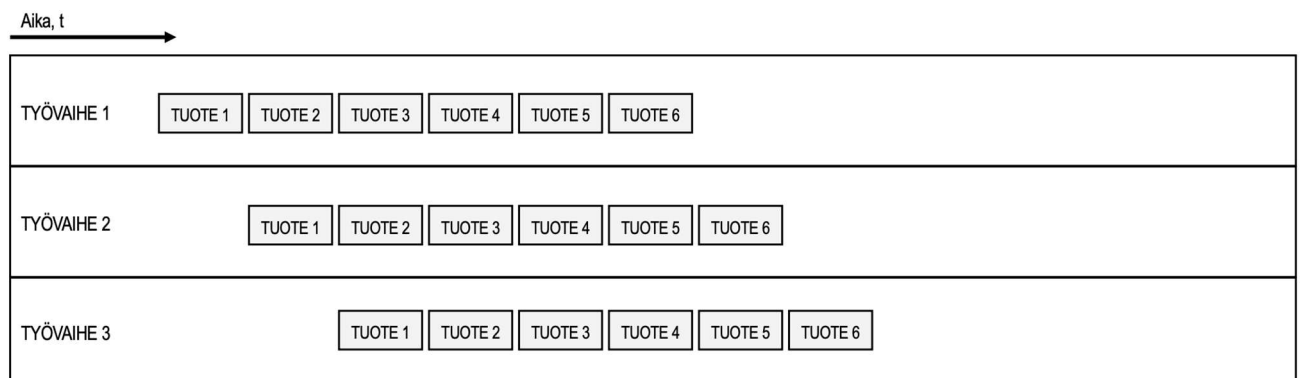
Virheelliset tuotteet ovat ilmeinen hukkan muoto, jolla voi olla huomattava vaikutus sekä prosessi-että työnvirtaukseen. Tuotteen sisältämä virhe voi aiheuttaa prosessin paluuvirtausta, jossa työryhmä siirtyy tuotantosuunnitelmasta poiketen takaisin sijaintiin, josta se on jo kerran poistunut, jättäen tuotantosuunnitelman mukaisen sijainnin odottamaan – tällöin prosessivirtaus häiriintyy. Työryhmän korjatessa virhettä, seuraavan työvaiheen työryhmän tulee odottaa korjauksen valmistumista, mikä puolestaan aiheuttaa katkoksen työn virtaukseen.

2.5 Pienerätuotanto rakennusteollisuudessa

Lean-tuotanto pyrkii prosessivirtauksen optimointiin, jolloin prosessin optimaalinen eräkooko on yksi. Kappalevirtauksessa (eng. *single-piece flow*) yksittäiset tuotteet virtaavat keskeytyksettä läpi prosessin, toisin kuin massatuotannossa, jossa X määrä tuotteita liikkuu yhtenä eränä tuotantolinjan pisteeltä pisteelle minimoiden siirtojen määrän. (Liker, 2004.) Massatuotannon ja kappalevirtautetun tuotannon periaatteet on havainnollistettu kuvissa 5a ja 5b. Kuvatuissa prosesseissa on kolme työvaihetta ja kuusi tuotetta, jotka virtaavat työvaiheiden läpi. Kuva 5a edustaa massatuotantoa, jossa tuotteet liikkuvat työvaiheelta seuraavalle kolmen kappaleen erissä; kuvan 5b tapauksessa eräkooko on yksi kappale, jolloin prosessivirtaus on jatkuvaa ja keskeneräisen työn määrä minimi. Rakennusteollisuudessa eräkoon pienentämisellä tarkoitetaan yleensä rakennuskohteen tai työvaiheiden osittamista pieniin lohkoihin.



KUVA 5a: Tuotantolinjan prosessi massatuotannossa.



KUVA 5b: Tuotantolinjan prosessi kappalevirtautetussa tuotannossa.

Pienerätuotannon ja kappalevirtauksen hyötyjä ovat muun muassa laadun paraneminen, tuotevalmistuksen joustavuuden paraneminen, työnteon tuottavuuden paraneminen, pienemmät varastot ja pienempi työskentelypinta-ala. (Gisi, 2018.)

Laadun paraneminen tapahtuu nopean virrehavainnoinnin seurauksena. Kun yksittäinen tuote siirtyy tuotantolinjan seuraavaan vaiheeseen välittömästi edellisen vaiheen loputtua, tulevat mahdolliset virheet ja puutteet myös välittömästi esiin. Tällöin prosessia voidaan kehittää ennen kuin samat virheet ja puutteet toistuvat seuraavissa tuotteissa. Massatuotannossa virhe tai puute voi suurella todennäköisyydellä toistua useissa tuotteissa ennen sen havaitsemista, mikä johtaa suuriin korjauskustannuksiin ja prosessivirtauksen häiriöihin. (Liker, 2004.)

Laadunparantamisen lisäksi kappalevirtauksessa tuotteet ovat helpommin toteutettavissa vastamaan aktiivisesti muuttuvia asiakastarpeita. Prosessiin voidaan tehdä muutoksia sitä joustavammin mitä vähemmän se sisältää keskeneräistä työtä. (Gisi, 2018.) Rakennusteollisuudessa asiakastarpeiden muutokset tulevat esiin suunnitteluprosessissa. Myöhäisimmät muutokset viedään suunnitelmiin rakentamisvaiheen suunnitelmamuutoksina. Suunnitelmamuutokset voivat herkästi johtaa korjaavaan työhön ja suunnittelu- tai rakentamisprosessin paluuvirtaukseen.

Koska pienerätuotannon tavoitteena on prosessivirtauksen jatkuvuuden parantaminen, on luonnollista, että sen myötä myös työn tuottavuus paranee (Gisi, 2018). Prosessivirtauksen sujuvoittaminen kasvattaa arvoa tuottavan työn osuutta poistaen prosessista hukkaa, kuten korjaavaa työtä tai odottamista (Sacks, 2018). Erityisesti rakentamisessa pienerätuotanto kasvattaa tuottavuutta aikataulusäästöjen myötä. Eräkoon pienenemisestä aikaansaataavaa aikataulusäästöä käsitellään tarkemmin kappaleessa *2.7 Tahtituotanto*.

Rakentamisessa tarvittava työskentelypinta-ala pienenee hankkeiden tiheämmän lohkojaon myötä. Käytännössä työskentelypinta-ala tarkoittaa keskeneräisen työn määrää ja sen vaatiman pinta-alaa (Gisi, 2018). Työskentelypinta-alan pienenemisen hyödyt ovat selkeästi nähtävillä tehdastuotannossa, jossa tuotantolinjan vaatima pinta-ala vaikuttaa suoraan tehtaan tilamitoitukseen; rakentamisessa hyötyjä saatetaan havaita esimerkiksi työntekijöiden ylimääräisen liikkeen vähentymisenä.

2.6 Standardoitu työ ja tuotannon tasapainottaminen

Työn standardisointi on työtavan, työn keston ja käytettävien varastojen eli keskeneräisen työn määrän ja sijainnin määrittelyä. Standardisoinnissa tarkastellaan sen hetkistä parhaaksi tiedettyä tapaa suorittaa kyseinen työ. Standardit ovat kiinteä osa jatkuvaa parantamista, eivätkä näin ollen muuttumattomia, vaan alati kehittyviä. (Martin & Bell, 2017.)

Lean-ajattelun mukaan työn standardisointiin tulee osallistaa erityisesti työn suorittava osapuoli. Työntekijöillä on paras kokemuspohja työprosessista ja sen ongelmakohtista. He toimivat uusien ja päivitettyjen standardien testaajina, jolloin kehitysehdotukset ja standardien ylläpito näyttäytyvät parhaillaan luonnollisena osana arkea. Yleisesti uskotaan, että työntekijät ovat sitoutuneempia työhönsä päästessään osaksi standardisointiprosessia. (Kilponen & Jokinen, 2020.)

Standardoinnissa voidaan hyödyntää Masaaki Imain (1986) jatkuvan parantamisen ajattelumallia, *kaizenia*, jossa parannukset tehdään jatkuvasti, pienin askelin, koko operatiivisen organisaation voimin. Brunet & New (2003) mukaan kaizenin kolme pääpiirrettä ovat: (1) jatkuvuus, (2) inkrementaalisuus (i. vähittäin kasvava) ja (3) osallistavuus. Kyseinen toimintamalli edellyttää moniammatillisella rakennusalalla sitoutumista rakennusprojektin päätoteuttajalta, alihankinnoilta sekä muilta sidosryhmiltä (Bennett, 1993).

Standardointiprosessi on edellytys tuotannon tasapainottamiselle. Tuotannon tasapainottamisella tarkoitetaan työn osittamista ja resurssien mitoittamista siten, että eri työpisteiden vaiheajat olisivat mahdollisimman lähellä toisiaan. Vaiheajojen vaihtelut aiheuttavat hukkaa kuten odotusta, ylituotantoa tai ylimääräistä varastointia. (Jokinen, 2020b.) Tuotannon tasapainottaminen edellyttää standardoinnista saatavaa luotettavaa ja ajantasaista tietoa eri työvaiheiden työmenekistä (Ahokas, ym. 2011).

Tuotannon tasapainottamiseen liittyy vahvasti termi *vaihe aika*, jolla tarkoitetaan yksittäisen työvaiheen kestoa yksittäisessä sijainnissa. Jatkuvan virtauksen aikaansaamiseksi tuotannon vaiheajoissa tulisi esiintyä mahdollisimman vähän vaihtelua. (Ahokas, ym. 2011.) Ilman vaadittavia puskureita vaiheajojen poikkeavuudet aiheuttavat häiriöitä kaikilla virtauksen tasoilla – ilman riittäviä tilapuskureita vaiheajojen vaihtelut voivat johtaa työryhmän seisahtumiseen eli työnvirtauksen katkeamiseen; ilman riittäviä kapasiteettipuskureita vaiheajojen vaihtelut puolestaan voivat

johtaa tilanteeseen, jossa työpisteellä ei ole riittävän suurta työtä suorittavaa työryhmää eli prosessivirtauksen katkeamiseen tai häiriöihin; molemmilla edellä mainituilla tilanteilla on vaikutuksia portfoliovirtauksen kokonaisuuteen (Sacks, 2016).

Työn standardisointi mahdollistaa tuotannon tasapainottamisen ja sen myötä jatkuvan prosessivirtauksen (Kilponen & Jokinen, 2020). Tuotannon virtauksen kehittäminen puolestaan nostaa esiin tuotantoprosessin ongelmia, mikä toimii impulssina jatkuvalle parantamiselle ja auttaa havaitsemaan tuotannon pullonkaulat (Ahokas, ym. 2011). Jatkuva parantaminen ja työn virtauksen tehostaminen ovat siis toisistaan riippuvaisia toimia, jotka edellyttävät työn standardisointia ja tuotannon tasapainottamista.

2.7 Imuohjaus ja Just-in-time

Luvussa 2.1 *Lean-yrityksen johtaminen ja organisoituminen* käsiteltiin Womack & Jonesin (1996) viisi lean-periaatetta, joista neljäs on *imuohjattu tuotantosysteemi*. Womack & Jonesin määritelmän mukaan imuohjatussa tuotannossa virtauksen alkupään toimintoja ei suoriteta ennen kuin asiakas on tehnyt tuotteesta tai palvelusta tilauksen. Imuohjatussa tuotannossa impulssi tietyn työvaiheen suorittamiseen voi tulla joko seuraavalta työvaiheelta (asynkroninen imuohjaus) tai välittömästi asiakkaan tilauksesta (synkroninen imuohjaus) (Rahko & Jokinen, 2020).

Rakennustuotanto on portfoliotasolla perinteisesti kappalevirtautettua ja synkronisesti imuohjattua, jolloin asiakkaan tilaus toimii impulssina yhden tuotteen valmistumisprosessille. Ihannetilanteessa tieto tuotteen tilauksesta välittyy asiakasrajapinnasta aina raaka-ainetoimittajalle saakka (Rahko & Jokinen, 2020). Hankkeiden tuotantoprosessi puolestaan perustuu ennalta suunniteltuun aikatauluun, jossa edeltävä työvaihe vapauttaa mestan seuraavalle. Näin ollen hankeprosessin voidaan ajatella seuraavan työntöohjatun tuotannon lainalaisuuksia.

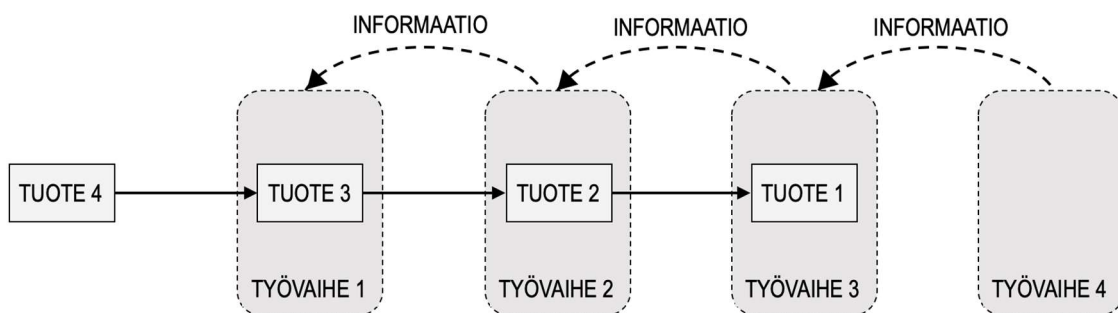
Hopp & Spearman (1996) määrittelevät imuohjatun systeemin sellaiseksi, jossa materiaalit tai informaatio vapautetaan järjestelmään sen tilan ja eräpäivien perusteella. Kun työvaiheiden sisällöt ja ajoitukset suunnitellaan vastaamaan aina seuraavan työvaiheen ja lopulta asiakkaalle luovutuksen tarpeita, on prosessi nimenomaan imuohjattua (Koskela, 1999). Tällaista tuotannosuunnittelua kutsutaan ”käänteiseksi vaiheikataulutukseksi” (eng. *reverse phase scheduling*). Siinä aika-

taulutus aloitetaan tavoitteellisesta valmistumisajasta ja edetään takaperin tuotannon alkuun – tällöin tehtävät määritellään ja jaetaan siten, että ne tuottavat seuraavalle työvaiheelle tarvittavan mestan eli aloitukselle vaadittavan tilan ja valmiusasteen (kuva 6a ja 6b). (Lean Construction Institute, 2007.) Imuohjauksella voidaan siis ehkäistä hukan virtauttamista. Informaation tullessa järjestelmällisesti aina seuraavalta työvaiheelta voidaan varmistua siitä, että tuotetaan ainoastaan asioita, joille on todellinen tilaus ja jotka ovat osa arvovirtaa. (Womack & Jones, 1996.)

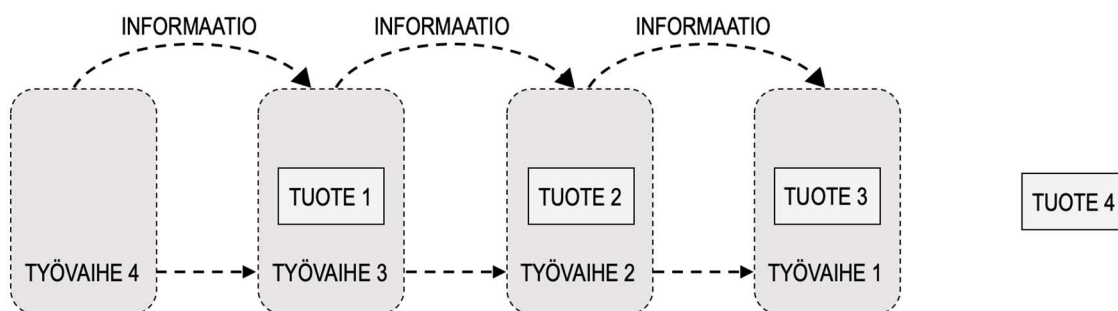
Informaation lisäksi materiaalivirtausta ohjataan usein imutuotannolla. Valmisbetonitoimitus toimii hyvänä esimerkkinä imuohjatusta materiaalivirtauksesta. Lyhyen työstöaikansa ansiosta valmisbetoni useimmiten tilataan ja toimitetaan työmaalle vasta, kun sen tarve on todellinen. Näin ollen varastojen ja keskeneräisen työn määrä jää varsin pieneksi. (Kalsas ym. 2014.)

Hopp & Spearman (2004) nostavat imuohjatun tuotannon merkittävimiksi hyödyiksi

- Vähäisen keskeneräisen työn määrän,
- Jatkuvan virtauksen,
- Korkean laadun ja
- Alhaiset kulut.



KUVA 6a: Informaatiovirtaus imuohjatussa linjatuotannossa.

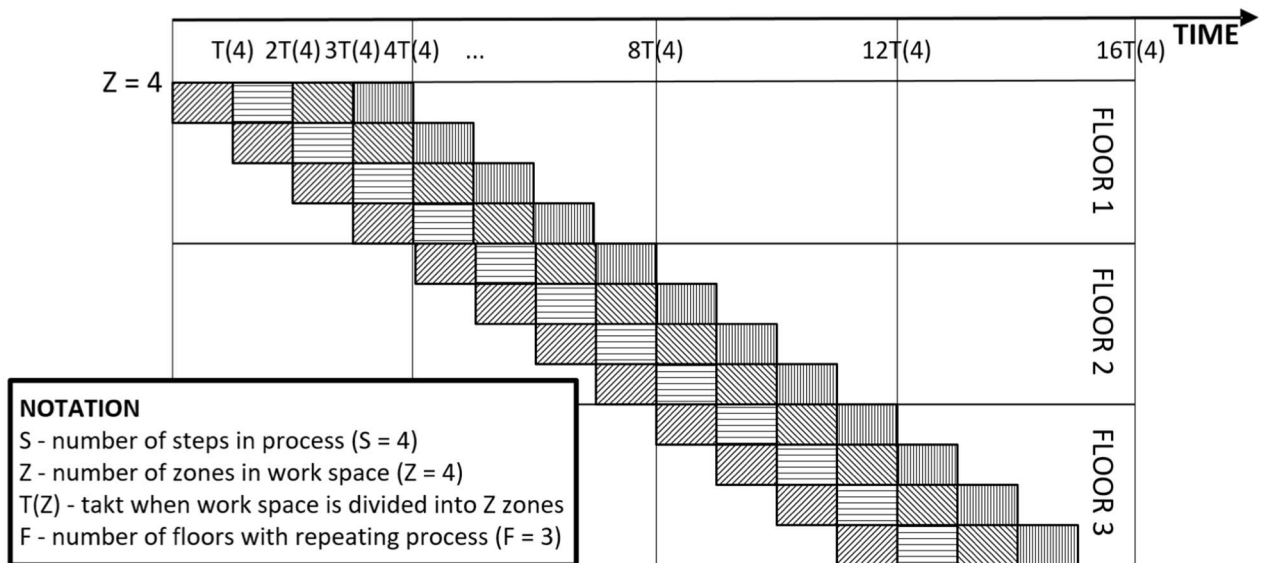


KUVA 6b: Informaatiovirtaus imuohjatussa rakennustuotannossa.

Just-in-time (JIT) on japanilainen tuotantofilosofia, jonka tavoitteena on tuotteiden oikean määrän ja oikean laatutason toimittaminen oikeaan paikkaan oikea-aikaisesti. Kärjistäen: raakamateriaali-toimittaja toimittaa esivalmistusyksikköön sen tarvitsemat materiaalit oikea-aikaisesti; esivalmistusyksikkö käsittelee materiaalit kokoonpanolinjan tarpeiden mukaan oikea-aikaisesti; kokoonpanolinja valmistaa tuotteen asiakkaan tarpeiden mukaisesti oikea-aikaisesti; oikea määrä oikeaa tuotetta toimitetaan asiakkaalle oikea-aikaisesti. (Pheng & Hui, 1998.) JIT:n kehittäjänä pidetyn Ohnon (1987) päämäärä oli siirtyä ennustettua kysyntää vastaavasta tuotantomäärästä todellisen kysynnän mukaiseen tuotantomäärään. Erityisesti monipuolisen tuotevalikoiman tuotantolinjoissa ennustetun ja todellisen tilausmäärän välillä esiintyy lähes aina poikkeamaa. Rakennusteollisuudessa toteutetaan kuitenkin vain yksi tuote kerrallaan, jolloin JIT:n hyödyt näkyvät ennemminkin pienempinä varastoina ja lyhyempinä läpimenoaikoina. (Ballard & Howell, 1995.)

2.8 Tahtiaikajohtaminen

Tahtiaikasuunnittelu (eng. *takt time planning, TTP*) on tuotannon strukturointimenetelmä, joka tukee jatkuvaa prosessivirtausta ja sen myötä lean-ideologiaa (Frandsen, 2019). Tahtiaikasuunnittelussa työskentelyalue jaetaan tahtialueisiin (eng. *takt area*) ja tuotantoprosessi työvaiheisiin (eng. *work steps*). Työvaiheita yhdistelemällä luodaan työpaketit (eng. *work package*) eli vaunut, joiden yksittäisten suoriteaikojen tahtialuetta kohti tulisi erota mahdollisimman vähän toisistaan. Yksittäisten vaunujen suoriteaikoja tahtialuetta kohti voidaan optimoida esimerkiksi muokkaamalla henkilöresursseja. Tahtialueen läpi virtaavaa työvaiheista koostuvaa vaunujen jonoa kutsutaan tahtiaikajohtamisessa yleisesti tuotantojunaksi. (Haghsheno, ym. 2016.) Kuvassa 7 on esitetty esimerkki kuvitteellisesta tahtiaikataulusta, jossa rakennuksen kolme kerrosta on kukin jaettu neljään tahtialueeseen ja, jossa tuotantojuna koostuvat neljästä vaunusta (Kuva 7).

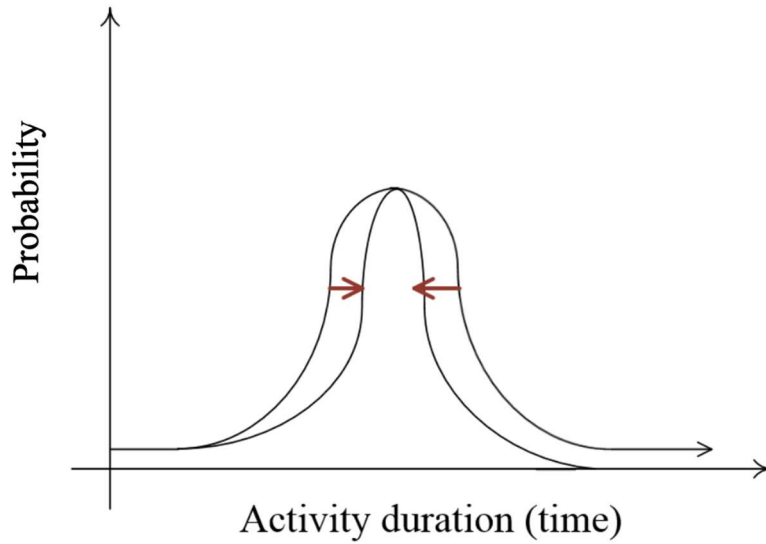


KUVA 7: Tahtiaikataulu, joka koostuu 12 tahtialueesta ja neljästä vaunusta (Jabbari, ym. 2020).

Tahtiaikajohtaminen on yhdistelmä tahtiaikasuunnittelua ja suunnitelman mukaisen toteutuksen kontrollointia. Se mahdollistaa jatkuvan prosessivirtauksen rinnalla työn standardisoinnin, tuotannon tasapainottamisen, pienerätuotannon (Liker, 2014), imuohjatun tuotantosysteemin (Frandsen, ym. 2013) sekä jatkuvan parantamisen prosessin (Liker, 2004). Frandsen ym. (2013) mukaan rakennusprojektin tahtiaikajohtamisesta on erityistä hyötyä myös työn suorittavalle portaalle: menetelmä antaa työntekijälle tarkan tiedon siitä missä työskennellä milläkin ajanhetkellä, visualisoi näkemään oman työvaiheen osana projektikokonaisuutta, vahvistaa luottamusta suunnitellun aikataulun toteutumiselle, kannustaa vastaanottamaan välitöntä palautetta työn onnistumisesta suhteessa aikatauluun ja laatuun, ohjaa pienempiin työn osaluovutuksiin sekä parantaa työn tuottavuutta.

Tahtiaikajohtaminen tähtää tuotannon jatkuvaan prosessivirtaukseen. Työsuoritteissa on väistämättä vaihtelua, jota pyritään tahtiaikajohtamisella tunnistamaan ja poistamaan. Vaihtelua aiheuttavat moninaiset tekijät kuten tahtialueiden työsisältöjen vaihtelut, työnteon odottamattomat katkokset, työryhmien kokoerot, vaihtelu työntekijöiden osaamisessa sekä prosessin aikana tapahtuva osaamisen kehittyminen. Varianssin ja sen luonteen tunnistaminen auttavat laatimaan arvonluonnin kannalta parempia aikatauluja, joissa vaunujen saumaton siirtyminen tahtialueelta toiselle voidaan varmistaa maltillisia kapasiteettipuskureja käyttämällä. Varianssin poistaminen on sitä haastavampaa mitä enemmän tahtialueiden välillä on poikkeavuuksia. Haastavammassa tilanteissa myös puskurien määrä kasvaa. Kapasiteettipuskurin vaikutusta työnkeston varianssiin on havainnollistettu kuvassa 8. Prosessiin syntyy hukkaa, jos tahtiaika, tahtialue ja työryhmän suorituskyky

eivät kohtaa. Mikäli seuraava työvaihe ei kykene suoriuttamaan määriteltyä osakokonaisuutta annetussa tahtiajassa, kertyy työvaiheiden välille keskeneräistä työtä. Toisaalta taas, jos työvaihe suoriutuu annettua tahtiaikaa nopeammin, joutuu se odottamaan mestan vapautumista edeltävältä työvaiheelta. (Frandsen, 2019.)



KUVA 8: Kapasiteettipuskurin vaikutus työvaiheen työnkeston varianssiin (Frandsen, 2019).

3 TUTKIMUSAINEISTO JA -MENETELMÄT

Tässä luvussa kuvataan tutkimuksen toteutustapaa sekä sen taustalla vaikuttavat metodologiset valinnat. Luvussa käsitellään opinnäytetyössä käytetyt tutkimusmenetelmät, tiedonkeruumenetelmät sekä aineiston käsittely ja analysointi.

3.1 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusstrategisia valintoja tehtäessä on ensin syytä pysähtyä tarkastelemaan tutkimuksen tarkoitusta. Hirsjärvi ym. (1997) esittelevät teoksessaan *Tutki ja kirjoita* neljä mahdollista tutkimuksen tarkoitusta: (1) kartoittava (2) selittävä, (3) kuvaileva ja (4) ennustava tutkimus. Tämän opinnäytetyön tavoite on kartoittaa yrityksen organisoitumisen ja johtamisen nykymallia, tarkastella sitä tuotannon virtauksen näkökulmasta ja etsiä parannusehdotuksia – tällöin tutkimusta voidaan pitää sekä kartoittavana että selittävänä.

Kartoittavan ja selittävän tutkimuksen strategiat ovat yleisimmin kvalitatiivinen tutkimus ja kenttä-tutkimus, lisäksi selittävä tutkimus hyödyntää usein kvantitatiivisen tutkimuksen strategiaa. Tämä opinnäytetyö on toteutettu pääosin kvalitatiivisen tutkimuksen strategisia suuntaviivoja noudattaen. Tämän lisäksi aineistotoa on pieniltä osin kerätty myös kvantitatiivisiin menetelmin.

Opinnäytetyössä havaittiin useita piirteitä, jotka ohjasivat kvalitatiiviseen tutkimusstrategiaan:

1. Tutkimuksessa ei tähdätä ennalta määrätyn hypoteesin testaamiseen
2. Aiheesta on olemassa vain vähän jäsenneiltyä dataa
3. Virtausajattelu on rakennusalalla suhteellisen tuore ilmiö
4. Aihepiiri on abstrakti ja monitulkintainen.

Kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmiä hyödynnettiin mahdollisuuksien mukaan silloin, kun jäsenneiltyä dataa oli tarjolla.

3.2 Tiedonkeruu

Opinnäytetyön tiedonkeruu tapahtui pääsääntöisesti rakennusalan ja leanin asiantuntijoille suorite-
tuin teemahaastatteluin. Haastattelut suoritettiin joko Microsoft Teamsilla tai kasvotusten. Videota-
paamiset tallennettiin ja kasvokkain käydyt keskustelut nauhoitettiin.

Haastattelut aloitettiin alustuksella aiheeseen, jossa tutkija esitteli tutkimuskysymykset, tutkimuk-
sen tarkoituksen sekä aiheen perusterminologian. Tämän tarkoituksena oli välttää mahdolliset vää-
rinyymmärrykset sekä terminologiset ristiriidat.

Haastattelut koostuivat teemakysymyksistä, jotka on esitetty tämän opinnäytetyön liitteissä (Liitteet
1, 2 & 3). Kysymykset pidettiin yhteisesti esillä haastattelujen ajan. Kysymykset pyrittiin laatimaan
sitien, että ne antaisivat mahdollisimman paljon tilaa keskustelulle, eivätkä ohjaisi haastateltavan
vastauksia ennalta määrättyyn suuntaan. Tutkimuskysymykset laadittiin yhteistyössä opinnäyte-
työn ohjaajan kanssa.

Haastateltaviksi valikoitui viisi ammattilaista Fira Rakennus Oy:n asuntorakentamisen toimilinjasta:
vastaava työnjohtaja, kaksi projektipäällikköä, hankekehitysjohtaja sekä tuotantojohtaja sekä yksi
yrityksen ulkopuolinen, onnistuneen lean-implemентаation toteuttanut, toimitusjohtaja. Haastatel-
tavat valittiin perustuen tutkimuskysymyksiin ja siihen, mikä on haastateltavien tämänhetkinen rooli
yrityksessä ja aikaisempi kokemus alalta.

Tutkimukseen valittiin myös yksi toimeksiantajayrityksen case-kohde, jonka olemassa oleva ai-
neisto oli vapaasti tutkijan käytettävissä. Kohde edustaa toimeksiantajayrityksessä kehittyntä tuo-
tannon virtauksen esimerkkiä, jossa virtausajattelu on yrityksen toimilinjassa pisimmälle vietyä. Tut-
kimuksen aineistona käytettiin tämän case-hankkeen sopimuksia, aikatauluja, kokousmuistioita ja
muita kohdekohtaisia dokumentteja.

Edellä listattujen lähteiden lisäksi tutkimuksessa on hyödynnetty yrityksen sisäistä dataa hankkei-
den ajoituksista, organisaatiosta sekä johtamismalleista ja -työkaluista.

3.3 Aineiston käsittely ja analysointi

Haastattelujen tallenteet ja nauhoitteet säilytettiin oppilaitoksen tarjoamassa pilvipalvelussa. Haastattelut litteroitiin kysymys- ja haastattelijakohtaisesti Excel-taulukkoon, jota hyödynnettiin aineiston analysoinnissa.

Haastattelut toteutettiin itseään korjaavina haastatteluina, joissa haastattelija pyrkii tiivistämään kuulemansa ääneen. Tätä menetelmää hyödyntäen haastateltavalla oli mahdollisuus korjata mahdolliset asiavirheet heti haastattelutilanteessa. Lisäksi tiivistämisen tavoitteena oli helpottaa haastatteluaineistojen litterointi- ja analysointivaihetta.

Tutkimuksessa hyödynnetty tilastollinen data on analysoitu pääsääntöisesti Minitab ja Microsoft Excel -ohjelmilla.

4 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen tulokset ja vastataan opinnäytetyön alussa esitettyihin tutkimuskysymyksiin:

1. Miten toimeksiantajayritys, toimittajaverkosto ja virtauksen kannalta keskeisimmät sidosryhmät ovat organisoituneet ja mitkä ovat osapuolten tehtävät ja vastuut?
2. Mitä ongelmakohtia nykyisessä organisoitumisessa on havaittavissa tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista?
3. Miten toimeksiantajayrityksen tulisi uudistaa organisoitumistaan tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen kehittämiseksi?

4.1 Asiakasarvon määrittäminen

Toiminnan virtauksen analysoimiseksi on ensin määritettävä mikä tuottaa asiakkaalle arvoa. Muu kuin arvoa tuottava toiminta luokitellaan hukaksi, joka tulisi mahdollisuuksien mukaan karsia prosessista. Virtauksen muodostavat siis yksin toiminnot, jotka tuottavat asiakkaalle arvoa.

Tässä vaiheessa on hyvä tiedostaa, että rakennushankkeet ovat monimutkaisia ja moniammatillisia projekteja, joissa varsinaisen asiakkaan tarpeet eivät määrittele koko prosessia. Erilaiset viranomaiskäytännöt, kansalliset ja kansainväliset suunnittelu- ja laatukriteerit sekä lain edellyttämä dokumentointi ovat iso osa hankeprosessia, joka ei varsinaisesti tuota asiakkaalle arvoa. Tämä tosi-seikka luo hankkeiden virtaukseen häiriötä ja luo hankeosapuolten välille sisäisiä asiakkuuksia. Esimerkki sisäisestä asiakkaasta on viranomaistaho, jota voidaan pitää pääurakoitsijan ja pääsuunnittelijan asiakkaana. Viranomaiselle on luotava määrätyt selvitykset, suunnitelmat sekä järjestettävä vaaditut katselmukset. Viranomaistaholla on omat tarpeensa ja vaatimuksensa, jotka projektiorganisaation tulee täyttää.

Käyttötarkoitustaan palveleva tuote

Luonnollisesti asiakkaalle arvoa luo tuote, joka tyydyttää asiakkaan tarpeet ja vastaa sille tarkoitettua käyttötarkoitusta. Asiakas investoi ensisijaisesti tuotteeseen eli rakennukseen, ei prosessiin, joka johtaa tuotteen valmistumiseen.

Urakkahinta

Asiantuntijahaastattelussa yleisimmäksi asiakasarvoa tuottavaksi tekijäksi osoittautui urakkahinta. Asiakkaat ovat haastateltavien mukaan suhteellisen joustavia muiden tekijöiden suhteen, mikäli niiden kustannuksella saadaan alennettua urakkahintaa. Urakkahinnan merkitys korostuu erityisesti kokonaisurakoissa, joissa rakennusliike toteuttaa hankkeen tilaajan suunnitelmilla. Tällaisissa hankemuodoissa pärjäävät usein matalahierarkkiset yritykset, joilla on suhteellisen pienet kiinteät kulut. Hankkeissa, joissa suunnitteluvastuu on puolestaan pääurakoitsijalla, voidaan urakkahintaa optimoida esimerkiksi hakemalla kustannustehokkaita suunnitteluratkaisuja. Oli hankemuoto mikä tahansa määräytyy urakkahinta hankkeen neuvotteluvaiheessa. Asiakasarvon näkökulmasta voidaan tehdä oletus, että neuvotteluvaiheen toimenpiteet, jotka johtavat urakkahinnan laskemiseen, ovat arvoa tuottavaa työtä.

Interaktiivisuus, yhteistyö ja asiakaskokemus

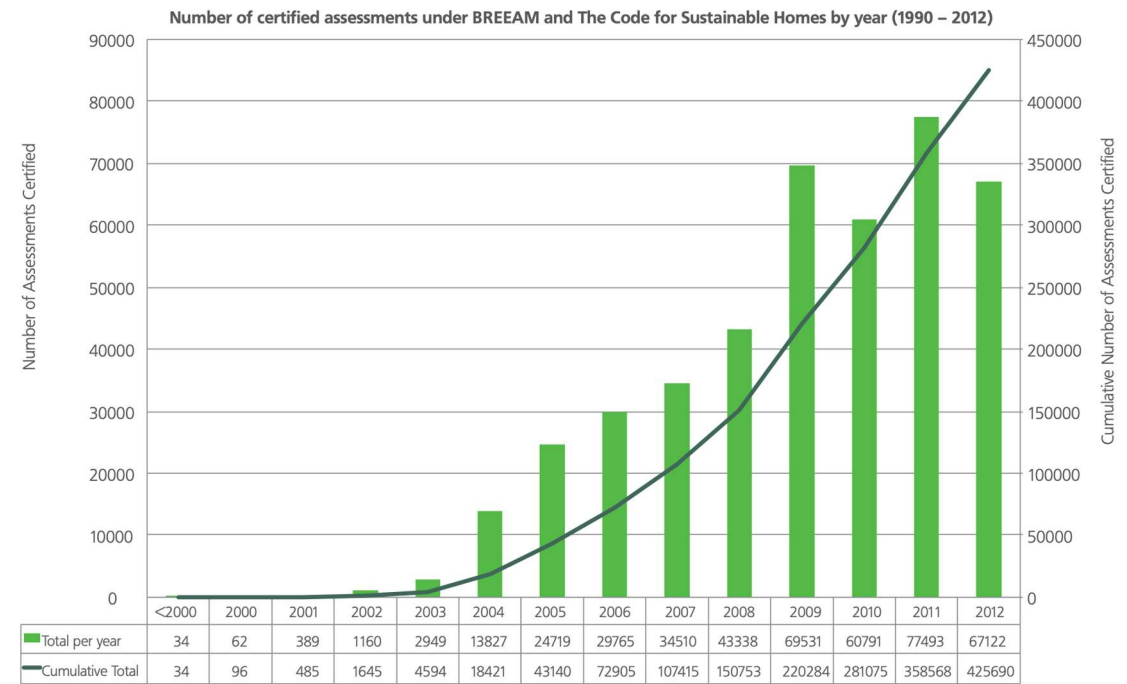
Hankekehitysprojektit ovat esimerkki hankkeista, joissa asiakasarvo määräytyy pitkälti muualta kuin yksin urakkahinnasta. Pidempiaikainen ja tiivis yhteistyö hankkeen konseptisuunnittelusta aina käyttöönottoon korostaa yhteistyön, joustavuuden ja asiakaspalvelun merkitystä. Firan saaman palautteen perusteella asiakkaat arvostavat interaktiivista konseptisuunnittelua, jossa asiakas, tilaaja ja/tai loppukäyttäjä, pääsevät aktiivisesti osallistumaan hankkeen alkuvaiheen suunnitteluun. Interaktiivisella konseptisuunnitteluprosessilla voidaan varmistaa, että tuote täyttää asiakastarpeen ja palvelee käyttötarkoitustaan.

Asiakkaat nostavat arvoonsa myös toimittajan kyvykkyyden antaa viipymättä hinta- ja toteutettavuustietoja vaihtoehtoisista ratkaisuista. Suunnitelmamuutosten hintatiedon odottamisen on koettu heikentävän asiakaskokemusta. Myös lean-teorian näkökulmasta on yksiselitteistä, että odotus heikentää tuotannon virtaustehokkuutta.

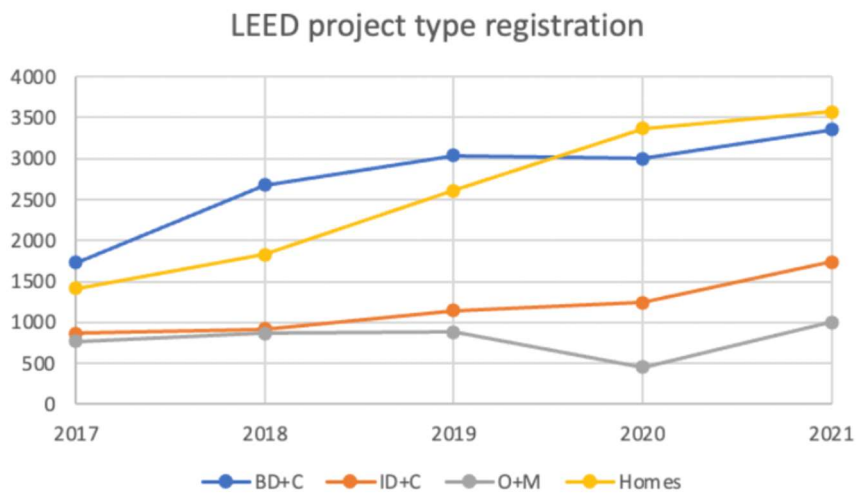
Kestävä kehitys

Ympäristöystävällisten kestävä kehityksen mukaisten ratkaisujen merkityksen on rakennusalalla havaittu korostuvan vuosi vuodelta. Haastateltavien näkemystä puoltavat myös BREEAM- ja LEED-sertifikaateista julkaistu statistiikka, joita on esitetty alla olevissa kuvaajissa (Kuvaajat 1 & 2).

KUVAAJA 1: BREEAM-sertifioitujen kohteiden määrä vuosina 2000-2012 (BRE Group, 2014).



KUVAAJA 2: LEED-sertifikaatin rekisteröineet projektit vuosina 2017-2021 (U.S. Green Building Council, 2022).



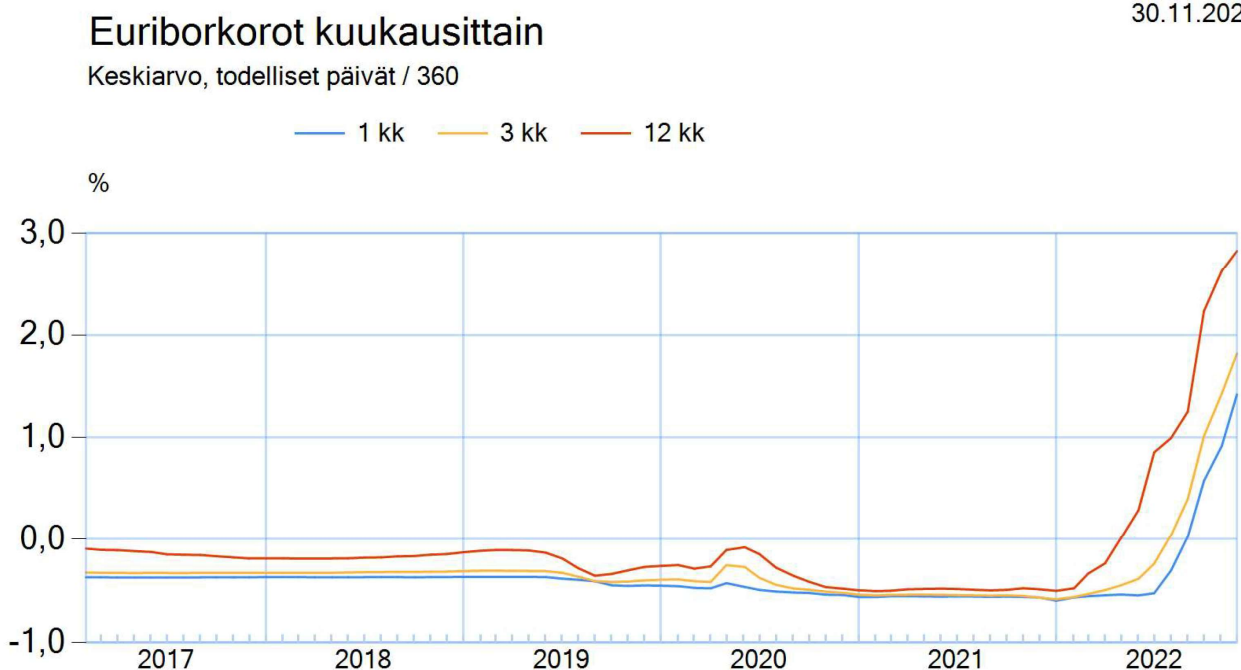
LEED-rekisteröityjen hankkeiden suurin nousu on tapahtunut asuntopuolella, jossa nousua on globaalisti tapahtunut 152 % viidessä vuodessa. Toinen opinnäytetyön kannalta merkittävä sarja on kuvaajan 2 BD+C (Building design and construction), joka kertoo koko talonrakennusalan kehityksestä. Koko talonrakennussektorilla LEED-rekisteröintien määrä on noussut tarkastelujaksolla 93,36 %.

Urakka-aika

Viimeisenä asiakasarvoa tuottavana tekijänä mainittakoon rakennusvaiheen kesto eli urakka-aika. Rakennusvaiheella tarkoitetaan ajanjaksoa urakkasopimuksen syntymisestä rakennuksen käyttööntoon. Rahoituskulujen jyrkän kasvun myötä rakennushankkeiden keston vaikutuksen arvonluonnissa uskotaan uusissa hankkeissa korostuvan entisestään. Kuvaajassa 3 on esitetty 1, 3 ja 12 kk euriborkorkojen kuukausittaiset keskiarvot tammikuusta 2017 lokakuuhun 2022 (Kuvaaja 3). Korot ovat kuluvan vuoden aikana nousseet jyrkästi miinuskoroista aina +1,5...2,8 % tietämille. Mitä lyhyempi rakennusaika, sitä lyhyempi laina-aika ja pienemmät rahoitusmenot. Rakennusaika asiakasarvon mittarina on siis vahvasti kytköksissä urakkahintaan.

KUVAAJA 3: Euriborkorkojen kuukausittaiset keskiarvot (Suomen pankki, 2022).

30.11.2022



4.2 Porttimalli

Firan sisäisesti käyttämä *porttimalli* antaa selkeän ja helposti sisäistettävän kuvan sekä hankeprosessista että tehtävien välisistä riippuvuuksista. Mallissa *portit* edustavat tarkastelupisteitä, joiden läpi projekti kulkee. Kussakin portissa on sille vakioidut ehdot, jotka projektin tulee täyttää siirtyäkseen prosessissa seuraavaan vaiheeseen. Porttimalli on työkalu, joka mahdollistaa muun muassa tuotannon jatkuvan virtauksen, toiminnan jatkuvan parantamisen yli projektien, visuaalisen tilannekuvan luomisen sekä projektiosapuolten keskinäisten riippuvuuksien havainnollistamisen. Jäljempänä esitetty portfolioarvovirtakuvaus (Kuva 8) on johdettu Firan asuntorakentamisen linjan porttimallista.

Asuntorakentamisen linjan portteja on yhteensä 12. Ne kattavat koko projektin aina hankkeen kehittämisen-/tarjouslaskentapäätöksestä rakentamisvaiheen loppuun ja takuuvaiheeseen siirtymiseen.

Portit on nimetty seuraavasti:

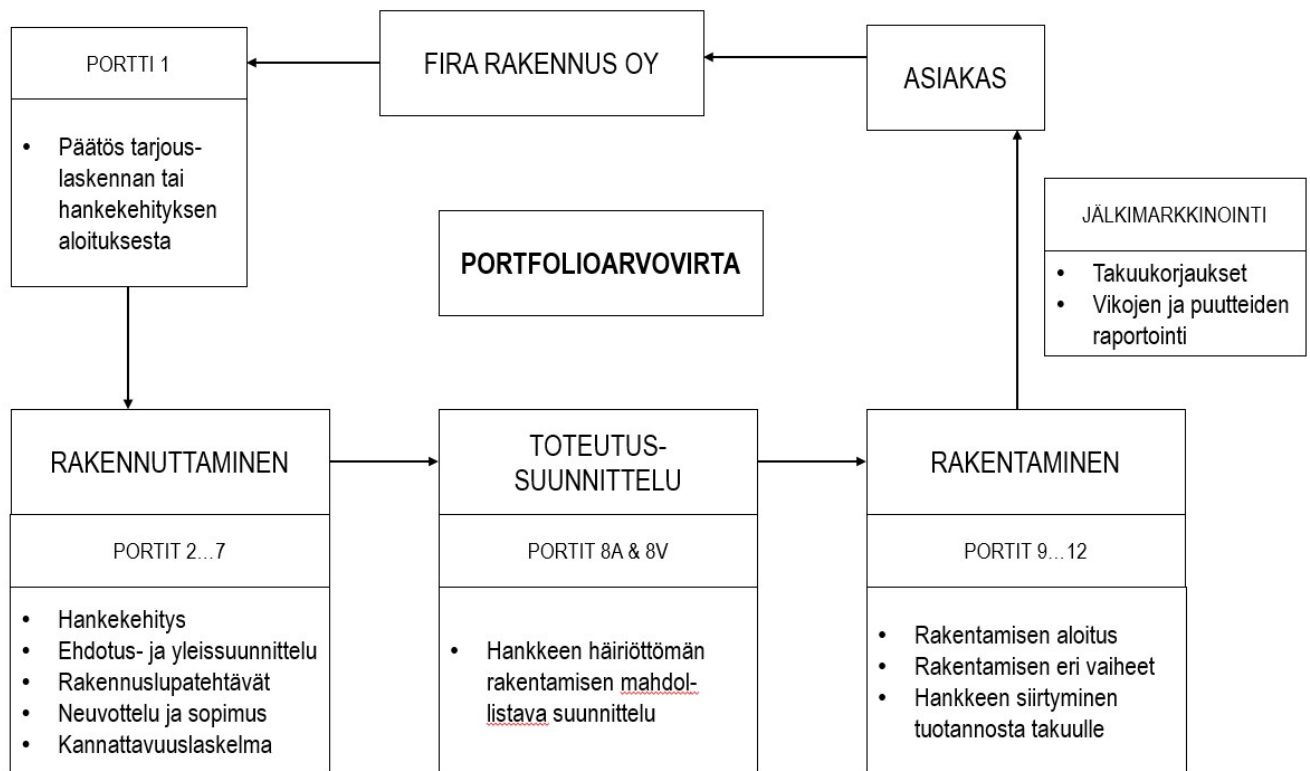
1. Mahdollisuusanalyysi tehty
2. Hankesuunnitelma hyväksytty
3. KVR-tarjouspyyntöaineiston analyysi ja toimenpidesuunnitelma
4. Arkkitehdin luonnossuunnitelmat hyväksytty
5. Laskennan aloituspalaveri
6. Kaupallinen tarjouspalaveri
7. Urakkasopimus hyväksytty
8. A. Toteutussuunnittelun aloitus
9. Rakentaminen alkaa
8. V. Toteutussuunnittelu valmis
10. Sisävaiheen aloitus
11. Luovutusvaiheen aloitus
12. Tuotannosta takuulle.

Porttien tarkempi kuvaus ja porttien sisältämien ehtojen avaaminen on tilaajayrityksen toiveesta jätetty tämän opinnäytetyön ulkopuolelle.

4.3 Portfolioarvovirta

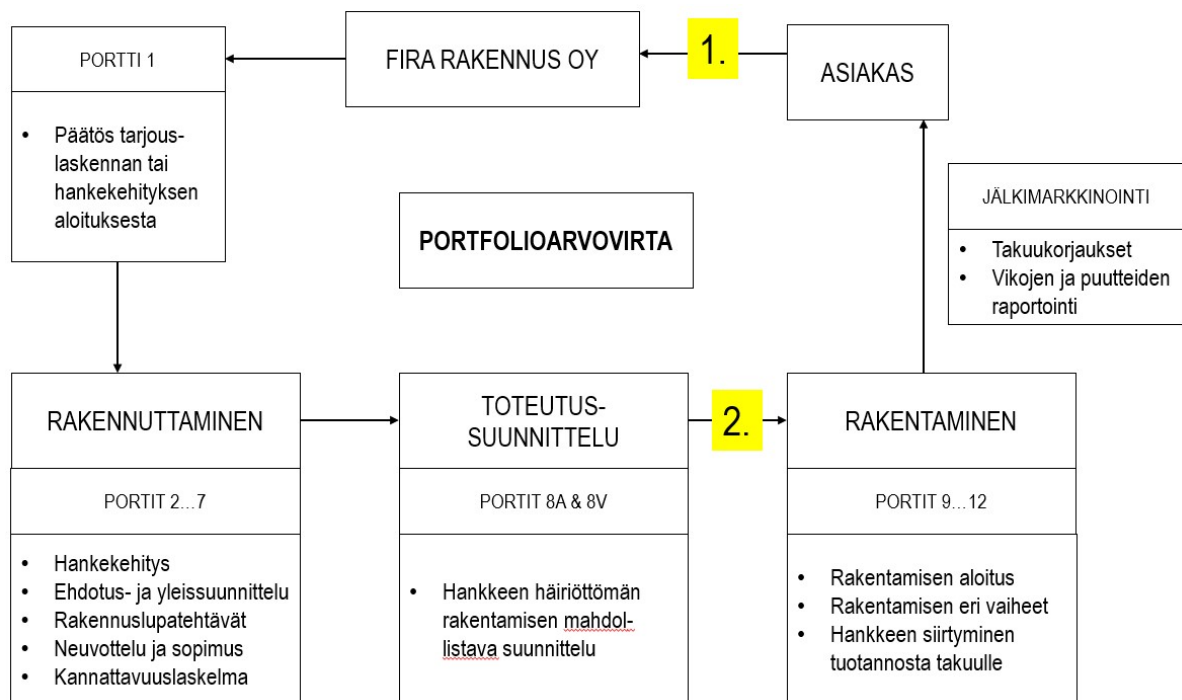
Portfolioarvovirtakuvauksen (Kuva 9) laatimiseksi arvovirta on tässä opinnäytetyössä jaettu kolmeen osaprosessiin, jotka sisältävät seuraavat portit:

1. Rakennuttamisprosessi: portit 2...7
2. Toteutussuunnitteluprosessi: portit 8A ja 8V
3. Rakentamisprosessi: portit 9...12.



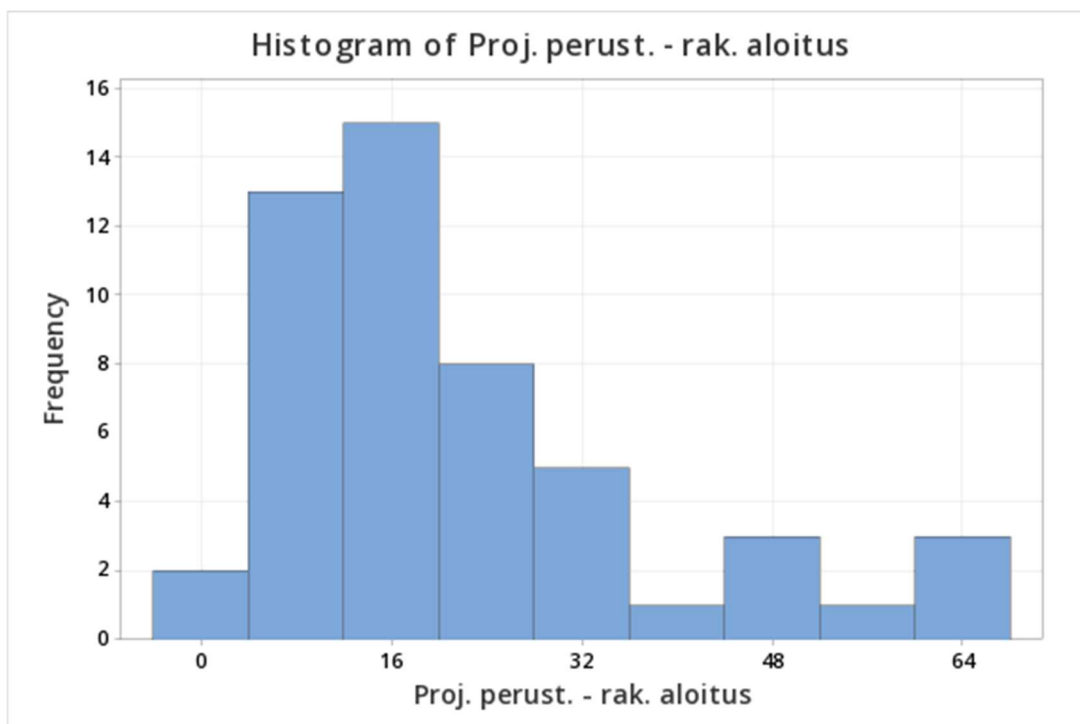
KUVA 9: Firan asuntorakentamisen linjan portfolioarvovirtakuvaus.

Kunkin prosessin kestoissa on hankkeiden välillä hajontaa riippuen muun muassa urakkamallista, hankekoosta, asiakkaasta, rakennuksen käyttötarkoituksesta ja viranomaisprosessin kestosta. Alla olevassa histogrammissa (Kuvaaja 4) on esitetty 51 hankkeen kesto kuukausina asiakkaan tarjouspyynnön vastaanotosta eli hankkeen perustamisesta (Kuva 10: tarkastelupiste 1) rakentamisvaiheen alkamiseen (Kuva 10: tarkastelupiste 2).



KUVA 10: Tarkasteluväli hankkeen perustamisesta rakentamisen aloitukseen arvovirtakuvauksessa.

KUVAAJA 4: Hankkeiden kestot perustamisesta rakentamisen aloitukseen



Variable	N	Mean	StDev	Min	Q1	Median	Q3	Max	Range
Proj. perust. - rak. aloitus	51	21.91	16.52	3.10	11.43	16.00	28.17	65.37	62.27

Yllä esitetty analyysi osoittaa hankkeiden tarkastelupisteiden välisten kestojen keskiarvon olevan 22 kk, kesihajonnan ollessa 16,5 kk 62,3 kuukauden vaihteluvälillä. Tästä voidaan tehdä johtopäätös, ettei kaikkia hankkeiden alkupään osaprosesseja olla toistaiseksi onnistuttu vakioimaan.

Myös eri projektien rakentamisvaiheiden kestoissa on variaatiota. Rakentamisvaiheen kesto riippuu suurimmalta osin siitä, miten iso toteutettava hanke on. Tällä hetkellä Firan asuinkerrostalojen runkoasennukset pystytään toteuttamaan nopeimmillaan kerros viikossa -tahdilla, suuremmissa rakennuksissa tahti on hitaampi, esimerkiksi 1 lohkerros viikossa.

Vaiheiden kestojen varianssit vaikeuttavat linjaorganisaation resursointia. Varianssia havaitaan siis sekä yksittäisessä projektissa eri vaiheiden välillä että vaihekohtaisesti eri projektien välillä. Moniammatillisessa organisaatiossa ja vaihtelun vallitessa resursseja on väistämättä paikoin toimitettava tai ylikuormitettuna.

4.4 Avainorganisaatio ja vaaditut kompetenssit projektin eri vaiheissa

Portfolioarvovirran määrittämisen jälkeen on tarkoituksen mukaista syventyä tarkastelemaan ketkä työstävät mitään prosessin vaihetta, ja mitkä ovat eri osapuolten vastuut porttien ehtojen ja asiakasarvon täyttymisessä. Alla olevassa taulukossa on esitetty projektin vaiheet ja vaiheisiin osallistuvat avainhenkilöt (Taulukko 1).

TAULUKKO 1: Projektiosapuolet projektin eri vaiheissa.

<i>Vaihe</i>	<i>Osallistuvat henkilöt</i>
Tarjouspyynnön vastaanotto	Asiakkuudet ja myynti -organisaatio
Mahdollisuusanalyysi	Linjajohto, myyntiorganisaatio, hankekehityspäällikkö
Hankekehitys/konseptisuunnittelu	Sisäinen arkkitehti, hankekehityspäällikkö, projektipäällikkö
Luonnossuunnittelu	Sisäinen arkkitehti, suunnittelupäälliköt, projektipäällikkö

Tarjouslaskenta	Laskentaorganisaatio, projektipäällikkö, työpäällikkö
Urakkaneuvottelut	Linjanjohtaja, työpäällikkö, projektipäällikkö, tilaaja
Toteutussuunnittelu	Projektipäällikkö, ulkoiset suunnittelijat, suunnittelu-päälliköt, työpäällikkö, työmaaorganisaatio, hankintaorganisaatio, avaintoimittajat
Rakentaminen	Työpäällikkö, projektipäällikkö, työmaaorganisaatio, hankintaorganisaatio, urakoitsijat, materiaali- ja tuote-toimittajat, suunnittelijat, tilaaja, valvojat, viranomaiset, loppukäyttäjät, muut tukitoiminnot

Yllä oleva taulukko (Taulukko 1) osoittaa, että tavanomaiseen asuinkerrostalohankkeeseen osallistuu satoja henkilöitä. Projektien onnistumisen ja jatkuvan virtauksen aikaansaamiseksi on ehdotoman tärkeää määritellä ja viestiä eri osapuolten tehtävät ja vastualueet.

4.4.1 Tarjouspyynnön käsittely ja mahdollisuusanalyysi

Firan asuntolinjan linjajohto vastaa linjan myynnistä ja vastaanottaa asiakkaan tarjouspyynnön. Prosessi asiakkaan yhteistyöhalukkuuden osoittamisen ja tarjouksenjättöpäätöksen välillä vaihtelee huomattavasti asiakuudesta ja hanketyypistä riippuen.

Asuntorakentamisen linjajohto vastaa kyseisen linjan toiminnasta ja taloudesta, sisältäen myyntitavoitteiden ja asiakastytyväisyyden saavuttamisen. Linjajohdon tehtävä, yhdessä hankekehitysorganisaation sekä linjan myyjän kanssa, on analysoida ja arvioida tarjolla oleva projekti onnistumisen mittarien näkökulmasta. Linjajohto tekee lopullisen päätöksen siitä, tarjoaako Fira kyseistä urakkaa ja millä ehdoin.

Asiakastytyväisyyden takaamiseksi hankkeen ensimmäinen vaihe edellyttää asiakaspalvelun ja viestinnän osaamista. Mahdollisuusanalyysin ja hankkeen perustamispäätöksen tekeminen puolestaan edellyttää sekä strategista että riittävässä määrin operatiivista tai teknistä osaamista.

4.4.2 Rakennuttamisen tehtävät

Rakennuttamisen tehtäviin kuuluvat hankekehitys-, konsepti- ja luonnossuunnittelut, tarjouslaskenta, urakkaneuvottelut sekä asiakasyhteistyö ja -palvelu. Rakennuttamistehtävät luovat perustan onnistuneelle projektille. Ne koostavat hyvin moniammatillisen ja multiperspektiivisen projektin vaiheen, jossa eri prosessinomistajat antavat panoksensa projektille.

Portfolioperspektiivistä hankekehityksestä vastaa hankekehitysjohtaja, joka toimii tiiviissä yhteistyössä projektipäälliköiden ja Firan sisäisten suunnittelijoiden kanssa. Projektitasolla vastuu tuloksellisuudesta ja asiakasyhteistyöstä hankekehitysvaiheessa on yksittäisellä projektipäälliköllä, jonka esimiehenä hankekehitysjohtaja toimii. Projektipäälliköltä odotetaan vahvan teknisen osaamisen lisäksi asiakaspalveluosaamista sekä kykyä johtaa moniammatillista suunnitteluorganisaatiota.

Laskentaorganisaation tavoitteena on yhdessä projekti- ja työpäälliköiden kanssa laatia taloudellisesti kannattava, mutta kilpailukykyinen urakkatarjous. Laskentaorganisaatio koostuu useammasta henkilöstä, joiden kesken laskennan vastuualueet, kuten määrälaskenta, hinnoittelu ja ennakkotarjouskyselyt, on jaettu. Laskentaorganisaatiolta vaaditut kompetenssit ovat pääsääntöisesti teknisiä.

Tilaaajan ja Firan välisiä urakkaneuvotteluja käydään tarjouslaskennan valmistuttua tilaaajan edustajien, linjajohdon ja työ- ja projektipäälliköiden toimesta. Neuvotteluvaiheen tavoitteena on allekirjoittaa taloudellisesti kannattava ja liiketoimintastrategiaa noudattava urakkasopimus. Urakkasopimuksen allekirjoitus sinetöi hankkeen ja johtaa toteutussuunnittelun kautta rakentamisvaiheeseen. Neuvotteluvaiheen organisaatiolta edellytetään neuvottelutaitoja, strategista, operatiivista ja teknistä osaamista sekä hyviä sisäisen viestinnän taitoja.

4.4.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaihetta ohjaa projektipäällikkö, jonka vastuulla on suunnittelunohjaus. Suunnittelunohjauksen tarkoitus on varmistaa, että toteutussuunnitelmat kohtaavat loppukäyttäjän, rakennushankkeen tilaaajan sekä rakennusliikkeen asettamat vaatimukset. Toteutussuunnittelua toteuttavat projektille palkatut eri suunnittelualojen suunnittelijat. Myös Firan sisäiset suunnittelupääl-

liköt antavat oman panoksensa suunnitteluprosessin sujuvoittamiseen. Moniammatillisessa suunnitteluorganisaatiossa korostuvat teknisen osaamisen lisäksi viestinnälliset taidot. Yhteisen päämäärän saavuttaminen edellyttää aktiivista vuorovaikutusta ja prososiaalista toimintaa. Projekti-päälliköltä odotetaan kykyä ymmärtää, selittää ja koordinoita hankekokonaisuutta.

Toteutussuunnitteluvaiheessa oman roolinsa ottavat myös projektin työpäällikkö yhdessä työmaa-organisaation, esimerkiksi vastaavan työnjohtajan ja työmaainsinöörin, kanssa. He tuovat suunnitteluvaiheeseen oman tietämyksensä hankkeiden toteutuksesta niin kutsutussa tuotannosuunnittelun prosessissa. Tässä prosessissa toteutuksesta vastaava organisaatio laatii suunnitelmat häiriöttömän toteutuksen onnistumiseksi, sisältäen muun muassa keskeiset aikataulut, työmaa- (vrt. tehdas-layout), hankinta- ja laadunhallintasuunnitelmat. Tukea tuotannosuunnitteluun tuovat Firan hankintaorganisaatio sekä valikoituneet tuotetoimittajat ja aliurakoitsijat, kuten runko- ja tilaelementtitoimittajat.

Sekä rakentaminen että sitä edeltävä tuotannosuunnittelu henkilöityvät vahvasti projektin vastaavaan työnjohtajaan. Vastaavien työnjohtajien toimintatapaeroista johtuen aliurakoitsijoiden ja tuotetoimittajien roolien ja osallistumisen on havaittu vaihtelevan hankekohtaisesti. Tuotannosuunnittelu edellyttää osallistujiltaan vahvaa teknistä ja operatiivista osaamista sekä kykyä käsittää suuria kokonaisuuksia ja tehtävien välisiä riippuvuuksia.

4.4.4 Rakentaminen

Henkilömäärällisesti rakentamisvaiheen organisaatio on projektin vaiheista laajin. Suuremmissa hankkeissa pelkkä päivittäinen työmaavahvuus voi olla satoja henkilöitä. Vaiheen organisaatio koostuu työpäälliköstä, projektipäälliköstä, työmaan toimihenkilöistä (vastaava työnjohtaja, työmaainsinöörit ja työnjohtajat), aliurakoitsijoiden edustajista, materiaalityöntekijöistä, suunnittelijoista, tilaajan edustajista, valvojista, konsulteista sekä viranomaisista. Rakentamisvaiheen vastuut jakautuvat suhteellisen laajasti ja osin epäjohdonmukaisesti projektin jäsenten kesken.

Projektin tulosvastuu on toteutusvaiheessa työpäälliköllä. Lisäksi työpäällikön avaintehtäviin kuuluvat asiakasyhteistyö sekä projektin talousraportointi ylemmälle johdolle.

Projektipäällikkö puolestaan vastaa suunnittelusta. Hän koordinoi suunnittelua ja varmistaa, että asetetut sopimusvelvoitteet ja tekninen toteutettavuus täyttyvät. Projektipäällikön on myös huomioidava työssään projektille asetetut taloudelliset tavoitteet.

Työmaatoimihenkilöt johtavat projektin toteutusta. Vastaava työnjohtaja vastaa projektin aikataulusta, laadusta sekä työturvallisuudesta. Vastaava työnjohtaja omaa myös laajan juridisen vastuun, mitä tulee laatuun ja työturvallisuuteen. Vastaavan työnjohtajan vastatessa koko projektista, on eri rakennusvaiheiden ja -tehtävien johtaminen ositettu työnjohtajille, joiden lähiesimiehenä vastaava työnjohtaja toimii. Työmaainsinöörit puolestaan tuottavat tietoa projektin taloudesta, laadusta ja aikatauluista ja toimivat vastaavien työnjohtajien aisapareina työpäällikön alaisuudessa.

Aliurakoitsijoiden ja materiaalityöntekijöiden rooleissa on valtavasti vaihtelua. Toimitusten laajuus, tekninen haastavuus ja vaikutus muihin työvaiheisiin vaihtelevat suuresti. Aliurakoita ja materiaalityöitä ohjataan pääsääntöisesti sopimuksilla ja tilauksilla, joihin on määritelty muun muassa toimeksianton laajuus, toimittajan ja tilaajan velvoitteet, aikataulutavoitteet, suoritettava laatutaso, urakkahinta ja sen määräytyminen.

Työpäällikkö yhdessä työmaan toimihenkilöiden kanssa vastaa hankkeen luovutuksesta tilaajalle. Tämän jälkeen hanke siirtyy takuujalle, jonka vaatimista toimenpiteistä vastaa siihen erikseen nimetty vastuu- ja takuukorjausorganisaatio.

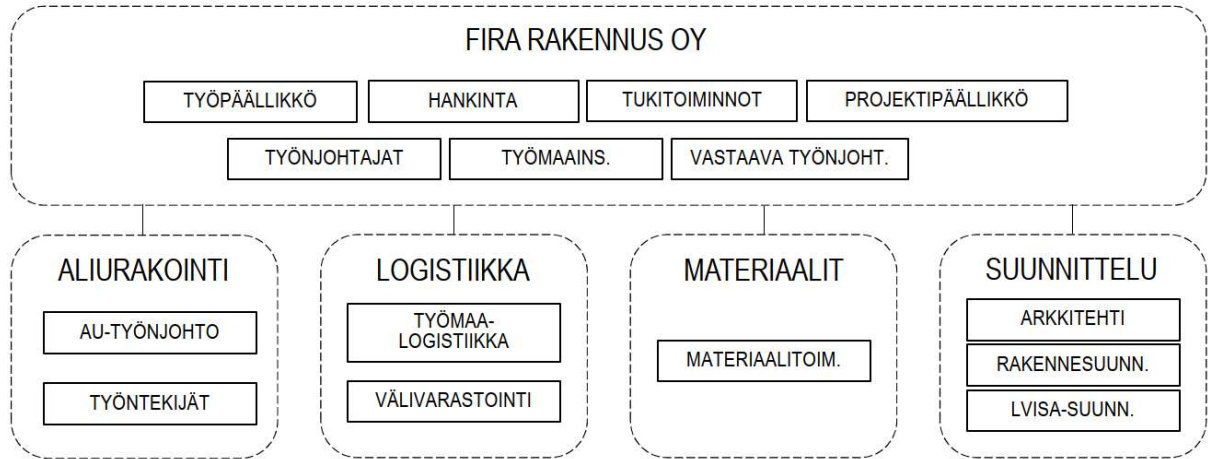
4.5 Työmaaorganisaation sopimussuhteet ja komentoketju

Tässä luvussa esitetyt työmaaorganisaation sopimussuhteiden (Kuva 11), komento- (Kuvat 12a...c) ja kommunikaatioketjujen (Kuva 13) nykymallien kuvaukset perustuvat case Opaalikuja 2 -projektiin. Kuvatussa esimerkkitalanteessa työvaiheen työntekijöitä ohjaa aliurakoitsijan oma työnjohtaja ja aliurakkaan liittyvät materiaalihankinnat on vastuutettu Firalle.

Fira toimii hankkeessa pääurakoitsijana. Firan alla ovat erillisillä sopimuksilla niin aliurakka, materiaalityöntekijät, logistiikkaurakoitsija sekä suunnittelu. Eri suunnittelualat kuten arkkitehti-, rakenne- ja LVI-suunnittelu ovat kuvasta poiketen erillisissä sopimussuhteissa Firan kanssa. Logistiikkaurakka sisällyttää niin materiaalien välivarastoinnin, kuljetuksen työmaalle, vastaanoton ja puron sekä haalauksen määrättyihin pisteisiin. Aliurakoissa Firan henkilöstö kommunikoi aliurakoitsijan

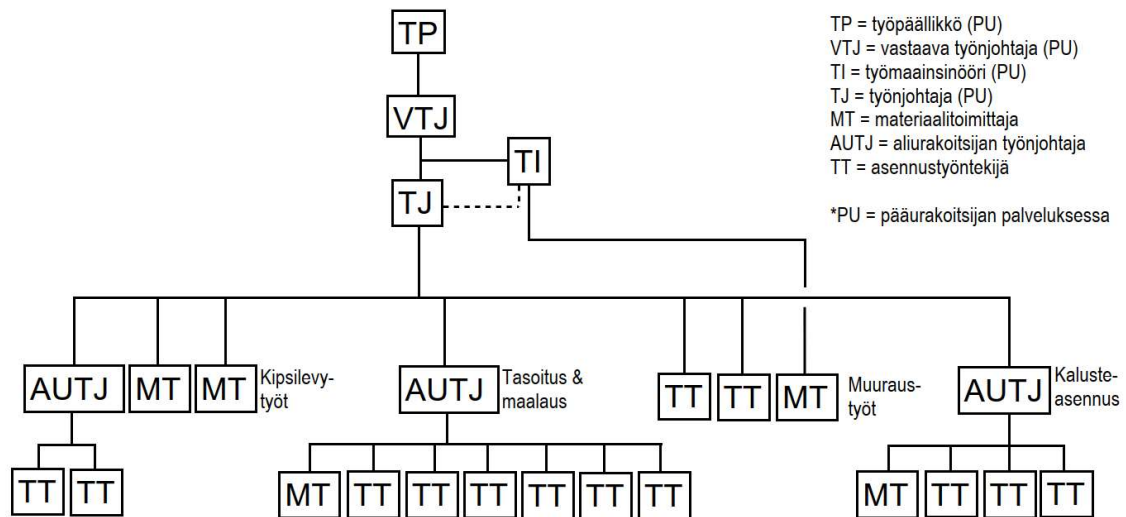
työnjohtajan kanssa, joka puolestaan välittää viestiä työntekijöille. Työntekijät voivat olla joko aliurakoitsijan palkollisia tai heidän kanssaan sopimussuhteessa olevia ketjutettuja urakoitsijoita.

SOPIMUSSUHTEET, NYKYMALLI

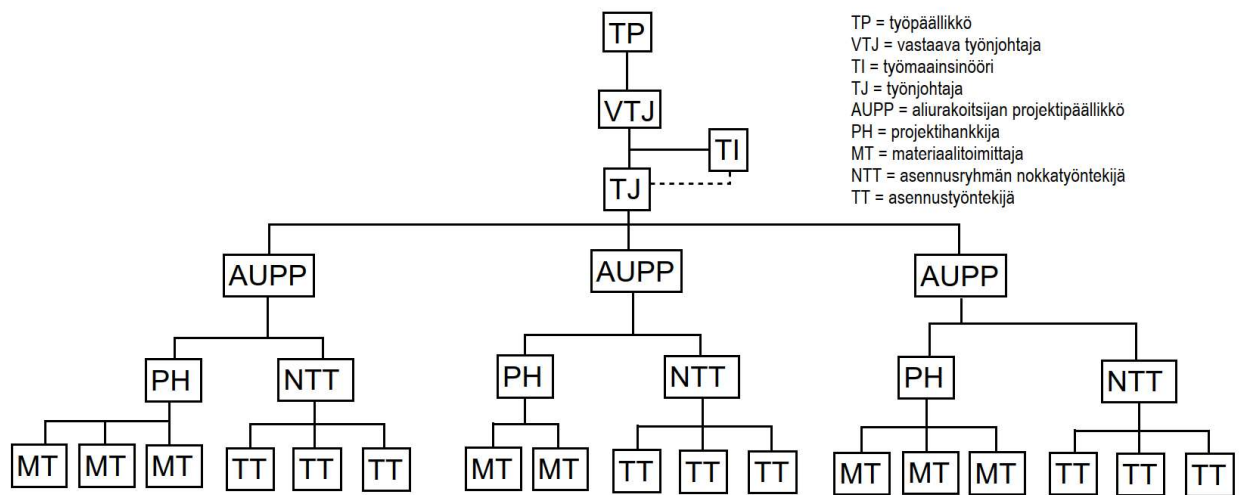


KUVA 11: Nykymallin mukaiset sopimussuhteet, kun aliurakoitsijalla oma työnjohto ja materiaalihankinta Firalla.

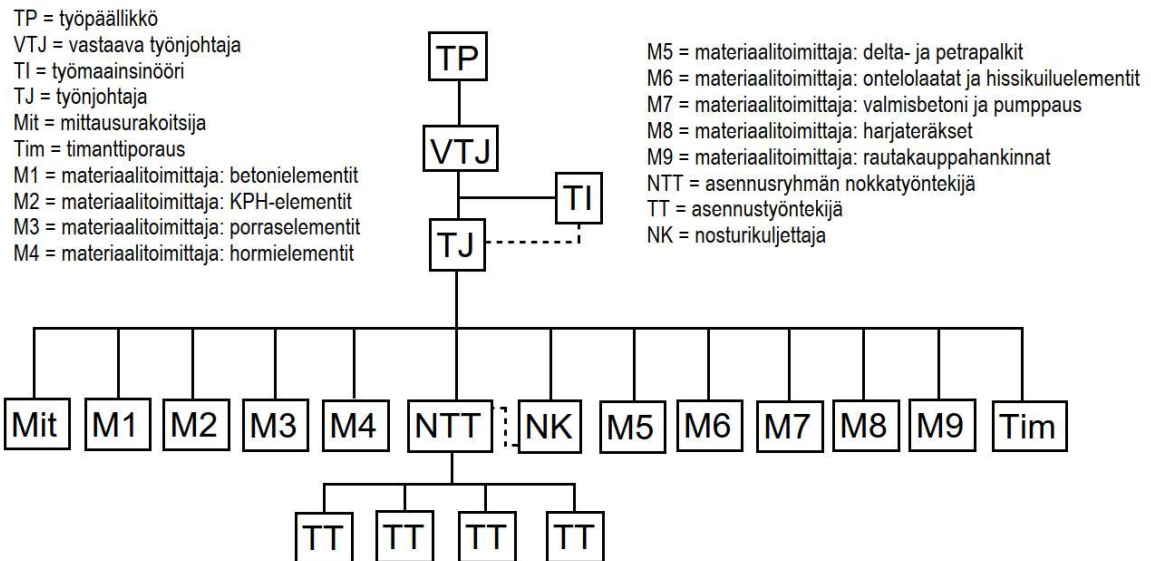
Kuvissa 12a, 12b ja 12c on esitetty erityyppisiä työmaaorganisaation komentoketjuja aina työpäälliköltä työntekijälle. Kuvissa janat osoittavat toimijoiden väliset komentosuhteet siten, että janat toisessa päässä on komennon antaja ja toisessa vastaanottaja. Katkoviivalla esitetyt janat osoittavat epäsuoran määräysvallan eli tahattomasti ja tarkoituksettomasti syntyneen komentosuhteen. Kuten kuvista voidaan havaita, voi eri osapuolilla olla useita johdettavia. Alla olevat kuvat on laadittu yksittäisen projektin ja yksittäisen henkilön perspektiiviin. Laajempi tarkastelu osoittaa, että esimerkiksi aliurakoitsijoiden työnjohtajilla voi olla useita projekteja ja sen myötä useampia johtajia ja johdettavia. Luettavuuden vuoksi komentosuhteet ovat varsin yksinkertaistettuja. Lisäksi aliurakoitsijoiden sisäiset komentosuhteet ovat viitteellisiä sillä niitä ei olla tässä työssä tutkittu.



KUVA 12a: Nykyinen komentoketju pääurakoitsijan sisävalmistusvaiheesta vastaavan työnjohtajan näkökulmasta.



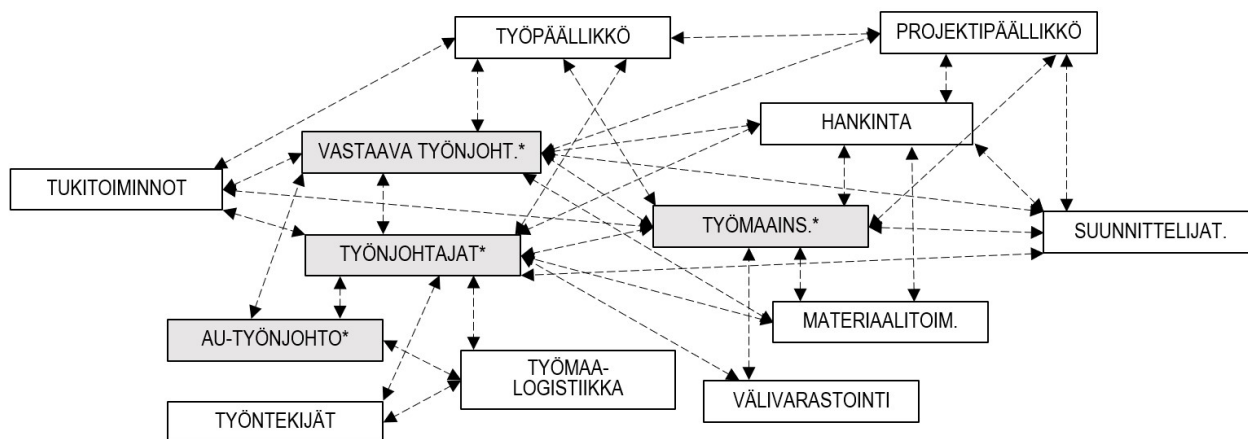
KUVA 12b: Nykyinen komentoketju talotekniikasta vastaavan työnjohtajan näkökulmasta.



KUVA 12c: Nykyinen komentoketju runkotöistä vastaavan työnjohtajan näkökulmasta.

Yhden projektin sisällä havaittiin useita erilaisia komentoketjuja, jotka ovat ajan saatossa muovautuneet työlajilleen ominaisiksi. Sisätyönjohtaja vastaa useammasta samanaikaisesta työvaiheesta, joissa kussakin on hieman erilaiset johtamis- ja vastuurajat; taloteknisissä töissä työnjohtaja viestii aliurakoitsijoiden projektipäälliköiden kanssa, jolloin työn päivittäisjohtaminen ja materiaalityöntekijöiden koordinointi ovat pitkälti aliurakoitsijoiden projektipäälliköiden vastuulla; runkotyövaiheessa yksittäinen työnjohtaja on henkilökohtaisesti johtovastuussa ainakin 13 osapuolesta.

Kuvaan 13 visualisoitu kommunikaatioketju osoittaa, kuinka eri osapuolet vaihtavat keskenään tietoa. Tiedonvaihto on koordinoimatonta ja tapahtuu tilanteesta riippuen vaihtelevasti henkilöltä toiselle. Tällaisessa mallissa tieto jää usein kahden henkilön väliseksi, mikä voi johtaa informaation tiriitöihin. Malli ei myöskään hyödynnä parhaalla mahdollisella tavalla eri osapuolten osaamista ja ammatillista näkemystä. Toisaalta tällainen malli on saumaton ja ketterä, eikä tiedon tarvitse liikkua pitkiä ketjuja.



KUVA 13: Nykymallin mukainen kommunikaatioketju, kun aliurakoitsijalla on oma työjohto ja materiaalihankinta on Firalla.

4.6 Virtauksen tehostaminen

Määritettyämme asiakasarvon, prosessin arvovirran, prosessiin osallistuvat henkilöt sekä heiltä vaaditut kompetenssit perehdytään pohtimaan toimia ja uudistuksia jatkuvamman virtauksen aikaansaamiseksi. Lean-oppien mukaan virtausta tulisi tehostaa pääsääntöisesti poistamalla jatkuvuutta häiritseviä tekijöitä.

4.6.1 Pois resurssitehokkuuskeskeisyydestä

Resurssitehokkuudella tarkoitetaan henkilöresurssien maksimaalista käyttöä. Korkeaa resurssitehokkuutta ylläpidetään muun muassa työjonoilla, jolloin yhden tehtävän päätyttyä työntekijällä on heti seuraava tehtävä jonossa odottamassa, tällöin työntekijän aikaa ei kulu odottamiseen. Toisin sanoen resurssitehokkuutta ylläpidetään virtaustehokkuuden kustannuksella – työntekijän odotusajan vähentäminen lisää tehtävien ja asiakkaan odotusaikaa.

Resurssitehokkuuden tavoittelu näkyy toimeksiantajaryityksessä muun muassa laskentavaiheen organisoitumisessa. Suhteellisen suuri laskentaorganisaatio työstää useamman projektin kustannuslaskentaa samanaikaisesti, mikä johtaa kasvaviin odotusaikoihin, joista kärsivät sisäisten asiakkaat. Yksittäisten laskentahenkilöiden vastualueiden laajentamisella voitaisiin parantaa projektin rakennuttamisvaiheen virtausta. Tällöin projektiin osallistuisi vähäisempi määrä henkilöitä, jol-

loin tiedon odottaminen ja viestinnän tarve vähenisivät. Lisäksi projektihenkilöt voisivat ihanneta-pauksessa toteuttaa kappalevirtautettua tuotantologiikkaa ja suorittaa vain yhden projektin lasken-taa kerrallaan. Laskentaorganisaation lisäksi samaa resurssitehokkuuden tavoittelua on nähtävillä suunnittelijoiden keskuudessa. Myös rakennusvalvontavirastot ovat syyllistyneet osaltaan samaan ongelmanaiheuttajaan eli henkilöstön aliresursointiin.

Resurssitehokkuusajattelusta kärsii isosti myös projektin tuotantovaihe, jonka virtaus perustuu vah-vasti aliurakoitsijoiden kykyyn ja halukkuuteen sitoutua pääurakoitsijan laatimiin aikatauluihin. Ali-urakoitsijoilla on tavallisimmin useita päällekkäisiä projekteja, joilla he välttävät resurssien ”tyhjä-käynnin”. Samanaikaisesti useammassa hankkeessa työskentely mahdollistaa tilapuskurien kerty-misen, mikä puolestaan edesauttaa resurssitehokkuuden ylläpitoa. Tämä kasvattaa projektin kes-keneräisten tuotteiden määrää, kun yksittäistä asuntoa ajatellaan tuotteena. Korkean resurssite-hokkuuden tavoittelu ajaa toimintaa kappalevirtauksesta kohti erätuotantoa.

Myös suhteettoman suuret ”vaadittavat määrät vapaata mestaa” tavoittelevat yksittäisen aliurakoit-sijan korkeaa resurssien käyttöastetta. Jos aliurakoitsijalle kirjataan, että toimittajalle on ol-tava vapaata mestaa jatkuvasti vähintään yhden kerroksen verran, tarkoittaa se käytännössä sitä, että yhdessä huoneistossa toimiessaan ovat kerroksen muut vapaat huoneet odottamassa työtä. Tällainen toiminta heikentää tuotannon prosessivirtausta.

Resurssitehokkuusajattelusta voidaan pyrkiä eroon poistamalla perinteisiä ansaintamalleja, joissa rakentaminen ja sen valmistelu perustuvat kokonais- tai yksikköhinnoiteltuihin urakoihin. Jatkuvan virtauksen aikaansaamiseksi työn tulisi olla ensisijaisesti tuntihinnoiteltua. Tällöin resurssitehokkuuden ylläpito ei tuottaisi tekijälleen taloudellista hyötyä.

Resurssitehokkuuskeskeisyyttä voidaan pyrkiä poistamaan myös vaikuttamalla organisaatiokaavi-oon. Työnsuorittajan päivittäiseen toimintaan vaikuttavan työnjohtajan ei tulisi priorisoida työnvir-tausta yli prosessivirtauksen. Tällaisen muutoksen aikaansaaminen vaatii muutoksia tuotannon or-ganisoitumiseen ja komentoketjuihin. Nykymallissa työnsuorittajien johtaminen on pitkiltä osin ali-urakoitsijoiden työnjohdon varassa. Tällöin päivittäisjohdossa korostuu aliurakoitsijayrityksen sisäi-set tavoitteet. Aliurakoitsijayrityksen tavoitteita saatetaan ajaa usein yksittäisen projektin tavoittei-den kustannuksella.

Kannattavan liiketoiminnan ylläpitämiseksi ei resurssitehokkuutta voida kuitenkaan sivuuttaa kokonaan. Maksimaalisen prosessivirtauksen aikaansaamiseksi jokaiselle tarkoin rajatulle työvaiheelle varattaisiin oma resurssi, joka odottaisi omaa hetkeään, jolloin kyseinen työvaihe on suoritettavissa. Myös odotusaika maksaa, joten tällainen strategia ei luonnollisestikaan olisi kustannustehokasta. Projektin tuotannonvirtauksen optimointi onkin prosessi- ja työnvirtauksen välistä tanssia, jossa leanin näkökulmasta prosessivirtaus vie.

4.6.2 Tehtävien ja vastualueiden määrittäminen

Kuten edellä todettiin, pyritään lean-tuotannossa pienerätuotantoon, jonka ideaali on kappalevirtautettu tuotanto. Kappalevirtautetulla tuotannolla tarkoitetaan portfoliotasolla sitä, että yksi henkilö tai tiimi työstää vain yhtä projektia kerrallaan; projektitasolla kappalevirtauksen määrittely on haastavampaa: siitä voidaan puhua, kun yksittäisen työntekijän tai työryhmän siirtyessä työlohkosta seuraavaan, siirtyy seuraavan työvaiheen toteuttaja heti perään, jolloin keskeneräisen tuotteen varaston määrä on nolla. Tähän vaikuttaa kuitenkin suuresti lohkojako eli määriteltyjen työlohkojen koko. Tässä opinnäytetyössä hyvää asuntorakentamisen virtaustehokkuutta edustavan työlohkon kooksi oletetaan yksi asuinhuoneisto.

Virtaustehokkaassa tuotannossa jokaisen työvaiheen valmiuskriteerit kohtaavat seuraavan työvaiheen aloitusedellytykset. Työvaiheiden jono muodostaa hankkeeseen sisäisten asiakkaiden ketjun, jossa edeltävä tyydyttää seuraavan tarpeet ja vaatimukset – tehtävien välille muodostuu riippuvuuksia. Vastualueiden tarkalla määrittämisellä voidaan edesauttaa pienerätuotannon ja jatkuvan virtauksen toteutumista. Koska työsisällöllä ja järjestyksellä on merkitystä, on tärkeää määrittää mitä kukakin tekee ja missä vaiheessa. Tällä voidaan välttää muun muassa tuotantolinjaan muodostuvaa keskeneräisen työn varastoa, työn takaisinvirtausta tai odottamista. Eräässä ansioituneessa lean-implemентаaatiossa työtehtävät ositettiin perinteisistä, jopa kahden viikon työt kattavista, työntekijäkohtaisista tehtäväkokonaisuuksista pieniin 15 minuutin taiteihin. Tässä laivahytien remontointia koskevassa casessa työntekijät siis siirtyivät 15 minuutin välein seuraavaan hyttiin suorittamaan oman asennustehtävänsä. 10 tunnin tauottomana työpäivänä tämä tarkoittaisi sitä, että yhdessä laivahytissä suoritetaan 40 eri työvaihetta yhden työpäivän aikana. Näin pieniin osiin pilkotut työvaiheet mahdollistavat laadukkaan ja tehokkaasti tuotetun lopputuloksen vaatimatta työntekijöiltä laajaa ammattitaitoa. Tiiviissä tehtäväjunassa mahdolliset virheet ja puutteet

havaitaan nopeasti, jolloin todennäköisyys virheiden toistuvuudelle on pieni. Lyhyt tahtiaika edellyttää kuitenkin suurta panostusta tuotannon ennakkosuunnitteluun ja työnaikaiseen koordinointiin.

Vastuisiin ja tehtäviin tulee varsinaisen suorittavan työn lisäksi sisällyttää tuotannosuunnitteluun, toteutuksen seurantaan ja häiriöiden raportoimiseen sekä jatkuvaan parantamiseen liittyvät toimenpiteet. Nykymallissa kaikkia näitä vaiheita ja toimenpiteitä ei ole yksiselitteisesti vastuutettu, jolloin prosessit ovat enemmän tai vähemmän projektikohtaisia.

Tuotannosuunnittelun kokonaisuus on nykymallin mukaan kohteen vastaavan työnjohtajan vastuulla. Se, missä määrin muut työmaan toimihenkilöt, aliurakoitsijat tai tuotetoimittajat osallistuvat tuotannosuunnitteluun, on pitkälle vastaavan työnjohtajan päätätävällän alla. Nykyinen toimintatapa sallii valtavan määrän variaatiota, mikä osaltaan johtaa siihen, ettei itse tuotantoprosessi ole vakioitu. Tässä opinnäytetyössä on pyritty löytämään vaihtoehtoisia toimintatapoja, joiden tarkoitus on ohjata projektikeskeistä toimintaa ja ajattelua kohti prosessinomaista mallia.

Edellä mainitussa laivahyttien remontointia koskevassa case-esimerkissä työn päivittäinen ohjaus ja virheiden ja puutteiden raportointi sekä niihin reagoiminen olivat niin kutsuttujen ”junakuskien” vastuulla. Junakuskeilla ja työnsuorittajilla ei ollut keskinäistä sopimussuhdetta vaan he olivat erillisissä sopimussuhteissa pääurakoitsijan kanssa. Junakuskit vastasivat tiettyjen työvaiheiden etenemisestä tavoitteenaan jatkuva prosessivirtaus. He olivat pääsääntöisesti osaaviksi todettuja työntekijöitä, joiden kanssa päätoteuttaja oli tehnyt useamman vuoden yhteistyötä. Tehtävään vaadittiin ymmärrystä sekä tehtäväsisällöistä että tehtävien välisistä riippuvuuksista, mutta ennen kaikkea tahtituotannosta ja leanista. Viestinvaihto työnsuorittajan ja minkä tahansa työsuoritukseen vaikuttavan osapuolen välillä käytiin junakuskien kautta.

logistiset ratkaisut, työjärjestys ja lohkojako, hankekohtaiset erityispiirteet tai työvaiheen lähtötilanne eli toteutuneet aloitusedellytykset. Projektista riippuva vaiheajojen vaihtelu vaikeuttaa prosessien suunnittelua ja tämän myötä häiriötöntä toteutusta. Vasta, kun yksittäisten työvaiheiden vaiheajat voidaan luotettavasti määrittää, on perusteltua siirtyä tuotannon tasapainottamiseen eli prosessin sisäisen vaihtelun korjaamiseen.

Yksittäisten työvaiheiden vaiheajojen vakioiminen edellyttää työskentelytapojen eli menetelmien ja käytettävien työkalujen standardisoimista. Rakennusteollisuudessa työvaiheiden standardisoinnin haasteina ovat sekä hankkeiden yksilöllisyys että projektiluontoinen työskentely- ja ajattelutapa. Tästä syystä standardisoinnin tulisi koskea prosesseja ja osia, joista lopputuote koostuu. Monipuolisesta projektikatalogista muodostuva portfolioprosessi on vakioitavissa, kun se pilkotaan riittävän pieniin osiin. Prosessin osittamisessa on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota kokonaisuuden hallintaan, jotta vältetään tehtävien siiloutumiselta ja yhteisten tavoitteiden hämärtymiseltä.

Firalla vakioimista on edistetty muun muassa asuntokirjastokonseptilla. Asuntokirjasto on valikoima ennakkoon suunniteltuja pohjaratkaisuja, joiden on todettu olevan toiminallisesti ja teknisesti toimivia. Firan tämän päivän asuntotuotannosta suurin osa toteutetaan asuntokirjaston mukaisilla ratkaisuilla. Vakioidut ratkaisut vähentävät vaihtelua ja osaltaan ennaltaehkäisevät virtauksen häiriöitä. Esimerkiksi eri suunnittelunalojen, kuten arkkitehti- ja talotekniikkasuunnittelujen, yhteensovitus on tehty jo kirjaston suunnitteluvaiheessa – tällöin ei yhtä suurella todennäköisyydellä törmätä ongelmiin toteutussuunnitteluvaiheessa.

Kuten kaikki standardit myös asuntokirjasto kehittyy jatkuvasti. Vakioidut suunnitteluratkaisut mahdollistavat yli projektien kestävä jatkuvan parantamisen prosessin. Asuntokirjaston kehittämiseksi tehdäänkin jo jatkuvasti töitä, mutta palautteenannon prosessissa on havaittavissa puutteita. Nykymallissa palautetta pyydetään kaksi kertaa hankkeen aikana: ehdotussuunnittelun valmistuttua ja toteutussuunnittelun valmistuttua. Toteutussuunnittelun valmistuttua asuntokirjastosta pyydetään palaute arkkitehdilta, avaintoimittajilta, työmaaorganisaatiolta, työpäälliköltä, projektipäälliköltä, suunnittelupäälliköltä sekä hankinnalta – varsinaisten rakennustyöntekijöiden mukanaoloistaa poissaolollaan. Leanin mukaan jatkuvan parantamisen prosessiin tulisi ennen kaikkea osallistaa työn suorittava porras, kehitysehdotuksia tulisi kerätä säännöllisesti ja muutoksia tehdä inkrementaalisesti. Vain kaksi kertaa hankkeen aikana pyydetty palaute jättää väistämättä hankkeen

loppupään ja siihen osallistuvat henkilöt kyselyn ulkopuolelle, lisäksi henkilöt, joilta pyydetään palaute kerran tai kaksi hankkeen aikana, eivät välttämättä muista kaikkia ongelmia, joita he ovat hankkeen aikana kohdanneet.

Jatkuvaa parantamista pyritään ylläpitämään myös Firan kehittämän SiteDrive-aikatauluohjelman avulla. SiteDrive omaa toiminnon, jossa työntekijä voi kirjallisesti raportoida havaitsemansa ongelman eli tuotannon seisauttaneen tai hidastaneen häiriön. SiteDriven käytönopastukseen ja laadittujen kirjausten jälkikäsitteilyyn on kuitenkin edelleen panostettava:

1. Havaintojen raportoimisen tulisi olla helppoa,
2. Havaintoihin tulisi reagoida sekä työnjohdossa että suunnittelussa ja
3. Korjaava toimenpide tulisi viestiä takaisin raportoinnin tehneelle työntekijälle.

Ilman vastavuoroista viestinvaihtoa työntekijät saattavat menettää motivaationsa ongelmien kirjaimiseen. Jatkuvan parantamisen kulttuurin luominen on yhteistyötä ja vaatii aktiivista ja pitkäjänteistä toimintaa, jossa jokaisen toimijan tulisi tiedostaa oma roolinsa.

Toimivien työkalujen ja käytänteiden lisäksi työvaiheiden vakioiminen vaatii pitkäaikaista sitoutumista. Kausisopimuskumppanit ja muut pidempiaikaiset toimittajayhteistyöt ovat standardisoinnin ja jatkuvan parantamisen avainrooleissa. Kuten edellä mainittiin, työvaiheiden kehittämisen tulisi lähteä työntekijöistä. Projektiluontoisessa toiminnassa, jossa työryhmä ei tiedä seuraavaa hanketetaan tai siellä vallitsevaa toimintakulttuuria, on työntekijöitä vaikea motivoida kehittämään työskentelytapojaan yhdessä muiden projektiin osallistuvien henkilöiden kanssa. Koska muutokset ovat luonteeltaan inkrementaalisia, eivät saavutettavat hyödyt välttämättä näy vielä kehitystyön aikana käynnissä olevissa hankkeissa. Ihannetapauksessa pitkäaikaiset yhteistyöt koskevat kaikkia tai ainakin mahdollisimman montaa eri työvaihetta. Tällöin työntekijät oppivat tuntemaan prosessikokouksisuuden, toistensa työtavat sekä työlle asetetut vaatimukset. Yrityskumppanuuksilla voidaan saavuttaa myös korkea ryhmäytymisen aste, jossa työskentelykulttuuri on lähempänä prososiaalista (i. pyyteetöntä toimintaa toisen hyväksi) kuin epäresiprookkista (i. omaan etuun tavoittelevaa toimintaa).

Tuotannon ja sen suunnittelun vakioimiseksi voidaan hyödyntää myös vakioituja työmaa-layout-ratkaisuja kuten liikuteltavaa kenttätehdasta. Martínezin ym. (2013) artikkelissaan *Flexible Field Factory for Construction Industry* esittelemä kenttätehdas on 2,35x6x2,38 m³ kokoiseen merikonttiin suunniteltu työpiste, jonka on määrä palvella joustavasti eri työvaiheita. On tärkeä ymmärtää,

että tämän kaltaisten työkalujen suunnittelu, kehittäminen ja käyttöönotto vaativat suoritettavan työvaiheen vahvaa tuntemusta. Jotta käyttöönotettava työkalu voisi parhaalla mahdollisella tavalla palvella käyttötarkoitustaan, on sen kehitystyöhön osallistettava erityisesti työn suorituksesta vastaava osapuoli.

4.6.4 Rakentamisvaiheen tehdasmalli

Tässä opinnäytetyössä ”tehdasmalliksi” kutsutaan rakentamisvaiheen organisoitumismallia, jossa eri tuotantovaiheiden kuten runko-, sisä- ja viimeistelytyövaiheiden tuotannosuunnittelu, toteutus ja ohjaus vastuutetaan perinteisen työmaaorganisaation ja alihankkijoiden sijaan työvaiheeseen erikoistuneelle kokonaisuuden käsittävälle työryhmälle. Tehdasmallissa tuotantovaiheen tehdastyöryhmä voisi koostua esimerkiksi yhdestä tai useammasta työnjohtajasta, työmaainsinööristä sekä toteutuksesta vastaavista työntekijöistä. Tehdastyöryhmä siirtyisi sellaisenaan työmaalta toiselle toteuttaen aina saman tuotantovaiheen eri projekteissa. Tehdastyöryhmän suorituksen lähtö- ja lopputilanteet tulisi olla tarkoin rajattu, jotta prosessi olisi mahdollisimman yksinkertainen standardisoida ja sen myötä kehittää.

Tehdasmallin merkittävimmät potentiaaliset edut ovat tuotantotapojen standardisointi, yli projektien ulottuva jatkuva parantaminen sekä portfolio- ja prosessivirtausten tehostaminen. Vakioitu tehdastyöryhmä mahdollistaa vakioidun tavan toimia, mikä puolestaan mahdollistaa jatkuvan parantamisen prosessin. Erikoistuminen yksittäiseen tuotantovaiheeseen syventää työryhmän ymmärrystä työvaiheiden välisistä riippuvuuksista, vaihtoehtoisista työmenetelmistä sekä parhaista tavoista toimia. Muuttumattoman organisaation tekemät parannukset on helppo jalkauttaa seuraaviin hankkeisiin.

4.6.5 Projektijuna

Firalla toteutetaan mahdollisuuksien mukaan niin kutsuttua *projektijunaperiaatetta*, jossa eri hankkeiden rakennusvaiheet ajoitetaan siten, että sama työryhmä toteuttaa usean samankaltaisen projektin peräjälkeen ilman katkoksia. Projektijuna varmistaa jatkuvan portfoliovirtauksen ja on sen vuoksi tavoiteltava toimintamalli. Aiemmin tässä opinnäytetyössä listattujen portfoliovirtausta häi-

ritsevien tekijöiden vuoksi tämän toimintamallin saavuttaminen on vaikeaa. Parhaiten siinä on onnistuttu korttelihankkeissa, joissa suurelle tonttikokonaisuudelle rakennetaan peräjälkeen useampi asunto-osakeyhtiö.

Projektijunamalli helpottaa resurssien pitkäaikaisen sitoutumisen. Peräkkäisten projektien toteutuminen takaa aliurakoitsijoiden tavoitteleman jatkuvan työnvirtauksen eli korkean resurssitehokkuuden. Vakioidut työryhmät edesauttavat jatkuvan parantamisen toteutumista ja eri toimijoiden keskinäisten suhteiden lujittumista.

Pitkäaikaiset toimittajayhteistyöt ja projektien saumaton linkittyminen parantavat virtausta myös muualla kuin rakentamisvaiheessa. Projektijunamallissa vähennetään muutosten aiheuttamaa arvoa tuottamatonta työtä kuten aliurakoiden kilpailutusta, sopimusneuvotteluja ja sopimusten laadintaa. Samankaltaisuuksia sisältävissä junamaisesti toteutettavissa kohteissa voidaan tehostaa myös hankekehitys-, suunnittelu-, hankinta- ja rakennuslupaprosesseja.

4.6.6 Aloitusedellytysten varmistaminen

Prosessivirtauksen kannalta on ensiarvoisen tärkeää, että edeltävä työvaihe vastaa seuraavan työvaiheen aloitusedellytyksiin. Luvussa 4.5.2 *Vastuualueiden ja tehtävien määrittäminen* kerrottiin prosessin sisäisistä asiakkaista – samaa tuotetta työstävät työntekijät ovat riippuvaisia toisistaan, jolloin työjärjestyksessä seuraava työvaihe on edeltävän sisäinen asiakas. Jotta edeltävä työvaihe kattaisi seuraavan aloitusedellytykset, on hankkeessa panostettava viestintään ja ennakkosuunnitteluun. Informaation tulee virrata tuotannon vastavirtaan eli imuohjatusti, jolloin työvaiheiden laatu- ja laajuusvaatimuksien määrittäminen tulee sisäisiltä asiakkailta.

Sisäisten asiakkaiden määrittäminen edellyttää prosessin ja työvaiheiden tuntemusta. Rakennusteollisuuden moniammatillisessa organisaatiossa myös työvaiheiden väliset riippuvuudet ovat monimutkaisia ja verkostonomaisia. Suhteellisen yksinkertainenkin rakennustyövaihe voi olla riippuvainen muun muassa edeltävien rakennustyövaiheiden riittävästä laatusotasosta, mittapisteiden merkkauksesta, materiaali- ja kalustotoimituksista, rakennesuunnittelijan mitta- ja detaljisuunnitelmista, arkkitehdin suunnitelmista ja selostuksista sekä vaaditusta työturvallisuustasosta. Yksittäinen työvaihe toimii siis sekä useamman aiemman työvaiheen sisäisenä asiakkaana että palvelee useaa seuraavaa työvaihetta eli sisäistä asiakasta.

Tässä opinnäytetyössä aiemmin esitelty porttimallin on hyvä esimerkki aloitusedellytysten toteutumisen varmistamisesta. Toimintamallissa portin läpäisy edellyttää portille määriteltyjen ehtojen täyttymistä ja vasta portin läpäistyä on hankkeessa lupa siirtyä seuraavaan vaiheeseen. Esimerkiksi portissa *9 Rakentaminen alkaa* on tarkoitus varmistaa, että häiriöttömän rakentamisvaiheen aloitusedellytykset ovat kunnossa. Jatkuvaa parantamista toteuttavassa organisaatiossa on muistettava, että porttien ehtoja tulee päivittää samassa tahdissa hankkeen prosessien kehityksen kanssa.

Muuttuvassa ympäristössä aloitusedellytyksiä ei hyvästä ennakkosuunnittelusta huolimatta onnistuta aina saavuttamaan. Tämä korostaa edelleen havaittujen virheiden ja puutteiden viiveetöntä raportointia, johon Firan kehittämällä SiteDrivella pyritään vastaamaan. Virheen nopea havainnointi, välitön raportointi ja korjaustoimenpiteet ennaltaehkäisevät virheiden toistumista ja eskaloitumista sekä vähentävät tuotantoon aiheutuvaa hukkaa. Virheiden järjestelmällisellä raportoinnilla voidaan ennaltaehkäistä myös samojen virheiden toistumista seuraavissa hankkeissa.

4.6.7 Uudelleenorganisointiehdotukset

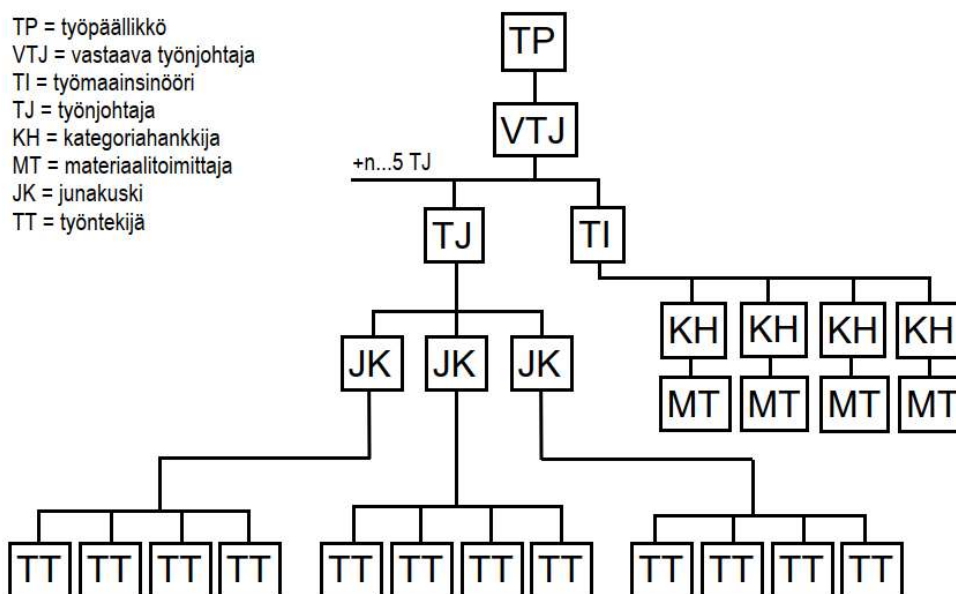
Uudelleenorganisointiehdotus 1: *Junakuskit*

Ensimmäiseksi esiteltävä uudelleenorganisointiehdotus kantaa nimeä *Junakuskit*. Mallissa on otettu vaikutteita I.S. Mäkisen organisointimallista, jossa työntekijöiden ja työnjohtajien välinen viestintä on hoidettu niin kutsuttujen junakuskien kautta. Junakuskeiksi soveltuvat henkilöt, joilla on suhteellisen syvä ymmärrys prosessivirtauksesta ja sen tuomista hyödyistä. Työvaiheiden tekninen tuntemus koetaan tehtävässä eduksi, muttei ole välttämätöntä, mikäli työvaiheen toteuttaja omaa vahvan teknisen tietotaidon. Junakuskien tehtävä on välittää työnjohdolle tieto tuotannossa esiintyvistä häiriöistä järjestelmällisesti ja viipymättä sekä vastavuoroisesti välittää informaatiota työnjohdolta työntekijälle.

Prosessitehokkuuden painottamiseksi junakuskien ja työntekijöiden tulisi olla erillisissä sopimus-suhteissa pääurakoitsijan kanssa. Tällöin aliurakoitsijayritysten sisäiset resurssitehokkuutta ajavat intressit eivät saa tarpeettoman suurta jalansijaa päivittäisjohtamisen päätöksenteossa.

Junakuskit -mallissa on nykymalliin nähden muutoksia liittyen sekä sopimussuhteisiin, että työmaa-organisaation sisäisiin komentoketjuihin:

- Nykytoimintamallin mukainen aliurakoitsijoiden työnjohto on korvattu junakuskeilla. Tällöin Firan kanssa erillisessä sopimussuhteessa olevat junakuskit toteuttavat projektin päivittäistyönjohtamisen tehtäviä.
- Työntekijät ja junakuskit eivät ole keskinäisessä sopimussuhteessa, molemmat osapuolet ovat erillisissä sopimussuhteissa Firan kanssa. Tällä toimintatavalla tavoitellaan projektin yhteisten tavoitteiden toteutumista ja ehkäistään aliurakoinnin synnyttämien tarpeiden, kuten korkean resurssitehokkuuden ylläpidon, priorisoimista päivittäisjohtamisessa.
- Vastaava työnjohtaja, työmaainsinööri, työnjohtajat ja junakuskit toteuttavat yhteistyössä tuotannosuunnittelun kokonaisuuden.
- Työmaainsinööri koordinoi materiaalihankintoja, jotka viimekädessä toteuttaa kyseiselle tuotteelle määrätty kategoriahankkija.



KUVA 15: Junakuskit -uudelleenorganisointiehdotuksen mukainen komentoketju.

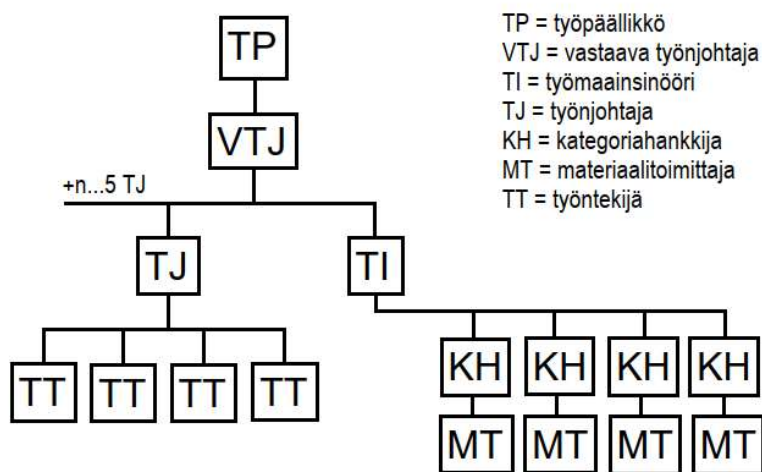
Uudelleenorganisointiehdotus 2: *Supistettu aliurakointi*

Supistettu aliurakointi -mallin voidaan sanoa olevan junakuskit-mallin ja nykyisen organisointimallin välimuoto. Mallista on poistettu junakuskit, jolloin työntekijät ja työnjohto ovat suorassa vuorovaikutuksessa toisiinsa. Mallin mukainen organisointi edellyttää työnjohtajalta syvällistä tek-

nistä asiantuntemusta. Jotta johdettavien työntekijöiden määrä per työnjohtaja ei paisuisi kontrolloimattoman suureksi, tulee työnjohdon resurssia todennäköisesti kasvattaa, mikäli tuotanto siirtyisi kaikkien työlajien osalta kuvatus mukaiseen malliin.

Huomioitavaa sekä muutokset nykymalliin nähden:

- Mallista poistettu aliurakoitsijan työnjohto, jonka tehtävät osoitetaan Firan työnjohdolle.
- Työmaainsinööri koordinoi materiaalihankintoja, jotka viimekädessä toteuttaa kyseiselle tuotteelle määrätty kategoriahankkija.
- Vastaava työnjohtaja, työmaainsinööri ja työnjohtajat toteuttavat tuotannosuunnittelun kokonaisuuden.



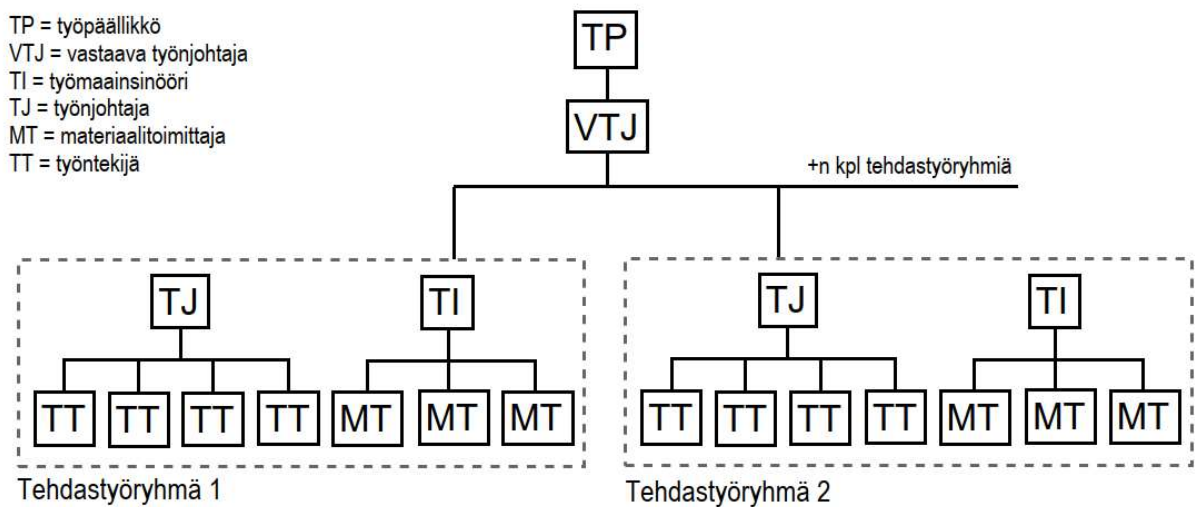
KUVA 16: Supistettu aliurakointi -uudelleenorganisoitumisehdotuksen mukainen komentoketju tuotannosuunnittelusta työntekijään.

Uudelleenorganisoitumisehdotus 3: Tehdasmalli

Tuotannosuunnittelun vakioimiseksi työmaaorganisaation rakenne ja vastuut voitaisiin jakaa uudelleen myös niin kutsutun "tehdasmallin" mukaisesti. Tehdasmallilogiikkaa on esitelty tarkemmin luvussa 4.6.4 *Rakentamisvaiheen tehdasmalli*. Tehdasmalliin perustuva uudelleenorganisoitumisehdotus on kuvattu alla (Kuva 17). Tehdasmallin mukainen organisoituminen mahdollistaa ennen kaikkea jatkuvan parantamisen prosessin sekä prosessitehokkaan toiminnan.

Huomioitavaa sekä muutokset nykymalliin nähden:

- Vastaavalla työnjohtajalla pysyy projektikonaisuuden operatiivinen vastuu, joka käsittää muun muassa eri työvaiheiden yhteensovituksen.
- Työnjohtajat ja työmaainsinöörit muodostavat niin kutsuttuja ”tehdastyöryhmiä”, jotka siirtyvät sellaisenaan hankkeelta toiselle.
- Tehdastyöryhmät ja vastaava työnjohtaja toteuttavat yhdessä tuotannosuunnittelun kokonaisuuden.
- Tehdastyöryhmä koordinoi ja päivittäisohjaa projektin tuotantoa.



KUVA 17: Tehdasmalli -uudelleenorganisointiehdotuksen mukainen komentoketju.

4.7 Jatkotutkimustarpeet

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin tarkastelemaan Firan asuntorakentamisen linjan portfoliovirtausta, jolloin laadittu arvovirtakuvaus kattoi koko prosessin aina ensimmäisestä asiakaskontaktista lopputuotteen luovutukseen. Hankeprosessin sisältää paljon vaihtelua ja useita sisäisiä prosesseja, joihin ei tässä työssä ollut mahdollisuutta syventyä. Tulevaisuuden tutkimuksessa olisikin syytä määrittellä tarkemmalla tasolla eri vaiheiden prosessit, niiden kestot, resurssit ja pullonkaulat.

Opinnäytetyössä esitetyt kehitysehdotukset perustuvat tutkijan ja haastateltavien teoriapohjaisiin näkemyksiin, tuoreisiin toimintatapoihin sekä teollisuudenalan ulkopuolisiin case-esimerkkeihin. Hankeprosessien suorituskykyä tulisi mitata jatkuvasti, jotta tulevaisuudessa voidaan toteuttaa suorituskyvyn analysointia perustuen todelliseen, luotettavasti mitattuun dataan.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena ei ollut nykyisin vallitsevien sopimusmuotojen tarkastelu suhteessa leaniin. Tällaista tutkimusta on tehty Suomessa ainakin rakentamisvaiheen aliurakkasopimukseen liittyen, mutta aihe vaatii selvästi lisätutkimusta ja tilastoitua dataa hankkeiden muista sopimuksista.

5 POHDINTA

Fira Rakennus Oy:n asuntorakentamisen linjan toiminnassa on portfoliovirtauksen näkökulmasta paljon hyviä toimintatapoja, kuten asuntokirjasto, porttimalli ja projektijunat. Virtausajattelun voidaan sanoa olevan teollisuudenala huomioiden suhteellisen pitkälle vietyä. Virtaustehokkuuden parantamiseksi on tehty investointeja, mikä näkyy muun muassa useissa vuotuisissa opinnäyte- ja diplomitoissa.

Rakennushankkeissa on kuitenkin useita kriittisiä vaiheita, kuten rakennuslupakäsittelyprosessi, joiden kehittämiseen pääurakoitsijalla ei ole vaikutusmahdollisuutta. Tällaiset tekijät heikentävät vakiointia, ennustettavuutta ja tuotannon virtausta. Ennalta-arvaamattomat häiriöt estävät ennakkosuunnittelua vaativan katkeamattoman portfoliovirtauksen.

Firan asuntorakentamisen hankeprosessi ei ole vielä riittävän kypsä pullonkaula-ajattelulle. Hankekyyppien, aikataulujen ja asiakkuuksien vaihdellessa on mahdotonta määrittellä yhtä tai kahta prosessin pullonkaulaa. Toissa projektissa pullonkaulaksi osoittautunut työvaihe voi toisaalla edetä nopeasti ja ongelmitta. Avainasemassa on kyky analysoida pitkien vaiheikojen juurisyyt ja välttää kyseisten häiriöiden syntyminen jatkossa. Ilman selkeää prosessia tai toistuvuutta tällaisen pullonkaula-analyysin toteuttaminen on vaikeaa ja pahimmillaan harhaanjohtavaa.

Suurella osalla hankkeen sisäisiä prosesseja on mahdollisuus jatkuvalle parantamiselle. Suurimmaksi ongelmaksi muodostuu projektiomainen ajattelutapa, jossa hankeorganisaatio muuttuu aina projektin vaihduttua. Organisaation pidempiaikaisella sitoutumisella voitaisiin estää useita jatkuvan parantamisen sudenkuoppia, joita ovat esimerkiksi vähäiset resurssit, koulutuksen puute, motivaation puute, kielteinen asenne tai perusteeton kehitysprojektin valinta.

Jatkuvan portfoliovirtauksen aikaansaaminen edellyttää hyvää prosessivirtausta ja työnvirtauksen toissijaistamista. Resurssitehokkuuden sijaan tulisi keskittyä määrittämään kunkin tekijän vastuut ja tehtävät siten, että tuote valmistuu suunnitellussa aikataulussa ilman hukkaa. Tehtävien ja vastuiden määrittämisen perustana tulee olla asiakastarpeet sekä prosessin sisäiset asiakkaat.

Kattavampien ja vahvemmin verifioitujen tulosten aikaansaamiseksi työhön olisi ollut syytä valita haastateltavia entistä laajemmalla spektrillä sekä kerätä tilastoitavaa dataa. Esimerkiksi asiakasarvon määrittämiseksi olisi ollut syytä haastatella henkilöitä tilaajaorganisaatioista. Toisaalta työssä haastateltiin sellaisia henkilöitä, jotka ottavat vastaan Firan saaman asiakaspalautteen ja ovat myynnin ja hankekehityksen avainasemissa. Haastateltavat olivat yhtä lukuun ottamatta Fira Rakennus Oy:n työntekijöitä, mikä tutkija tuli ottaa huomioon tuloksia tarkastellessa: omaa tai oman työnantajan toimintaa arvioidessa haastateltavien vastaukset ovat väistämättä enemmän tai vähemmän subjektiivisia. Resurssisyistä johtuen työssä ei ollut mahdollista kerätä tilastoitavaa dataa haastattelujen tueksi.

LÄHTEET

Ahokas P.; Tiihonen J.; Neuvonen J. & Suikki M. 2011. *Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita*. Teknologiateollisuus. Saatavilla: https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/file_attachments/tyomarkkinat_kannustava_palkkaus_palkkaustapoja_tyontutkimuksen_menettelytavat.pdf [viitattu 30.8.2022].

Ballard, G. 2000. *Lean Project Delivery System*. Lean Construction Institute. Saatavilla: https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/ktll-add-read/Lean_Project_Delivery_System.pdf [viitattu: 16.8.2022].

Ballard, G. & Howell G. 1995. *Toward Construction JIT*. Teoksessa: Alarcón, L. 1997. *Lean Construction*, S. 291–299. New York: Taylor & Francis.

Ballard, G. & Tommelein, I. 1999. *Aiming for Continuous Flow*. Saatavilla: https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/library/id46/Aiming_for_Continuous_Flow.pdf [viitattu: 16.8.2022].

Ballard, G. & Zabelle, T. 2000. *Lean Design: Process, Tools & Techniques*. Lean Construction Institute. Saatavilla: https://leanconstruction.org/uploads/wp/media/docs/ktll-add-read/Lean_Design_Process_Tools_&_Techniques.pdf [viitattu 16.8.2022].

Bhasin, Sanjay & Burcher, Peter. (2006). *Lean viewed as a philosophy*. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 17. ISS. 1. ISSN 1741-038X.

BRE Group. 2014. *Number of certified assessments under BREEAM and the Code for Sustainable Homes by year (1990-2012)*. *The Digest of BREEAM Assessment Statistics*, Vol. 01. Saatavissa: <https://tools.breeam.com/filelibrary/Briefing%20Papers/BREEAM-Annual-Digest--August-2014.pdf> [viitattu 11.11.2022].

Claudius Consulting. 2004. *Lean manufacturing*. Saatavilla: www.claudius-consulting.co.uk [viitattu: 12.6.2022].

Dlouhy, J.; Binninger, M.; Oprach, S & Haghsheno, S. *Three-level Method of Takt Planning and Takt Control – a New Approach for Designing Production Systems in Construction*. Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Boston, MA, USA. Osa 2, S. 13–22.

Emiliani, M.L. 1998. *Lean behaviors*. *Management Decision*, Vol. 36, No. 9, S. 615–631.

Emiliani, M.L. & Seymour, P.J. 2011. *Frank George Woollard: forgotten pioneer of flow production*. *Journal of Management History*, 17, 66–87.

Frandsen, A. 2019. *Takt Time Planning as a Work Structuring Method to Improve Construction Work Flow*. ProQuest LLC.

Frandsen A.; Berghede, K. & Tommelein I.D. 2013. *Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding*. Proceedings IGLC 21. Fortaleza, Brazil, S. 527–536.

Gisi, P. 2018. *Sustaining a Culture of Process Control and Continuous Improvement; the Roadmap for Efficiency and Operational Excellence*. New York: Taylor & Francis. ISBN 9781315099361. Saatavilla: <https://learning.oreilly.com/library/view/sustaining-a-culture/9781315099361/?ar%2F%3Forpq=&email=%5Eu> [viitattu 15.8.2022].

Haghsheno, S.; Binninger, M.; Dlouhy, J. & Sterlike, S. 2016. *History and Theoretical Foundations of Takt Planning and Takt Control*. Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Boston, MA, USA. Osa 1, S. 53–62.

Hopp W.J. & Spearman, M.L. 1996. *Factory Physics*. Chicago: IRWIN.

Hopp, W.J & Spearman, M.L. 2004. *To Pull or Not to Pull: What Is the Question?* Manufacturing & Service Operations Management, Vol. 6, No. 2, S. 133–148.

Imai, M. 1986. *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.

Jabbari, A.; Tommelein, I. & Kaminsky, P.M. 2020. *Workload Leveling Based on Work Space Zoning for Takt Planning*. Automation in Construction, March 24, 2020.

Jokinen T. 2020a. *Tuotantolinjan tasapainottaminen*. OAMK – kone with passion, Vol. 2 Nro. 2, S. 24–27.

Jokinen, T. 2020b. *Vaihtelu, ylikuormitus ja hukka*. OAMK – kone with passion, Vol. 2, No. 2, S. 16–18.

Kalsaas, B.T.; Skaar, J. & Thorstensen, R.T. 2015. *Pull vs. Push in Construction Work Informed by Last Planner*. In: Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Perth. Australia. Saatavilla: www.iglc.net [viitattu 9.9.2022].

Kilponen T. & Jokinen, T. 2020. *Standardoitu työ*. Oamk – kone with passion, Vol. 2, Nro. 2, S. 20–22.

Koenigsaecker, G. 2000. *Lean manufacturing in practice*. Industry Week, lokakuu.

Koskela, L. 1999. *Management of production in construction: a theoretical view*. Proceedings of IGLC 7, Berkely, Ca, USA, S. 241-252.

Lathin, D. 2001. *Lean manufacturing*. American Society for Quality Journal. Joulukuu, S. 2-9.

Lean Construction Institute. 2007. *The Last Planner Production System Workbook – Improving Reliability in Planning and Work Flow*. Project Production System Laboratory, University of California, Berkeley.

- Liker, J. K., 2004. *The Toyota Way: 14 Management principles from the World's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J.K. & Morgan, M.M. 2006. *The Toyota Way in Services: The Case of Lean Product Development*. Academy of Management Perspectives, toukokuu 2006.
- Lohilahti, O. 2017. *Rakennusalalla työn tuottavuus ei ole kasvanut 40 vuodessa – onko alliansista tai leanista apua?* Rakennuslehti.
- Mann, D. 2009. *The missing link: Lean leadership*. Frontiers Health Services Management, Vol. 26, No. 1, S. 15-26.
- Martin, T. & Bell J. 2017. *New Horizons in Standardized Work: Techniques for Manufacturing and Business Process Improvement*. Productivity Press.
- Martinez, S.; Jardón, A.; Victores, J.G. & Balaguer, C. 2013. *Field Factory for Construction Industry*. Assembly Automation, vol. 33, 2, pp. 175-183. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1108/01445151311306708> [viitattu 4.12.2022].
- Meaier, D. 2001. *Learn to think lean*. Automotive Manufacturing and Production, Vol. 113.
- Modig, N. & Åhlström, P. 2013. *Tätä on Lean*. 4. painos, Rheologica Publishing.
- Ohno, T. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large- Scale Production*. Cambridge: Productivity Press.
- Patchong, A. 2013. *Implementing standardized work: writing standardized work forms*. Productivity Press, Taylor an Francis.
- Pheng, L.S. & Hui, M.S. 1998. *The Application of JIT Philosophy to Construction: a Case Study in Site Layout*. Construction Management and Economics, 1999, Vol. 17, S. 657–668.
- Rahko M. & Jokinen T. 2020. *Imuohjaus*. OAMK – kone with passion, Vol. 2. No. 2, S. 32–34.
- Rea, D. 2001. *Adopt lean manufacture*. Electronic Times, joulukuu 2003.
- Sacks, R. 2016. *What constitutes good production flow in construction?* Construction Management and Economics, Vol. 34, No. 9, S. 641-656. Saatavilla: <http://dx.doi.org/10.1080/01446193.2016.1200733> [viitattu 19.8.2022].
- Sanchez, A. & Perez, M. 2000. *Lean indicators and manufacturing strategies*. International Journal of Operations & Production Management, Vol. 21.
- Shang, G. & Pheng, L. S. 2013. *Understanding the application of Kaizen methods in construction firms in China*. Journal of Technology Management, Vol. 8, No. 1, S. 18-33. Saatavilla: <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/1746-8779> [viitattu 19.8.2022].

Shingo, S. 1989. *A Study of the TPS from an Industrial Engineering Point of View*. Productivity Press. Cambridge, MA.

Shingo Institute, Utah State University. 2016. *The Shingo Model for Operational Excellence*. Logan, UT: Jon M. Huntsman, School of Business. Saatavilla: <https://lean.nh.gov/documents/Shingo%20Model%20Handbook.pdf> [viitattu 23.8.2022].

Shingo, S. & Dillon, A.P. 1989. *A study of the Toyota production system: from an industrial engineering viewpoint. produce what is needed, when it's needed*. New York: Taylor & Francis.

Sundstrom, E. 1998. *Supporting Work Team Effectiveness: Best Management Practices for Fostering High Performance*, S. 3-23. San Francisco: Jossey-Bass.

Suomen pankki. 2022. *Euriborkorot kuukausittain*. Saatavissa: https://www.suomenpankki.fi/fi/Tilastot/korot/kuviot/korot_kuviot/euriborkorot_kk_chrt_fi/ [viitattu: 15.11.2022].

U.S. Green Building Council. 2022. *LEED data trends from the past five years*. Saatavissa: <https://www.usgbc.org/articles/leed-data-trends-past-five-years> [viitattu 11.11.2022].

Womack, J.P. & Jones, D.T. 1996. *Lean Thinking - Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. New York: Free Press.

Zaccaro, S.; Rittman, A. & Marks, M. 2001. *Team Leadership*. The Leadership Quarterly, Vol. 12, S. 451-483.

Haastattelut

Koivu, Kasper. Fira Rakennus Oy, Vantaa. Videohaastattelu 18.10.2022, haastattelijana Lauri Suutarinen. Tallenne haastattelijan hallussa.

Lanne, Juha. Fira Rakennus Oy, Vantaa. Nauhoitettu haastattelu 25.10.2022, haastattelijana Lauri Suutarinen. Nauhoite haastattelijan hallussa.

Lähdesmäki, Sameli. Flow Modules Oy, Vantaa. Nauhoitettu haastattelu 7.12.2022, haastattelijana Lauri Suutarinen. Nauhoite haastateltavan hallussa.

Rinne, Vili. Fira Rakennus Oy, Vantaa. Videohaastattelu 6.10.2022, haastattelijana Lauri Suutarinen. Tallenne haastattelijan hallussa.

Sireni, Ville. Fira Rakennus Oy, Vantaa. Videohaastattelu 28.10.2022, haastattelijana Lauri Suutarinen. Tallenne haastattelijan hallussa.

Väätäjä, Ville. Fira Rakennus Oy, Vantaa. Videohaastattelu 21.10.2022, haastattelijana Lauri Suutarinen. Tallenne haastattelijan hallussa.

LIITTEET

Liite 1	Haastattelurunko 1: Rakentaminen
Liite 2	Haastattelurunko 2: Hankekehitys
Liite 3	Haastattelurunko 3: Case-esimerkki
Liite 4	Firan asuntorakentamisen linjan porttien ehdot

Opinnäytetyön kuvaus

Opinnäytetyö suoritetaan osana Oulun ammattikorkeakoulun Lean-johtamisen (YAMK) koulutusohjelmaa. Työn tilaajana toimii Fira Rakennus Oy, asuntorakentamisen linja.

Opinnäytetyön tavoitteena on

- a. kartoittaa toimeksiantajayrityksen sekä sen keskeisimpien sidosryhmien nykyinen organisoitumismalli,
- b. tarkastella kartoitettua organisoitumismallia tehokkaan virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista sekä
- c. laatia uudelleenorganisoitumisehdotus, joka tukee tuotannon virtauksen tehostamista ja toiminnan jatkuvan parantamista.

Tutkimuksen tavoitteita lähestytään kolmen tutkimuskysymyksen kautta:

4. Miten toimeksiantajayritys, toimittajaverkosto ja virtauksen kannalta keskeisimmät sidosryhmät ovat organisoituneet ja mitkä ovat osapuolten tehtävät ja vastuut?
5. Mitä ongelmakohtia nykyisessä organisoitumisessa on havaittavissa tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista?
6. Miten toimeksiantajayrityksen tulisi uudistaa organisoitumistaan tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen kehittämiseksi?

Haastattelut nauhoitetaan ja säilytetään siihen saakka kunnes opinnäytetyö on valmis ja julkaistu. Säilytyspaikkana toimii Oulun ammattikorkeakoulun tarjoama, opiskelijan henkilökohtainen OneDrive-pilvipalvelu. Haastattelutallenteita ei jaeta kolmansille osapuolille ja materiaaleja käytetään ainoastaan opinnäytetyötarkoitukseen. Haastateltavien nimet ja organisaatiot mainitaan työn lähdeluettelossa.

Alustus aiheeseen

Lean on japanilainen johtamisfilosofia, jonka tavoitteina on tuottaa asiakkailleen arvoa ilman hukkaa. Leanissa pyritään jatkuvana virtaavaan tuotantoprosessiin, jota kehitetään kohti täydellisyyttä.

Leanin viisi periaatetta:

1. Arvon määrittäminen (mitä asiakas haluaa)
2. Arvovirran määrittäminen (mistä toiminnot luovat arvoa)
3. Virtauksen luominen (tuote valmistuu ilman katkoksia)
4. Imuohjattu tuotantosysteemi (informaatio ja vaatimukset aina seuraavalta työvaiheelta / asiakkaalta)
5. Täydellisyyden tavoittelu (jatkuva parantaminen)

Virtaus voidaan jakaa kolmeen virtauksen lajiin: prosessivirtaukseen, työn virtaukseen ja portfoliovirtaukseen. Prosessivirtauksella tarkoitetaan tuotteen valmistumisen virtausta – asunnot eivät seiso tyhjillään vaan niissä on aina joku suorittamassa arvoa tuottavaa työtä; työn virtauksella tarkoitetaan työntekijöiden työnteon jatkuvuutta – tekijöille on aina hommaa, oli se sitten varamestaa tai suunnitelman mukaista työtä; portfoliovirtauksella tarkoitetaan projektien välistä virtausta – projektit ajoitettu siten, että edelliseltä päästää seuraavalle ja että yhden projektin läpimenoaika olisi mahdollisimman lyhyt.

Jatkuva parantaminen on yksi leanin kulmakivistä. Prosesseja pitäisi kehittää jatkuvasti kohti täydellisyyttä niin projektien sisällä kuin välilläkin. Kehittämiseen ja ideointiin tulisi osallistaa organisaation kaikkia tasoja.

Alustavat kysymykset (kaikki)

1. Nimi, yritys ja titteli?
2. Mitä työnkuvaasi kuuluu tällä hetkellä ja mitä olet tehnyt aikaisemmin (opintotausta, urapolku)?

Haastateltavan tehtävät ja vastuut (kaikki)

1. Mitä vastuualueita työhösi kuuluu?
2. Mitkä ovat vastuualueellasi olevien työtehtävien tavoitteet?
 - Kypsyysmallit?
3. Kuka asettaa työllesi tavoitteet?
 - Minä itse, esimies, tilaaja, urakoitsijat, muut?
4. Kenet miellät asiakkaaksesi?

Projektiorganisaatio (työmaaorganisaatio)

1. Millainen on projektiorganisaation rakenne:
 - a. Suorittava porras, au-työnjohtajat, mestarit, työmaainsinöörit, vastaava työnjohtaja, työpäällikkö?
 - b. Mitkä ovat eri positioiden vastuut ja tavoitteet?
2. Miten eri positiot siirtyvät projektien välillä? (Esim. runkotyönjohtaja?)
 - Vaihtuuko työkaverit aina uuden projektin alkaessa?
 - Onko kohteet keskenään samankaltaisia? Millä tavoin?

Firan asuntotuotannon organisaatio (ylemmät toimihenkilöt, toimiston väki)

1. Mitä eri työtehtäviä liittyy
 - a. Hankkeiden saamiseen (tarjoustoiminta, neuvottelut, hankekehitys ym.)
 - b. Tukitoiminnot kun projekti on käynnissä?

- c. Hankkeiden jälkimarkkinointiin?
2. Miten projektit allokoidaan? Eli miten eri positiot siirtyvät projektilta projektille?
 - o Vaihtuuko työkaverit aina uuden projektin alkaessa?
 - o Onko kohteet keskenään samankaltaisia? Millä tavoin?

Sidosryhmien organisoituminen (kaikki)

1. Minkä eri sidosryhmien kanssa toimit? (Esim. kollegat, aliurakoitsijat, suunnittelijat, tilaaja)
 - a. Mitä tietoa saat heiltä?
 - b. Mitä tietoa välität heille?
2. Tunnetko sidosryhmiesi vastuut ja tavoitteet?

Tuotannon virtaus (kaikki)

1. Miten projektien välinen jatkuva virtaus pyritään varmistamaan?
 - o Kapasiteettipuskurit, kausisopimukset, aliurakoiden niputus?
 - o Suunnitelmien valmiustaso?
2. Huomioidaanko projektien aikataulutuksessa toisten projektien aikatauluja?
 - o Jos kyllä, miten/jos ei, miksi?
3. Miten projektien läpimenoaikoja ohjataan?
 - o Sidosryhmien sitouttaminen?
 - o Aikataulutavoitteet?
 - o Suunnittelu-, hankinta ja yleisaikataulujen hallinta ja yhteensovitus?
 - o Kirjaukset sopimuksilla?

Jatkuva parantaminen (kaikki)

1. Millä toimilla pyritään ylläpitämään jatkuvaa parantamista?

- a. Eri sidosryhmien välinen yhteistyö? Pidempiaikaiset yhteistyöt?
 - b. Miten tieto siirtyy projektilta projektille? Kuinka varmistetaan, ettei samoja virheitä tehdä uudelleen?
 - c. Tiedätkö mitä ovat eri urakoiden KPI-mittarit? Esim. elementtiasennus? (3 kpl)
2. Millä organisaation tasoilla toimintaa pyritään kehittämään? Miten?
 3. Onko tiedon jakamista ja toiminnan jatkuvaa kehittämistä vastuutettu?

Opinnäytetyön kuvaus

Opinnäytetyö suoritetaan osana Oulun ammattikorkeakoulun Lean-johtamisen (YAMK) koulutusohjelmaa. Työn tilaajana toimii Fira Rakennus Oy, asuntorakentamisen linja.

Opinnäytetyön tavoitteena on

- d. kartoittaa toimeksiantajayrityksen sekä sen keskeisimpien sidosryhmien nykyinen organisoitumismalli,
- e. tarkastella kartoitettua organisoitumismallia tehokkaan virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista sekä
- f. laatia uudelleenorganisoitumisehdotus, joka tukee tuotannon virtauksen tehostamista ja toiminnan jatkuvan parantamista.

Tutkimuksen tavoitteita lähestytään kolmen tutkimuskysymyksen kautta:

7. Miten toimeksiantajayritys, toimittajaverkosto ja virtauksen kannalta keskeisimmät sidosryhmät ovat organisoituneet ja mitkä ovat osapuolten tehtävät ja vastuut?
8. Mitä ongelmakohtia nykyisessä organisoitumisessa on havaittavissa tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista?
9. Miten toimeksiantajayrityksen tulisi uudistaa organisoitumistaan tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen kehittämiseksi?

Haastattelut nauhoitetaan ja säilytetään siihen saakka kunnes opinnäytetyö on valmis ja julkaistu. Säilytyspaikkana toimii Oulun ammattikorkeakoulun tarjoama, opiskelijan henkilökohtainen OneDrive-pilvipalvelu. Haastattelutallenteita ei jaeta kolmansille osapuolille ja materiaaleja käytetään ainoastaan opinnäytetyötarkoitukseen. Haastateltavien nimet ja organisaatiot mainitaan työn lähdeluettelossa.

Alustus aiheeseen

Lean on japanilainen johtamisfilosofia, jonka tavoitteina on tuottaa asiakkailleen arvoa ilman hukkaa. Leanissa pyritään jatkuvana virtaavaan tuotantoprosessiin, jota kehitetään kohti täydellisyyttä.

Leanin viisi periaatetta:

6. Arvon määrittäminen (mitä asiakas haluaa)
7. Arvovirran määrittäminen (mistä toiminnot luovat arvoa)
8. Virtauksen luominen (tuote valmistuu ilman katkoksia)
9. Imuohjattu tuotantosysteemi (informaatio ja vaatimukset aina seuraavalta työvaiheelta / asiakkaalta)
10. Täydellisyyden tavoittelu (jatkuva parantaminen)

Virtaus voidaan jakaa kolmeen virtauksen lajiin: prosessivirtaukseen, työn virtaukseen ja portfoliovirtaukseen. Prosessivirtauksella tarkoitetaan tuotteen valmistumisen virtausta – asunnot eivät seiso tyhjillään vaan niissä on aina joku suorittamassa arvoa tuottavaa työtä; työn virtauksella tarkoitetaan työntekijöiden työnteon jatkuvuutta – tekijöille on aina hommaa, oli se sitten varamestaa tai suunnitelman mukaista työtä; portfoliovirtauksella tarkoitetaan projektien välistä virtausta – projektit ajoitettu siten, että edelliseltä päästää seuraavalle ja että yhden projektin läpimenoaika olisi mahdollisimman lyhyt.

Jatkuva parantaminen on yksi leanin kulmakivistä. Prosesseja pitäisi kehittää jatkuvasti kohti täydellisyyttä niin projektien sisällä kuin välilläkin. Kehittämiseen ja ideointiin tulisi osallistaa organisaation kaikkia tasoja.

Alustavat kysymykset

1. Nimi, yritys ja titteli?
2. Mitä työnkuvaasi kuuluu tällä hetkellä ja mitä olet tehnyt aikaisemmin (opintotausta, urapolku)?

Hankekehitys ja hankkeiden saaminen

1. Mitä tehtäviä ja toimenpiteitä liittyy hankkeiden saamiseen? Millainen on tavanomainen neuvotteluprosessi?
2. Onko selkeä näkemys siitä, mikä luo asiakkaalle arvoa?
 - a. Hintaa?
 - b. Laatu?
 - c. Aikataulu?

Tuotannon virtaus

1. Miten projektien välinen jatkuva virtaus pyritään varmistamaan?
2. Huomioidaanko projektien ajoituksissa toisten projektien aikataulut?
3. Miten projektit allokoidaan? Miten ihmiset liikkuvat eri hankkeiden välillä?

Jatkuva parantaminen

1. Millä toimilla pyritään ylläpitämään jatkuvaa parantamista?
 - a. Eri sidosryhmien välinen yhteistyö? Pidempiaikaiset yhteistyöt?
 - b. Miten tieto siirtyy projektilta projektille? Kuinka varmistetaan, ettei samoja virheitä tehdä uudelleen?

Opinnäytetyön kuvaus

Opinnäytetyö suoritetaan osana Oulun ammattikorkeakoulun Lean-johtamisen (YAMK) koulutusohjelmaa. Työn tilaajana toimii Fira Rakennus Oy, asuntorakentamisen linja.

Opinnäytetyön tavoitteena on

- g. kartoittaa toimeksiantajayrityksen sekä sen keskeisimpien sidosryhmien nykyinen organisoitumismalli,
- h. tarkastella kartoitettua organisoitumismallia tehokkaan virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista sekä
- i. laatia uudelleenorganisoitumisehdotus, joka tukee tuotannon virtauksen tehostamista ja toiminnan jatkuvan parantamista.

Tutkimuksen tavoitteita lähestytään kolmen tutkimuskysymyksen kautta:

- 10. Miten toimeksiantajayritys, toimittajaverkosto ja virtauksen kannalta keskeisimmät sidosryhmät ovat organisoituneet ja mitkä ovat osapuolten tehtävät ja vastuut?
- 11. Mitä ongelmakohtia nykyisessä organisoitumisessa on havaittavissa tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen näkökulmista?
- 12. Miten toimeksiantajayrityksen tulisi uudistaa organisoitumistaan tuotannon virtauksen ja jatkuvan parantamisen kehittämiseksi?

Haastattelut nauhoitetaan ja säilytetään siihen saakka kunnes opinnäytetyö on valmis ja julkaistu. Säilytyspaikkana toimii Oulun ammattikorkeakoulun tarjoama, opiskelijan henkilökohtainen OneDrive-pilvipalvelu. Haastattelutallenteita ei jaeta kolmansille osapuolille ja materiaaleja käytetään ainoastaan opinnäytetyötarkoitukseen. Haastateltavien nimet ja organisaatiot mainitaan työn lähdeluettelossa.

1. Millainen oli case-yrityksen hankeorganisaatio ja miten se muuttui siirryttäessä leaniin?
2. Millaisessa sopimussuhteessa työntekijät olivat pääurakoitsijaan?
3. Millainen oli työntekijöiden perehdytysprosessi?
4. Millaiset olivat työohjeet?
5. Miten paljon työntekijät osallistuivat tuotannosuunnitteluun?
6. Pilkottiinko työvaiheet pienempiin osiin, kun siirryttiin toteuttamaan leania?
7. Miten varmistettiin, ettei keskeneräistä tuotetta viedä prosessissa eteenpäin?
8. Millaisia työkaluja käytettiin työmaan sisäiseen viestintään ja millainen oli viestinvaihdon prosessi? (Esim. jos työntekijä havaitsi, ettei mesta ole kunnossa)