



TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa

Citation

Keskiniva, K., Junnonen, J-M., & Saari, A. (2018). Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa: Rain-tutkimushankkeen osaraportti 1. (Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio. Rakennustuotanto ja -talous. Raportti; Vuosikerta 23). Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio.

Year

2018

Version

Publisher's PDF (version of record)

Link to publication

[TUTCRIS Portal \(http://www.tut.fi/tutcris\)](http://www.tut.fi/tutcris)

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright, please contact cris.tau@tuni.fi, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio.
Rakennustuotanto ja -talous. Raportti 23
Tampere University of Technology. Laboratory of Civil Engineering.
Construction Management and Economics. Report 23

Kimmo Keskiniva, Juha-Matti Junnonen & Arto Saari

**Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja
soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa**

Rain-tutkimushankkeen osaraportti 1



Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio.
Rakennustuotanto ja -talous. Raportti 23
Tampere University of Technology. Laboratory of Civil Engineering.
Construction Management and Economics. Report 23

Kimmo Keskiniva, Juha-Matti Junnonen & Arto Saari

Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa

Rain-tutkimushankkeen osaraportti 1

Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laboratorio
Tampere 2018

ISBN 978-952-15-4081-3 (painettu)

ISBN 978-952-15-4082-0 (PDF)

ISSN 2489-5717

TIIVISTELMÄ

Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laboratorio, Rakennustuotanto ja –talous, raportti 23, 58 sivua, 3 liitesivua

Avainsanat: rakennushankkeen virtauttaminen, Lean Construction, tahtiaikatuotanto, RAIN

Virtauttamisella tarkoitetaan periaatetta, jonka mukaan tuotannon tulee keskittyä maksimoimaan asiakkaalle tuotettu arvo ja minimoida arvoa tuottamatonta toimintaa eli hukkaa. Rakennusalalla virtauttamista voidaan hyödyntää niin suunnittelussa, talonrakentamisessa kuin infrarakentamisessakin. Tämän tutkimuksen tavoitteina oli selvittää, millaisista tekijöistä rakennushankkeen virtauttaminen koostuu ja miten nämä tekijöistä näkyvät suomalaisissa rakennushankkeissa. Tutkimusote oli kvalitatiivinen ja tutkimusmenetelmiksi valikoitui kirjallisuusselvitys sekä teema-haastattelut.

Tutkimuksessa havaittiin, että virtauttamista on kokeiltu pääasiassa pilottiluontoisesti suomalaisissa rakennushankkeissa. Suunnittelun virtauttaminen perustuu tarkempaan suunnitteluprosessin aikatauluttamiseen ja suunnittelijakohtaiseen resursointiin. Suunnittelun Big Roomeista on ollut apua suunnittelutyön yhteensovittamisessa ja tiedonkulussa. Työskentely yhteisessä tilassa auttaa tiedon kulkeutumista suunnittelijoilta toiselle, jolloin turhaa työtä, eli hukkaa saadaan vähennettyä. Tuotannossa virtauttaminen on Last Planner –aikataulusuunnittelun myötä jo melko yleinen tapa. Ehkäpä selkein tuotannon virtauttamisen menetelmä on tahtiaikatuotanto, jota on kokeiltu vaihtelevin tuloksin. Logistiikan virtauttamisessa koetaan olevan potentiaalia, mutta käytännön sovelluksia ei juurikaan esiintynyt.

Virtauttamisen onnistuminen vaatii entistä toimivampaa eri osapuolten välistä yhteistyötä ja kokonaisuuden hallintaa. Virtauttamisessa kyse on kokonaisuuden optimoinnista, kun taas yhteistyön puute ja useista kahdenkeskisistä sopimuksista johtuvasta pirstoutumisesta voi seurata haitallista osaoptimointia. Suunnittelussa yhteistyön puute näkyy esimerkiksi tietojen puutteellisuutena, aikataulujen epärealistisuutena, kahteen kertaan suunnitteluna sekä suunnittelun jäykkyytenä. Tuotannossa haasteina taas ovat esimerkiksi aliurakoinnin joustamattomuus sekä puutteellisin suunnitelmin tehdyt hankinnat. Lisäksi epävarmuuden hallinta ja suunnitelmien toteutettavuus ovat kriittisiä haasteita.

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset	1
1.3	Tutkimusmenetelmät.....	2
2.	ARVONTUOTTO, HUKKA JA EPÄVARMUUDEN MERKITYS	3
2.1	Asiakkaan kokeman arvon määrittäminen.....	3
2.1.1	Arvovirran tunnistaminen	3
2.1.2	Virtauksen luominen.....	3
2.2	Arvoa lisäämättömien toimintojen vähentäminen	4
3.	VIRTAUTTAMISEN SOVELTAMISMAHDOLLISUUDET	5
3.1	Virtauttaminen talonrakentamisessa	5
3.1.1	Last Planner	5
3.1.2	Tahtiaika tuotannonohjauksessa	7
3.1.3	Puskurien hyödyntäminen ja oikea-aikaiset toimitukset.....	9
3.2	Virtauttaminen suunnitteluprosesseissa	10
3.2.1	Suunnittelun iteratiivisuus ja hukka.....	11
3.2.2	Suunnitteluongelmien ehkäiseminen toteutusmuodon valinnalla..	12
3.2.3	Big Room ja solmutyöskentely.....	12
3.3	Virtauttaminen korjausrakentamisessa	13
3.3.1	Toistuvuuden hyödyntäminen.....	14
3.3.2	Teollinen korjausrakentaminen.....	16
3.3.3	Linjasaneeraukset.....	16
3.4	Virtauttaminen infrahankkeissa	17
3.4.1	Tierakentaminen	17
3.4.2	Massojen käsittely.....	18
3.4.3	Logistiikka	19
3.4.4	Teollisen rakentamisen hyödyntäminen infratuotannossa	19
4.	HAASTATTELUT	21
4.1	Haastattelujen suoritus	21
4.2	Haastattelun tulokset.....	22
4.2.1	Suunnittelun virtauttaminen.....	23
4.2.2	Tuotannon virtauttaminen.....	29
4.2.3	Virtauttamisen nykytila infrarakentamisessa.....	34
5.	KEHITYSEHDOTUKSET	39
5.1	Yhteistoiminnalliset mallit virtauttamisen helpottamiseksi.....	39
5.2	Kahden esitetyn linjasaneerausten virtauttamistavan vertailu	41
5.3	Virtauttamisen kehittäminen talonrakentamisessa.....	43
5.4	Suunnittelun rooli.....	44
5.5	Virtauttamisen indikaattorit	47

5.5.1	Virtaustehokkuus – mestojen täyttöaste ja läpimenoaika	48
5.5.2	Resurssitehokkuus – keskeisten resurssien tasainen virtaus.....	48
5.5.3	Tasaisen tuotantonopeuden takaaminen	50
5.5.4	Muut virtauttamisen mittarit	50
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET	51
7.	JATKOTUTKIMUSEHDOTUKSET	52
	LÄHTEET	55

LIITE 1: Haastateltavat ja heidän edustamansa näkökulmat

LIITE 2: Haastattelulomake

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Rakennusalan heikko tuottavuus on ollut pitkäikäinen ongelma, johon on pyritty hakemaan ratkaisua monenlaisista lähteistä. Heikon tuottavuuden taustalla on osittain tuotteiden monimutkaistuminen ja alaa leimaava kompleksisuus. Eri osapuolten välistä yhteistoimintaa on rakennushankkeissa suhteellisen vähän, eikä osapuolten osaamista hyödynnetä riittävästi vaan tarvittavat palvelut ja työt ositetaan hyvin pitkälle, ja kilpailut voitetaan usein halvimmalla hinnalla. Tämänkaltainen osaoptimointi taas johtaa heikkoon hankekokonaisuuden optimointiin ja hallintaa, joka heikentää edelleen hankkeiden tuottavuutta.

Yksi tapa pureutua tuottavuuden ongelmiin, on keskittyä arvoatuottamattoman toiminnan eliminointiin tuotannon virtauttamisen avulla. Tuotannon virtauttaminen tarkoittaa tuotantoprosessin eri vaiheiden toteuttamista peräkkäin siten, että tuotanto etenee työkohteesta toiseen hallitusti, resurssikuormitus on tasaista eri työkohteissa sekä keskeneräinen tuotanto on mahdollisimman vähäistä. Virtauttamisen lopullinen tavoite on saada tuotanto virtaamaan yksi kerrallaan koko tuotantoketjun läpi siten, että tuotanto sisältää mahdollisimman vähän hukkaa. Virtauttamiseen liittyy erilaisia työkaluja, kuten Last Planner, tahtiaikatuotanto ja oikea-aikaiset toimitukset. Rakennusosalalla virtauttamista voidaan hyödyntää niin suunnittelussa, talonrakentamisessa kuin inf-rakentamisessakin.

Tämä raportti on osa yhdentoista rakennusalan toimijan RAIN-hanketta, jonka tavoitteena on edistää yhteistoiminnallisten periaatteiden käyttöä rakennusprojekteissa koko alalla. RAIN-hankkeeseen osallistuvat yritykset toteuttavat tutkimusta ja järjestävät kuukausittain työpajoja, joissa jaetaan kokemuksia ja esitetään uutta tutkimustietoa sekä työstetään hankkeen teemoja. Hanke ajoittuu vuoden 2016 alusta vuoden 2018 puoleenväliin. RAIN-hanke koostuu viidestä teema-alueesta: projektisysteemin suunnittelusta, yhteistyömekanismeista, virtauttamisesta, tiedonhallinnasta sekä ihmisten toiminnasta. Tämä raportti sisältyy virtauttamisen teema-alueeseen.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Tutkimuksen tavoitteena on luoda nykytilan kooste suomalaisten case-yritysten virtauttamisen sovelluksista eri rakennusalan osa-alueilla. Soveltamismahdollisuuksia analysoidaan kansainvälisen tutkimuskirjallisuuden ja teemahaastattelujen avulla. Lopputuloksena on kooste, josta virtauttamisen soveltamiskohteet rakennusosalalla voi nähdä. Tavoitteet on kiteytetty neljään osaan seuraavasti:

1. Rakennusalalle soveltuvat virtauttamisen menetelmät kirjallisuuden perusteella
2. Suomalaisen rakennushankkeiden virtauttamisen nykytila haastattelujen perusteella
3. Virtauttamisen nykytilaan liittyvien haasteiden ratkaisuehdotukset
4. Virtauttamisen arvioinnin mittarit

RAIN-hankkeen ja virtauttamisen taustalla on maailmanlaajuinen muutos, joten virtauttamista tarkastellaan kirjallisuuden valossa lähtökohtaisesti kansainvälisellä tasolla. Tutkimuksen lähtökohta on palvella suomalaista rakennusalaa, minkä vuoksi julkaisu painottuu tutkimuksen aikana tehtyjen haastattelujen aineistoon. Teoriasta löytyviä virtauttamiseen liittyviä menetelmiä valikoidaan ja karsitaan sen mukaan, kuinka tarkasti ne liittyvät teemahaastatteluissa esiin tulleisiin huomioihin.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusote tutkittavaan aiheeseen on kvalitatiivinen eli laadullinen. Laadullinen tutkimusote olettaa, että muuttajat ovat monimutkaisia, toisiinsa kietoutuneita ja vaikeasti mitattavissa. Kvalitatiivinen tutkimus lähtee hyvin yleisistä käsitteistä (kuten virtauttamisesta), jotka muuttuvat tutkimuksen kuluessa. Kvalitatiivinen tutkimus kuvailee kehittyviä prosesseja ja etsii niistä säännönmukaisuuksia ja monimuotoisuutta. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa korostuu todellisen elämän kuvaaminen ja aiheen kuvaaminen mahdollisimman kokonaisvaltaisesti, minkä lisäksi pyrkimyksenä on ennemmin löytää tai paljastaa tosiasioita, kuin todentaa jo olemassa olevia totuusväittämiä. (Hirsjärvi & Hurme 2000)

Tutkimuksen teoriaosuudella pyritään vastaamaan ensimmäiseen ja neljanteen sekä osittain kolmanteen osatavoitteeseen. Teoriaosuus suoritetaan kirjallisuuskatsauksena, jossa virtauttamisen periaatteet sekä soveltamismahdollisuudet rakennusalalla selvitetään kansainvälisestä kirjallisuudesta ja tutkimuksista.

Toiseen ja osittain kolmanteen osatavoitteeseen etsitään vastausta kotimaisista teemahaastatteluista, joissa haastateltiin yhteensä 14 henkilöä suomalaisista rakennusyrytyksistä. Haastattelut suoritettiin eri rakennusalan sektoreilla toimivien yritysten kanssa, jotta saataisiin kuva siitä, miten virtauttamista on sovellettu muun muassa talonrakentamisessa, infrarakentamisessa, korjaushankkeissa ja suunnittelussa. Haastattelujen perusteella suoritetaan kerätyn aineiston analyysi, jossa kerätyn aineiston tietoa sovelletaan teorian kanssa yhteen sovittaen.

2. ARVONTUOTTO, HUKKA JA EPÄVARMUUDEN MERKITYS

2.1 Asiakkaan kokeman arvon määrittäminen

Eräs merkittävä tekijä rakennushankkeen onnistumista arvioitaessa on asiakkaalle tuotettu arvo. Arvo määritetään aina asiakkaan tarpeiden ja tämän tarpeen täyttämiseen tuotetun tuotteen näkökulmasta (Womack & Jones 2003). Liker (2004) määrittelee arvon esittämällä kysymyksen: ”Mitä asiakas haluaa tältä prosessilta?” Asiakkaan tarpeet määrittelemällä ja niihin keskittymällä voidaan prosesseista näin ollen eritellä arvoa lisäävät ja arvoa lisäämättömät toiminnot. Asiakas voi olla joko sisäinen tai ulkoinen asiakas. Sisäisellä asiakkaalla tarkoitetaan tuotantolinjan tai –prosessin seuraavaa vaihetta. Ulkoinen asiakas on prosessin ulkopuolinen asiakas (esimerkiksi tilaaja). (Liker 2004)

2.1.1 Arvovirran tunnistaminen

Arvovirtaketjun tarkastelu yhdistää yrityksen johtamiskulttuurin, joka on strategian ja liiketoiminnan kehittämistä, sekä operatiivisen kulttuurin, kuten hankinnan, tuotannon ja logistiikan. Arvovirtaketjun hallinnalla saadaan materiaalivirtoihin liittyvän informaation hallintaa aina toimittajalta loppukäyttäjälle asti, pystytään hallitsemaan keskeneräistä tuotantoa, nopeuttamaan tuotantoprosesseja sekä parantamaan asiakastyytyväisyyttä.

Arvovirran tunnistamisessa tarkastellaan tuotteen läpikäymää prosessia raaka-aineiden hankinnasta materiaalien uudelleenkäyttöön. Arvovirran tunnistamisella voidaan erottaa arvoa tuottamaton ja arvoa tuottava toiminta toisistaan. Toiminnot voidaan tällöin jakaa arvon tuottamisen ja tarpeellisuuden näkökulmista kolmeen luokkaan (Womack & Jones 2003):

1. Arvoa tuottava toiminto
2. Arvoa tuottamaton toiminto
3. Pakollinen, mutta ei arvoa tuottava toiminto (tukitoiminto)

2.1.2 Virtauksen luominen

Virtaustehokas toiminta keskittyy tehokkaaseen arvon tuottamiseen. Rakennustuotannossa virtausyksiköllä tarkoitetaan keskeneräistä tuotetta, jota jalostetaan tuotantoketjun aikana lopputuotteeksi. Keskeneräinen tuote virtaa prosessista toiseen ja sitä työstetään arvoa luoden. Vastakkainasetteluna voidaan pitää resurssitehokkuutta, jossa tavoitellaan yksittäisten resurssien, kuten työntekijöiden, laitteiden ja informaatiojärjestelmien mahdollisimman tehokasta hyödyntämistä. Optimaalisessa tilanteessa tuotannon virtaus on nopea ja resurssien käyttö tehokasta.

Käytännössä tämä ei aina ole kuitenkaan mahdollista, koska tuotantoon liittyvä epävarmuus hidastaa virtausta erityisesti tuotannossa, jossa resurssien käyttöaste on korkea. (Modig & Åhlström 2012)

2.2 Arvoa lisäämättömien toimintojen vähentäminen

Arvovirran hallitsemiseksi on olennaista pyrkiä erottamaan siitä arvoa lisäämätön toiminta eli hukka. Ylituotantoa voidaan pitää keskeisimpänä hukkana. Ylituotannosta seuraa muun muassa tarpeettomien varastojen kasautuminen eri työvaiheiden välille. Varastojen muodostuminen voi tyypillisesti johtaa pidempiin läpimenoaikoihin, ylimääräisiin varastointi- ja kuljetuskustannuksiin, viivästyksiin ja keskeneräisten tuotteiden vanhenemiseen tai vahingoittumiseen. (Liker 2004)

Hukan eliminoimisessa tulee ottaa huomioon, että osa arvoa tuottamattomasta toiminnasta tuottaa arvoa sisäisille asiakkaille. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi suunnittelu ja työtapaturmien ehkäisy. Osaprosessin hukan eliminoimisessa tuleekin ottaa huomioon, johtaako hukan poistaminen kyseisessä osaprosessissa lisääntyneeseen hukkaan muissa osaprosesseissa. (Koskela 2000)

Epävarmuus on merkittävä hukan aiheuttaja. Vaihteleva tuotantoteho on vaikeasti suunniteltavissa ja hallittavissa, koska se sisältää runsaasti epävarmuutta. Käytännössä tuotannon vaihtelevuus tunnistetaan mittaamalla sitä tilastollisesti. Tämän jälkeen vaihtelevuuden juurisyy selvitetään ja eliminoidaan. Toimenpiteiden standardointia käytetään yleensä vaihtelevuuden ehkäisemiseksi kaikissa virtauksen osa-alueissa. (Koskela 1992)

Tuotantotehon vaihtelevuuden ja tästä seuraavan epävarmuuden hallitseminen riippuu organisaation tiedonkulusta. Mitä enemmän epävarmuutta, sitä enemmän tiedon jakamista tarvitaan. Epävarmuutta voidaan tiettyyn pisteeseen asti hallita byrokratian avulla, mutta liiallinen byrokratia ylikuormittaa organisaation osapuolia. Tiedon jakamisen määrää voidaan vähentää vähentämällä epävarmuutta tai tehostamalla tiedon käsittelyä esimerkiksi yhteistoiminnallisten kokousten avulla. Jos tiedon tarvetta ei pystytä hallitsemaan, on seurauksena yleensä ylimääräisten resurssien käyttö, mikä lisää hukkaa. (Kivistö & Ohlsson 2013)

3. VIRTAUTTAMISEN SOVELTAMISMAHDOLLISUUDET

Virtauttamisessa tavoitellaan hankkeen kokonaisuuden sujuvoittamista. Tuotannon ja suunnittelun virtauttamisen keinot eroavat kuitenkin merkittävästi toisistaan, minkä vuoksi rakennustuotanto ja suunnittelu käsitellään seuraavaksi erillisissä alaluvuissa.

3.1 Virtauttaminen talonrakentamisessa

3.1.1 Last Planner

Last Planner on Yhdysvaltalainen 1990-luvulla rakentamisen tuotannonohjaukseen kehitetty menetelmä. Menetelmän avulla pyritään ehkäisemään epävarmuutta tarkemmalla suunnittelulla ja toimijoiden sitouttamisella tuotannosuunnitteluvaiheessa. Menetelmässä myös seurataan työn toteutumaa ja puututaan toteutuneen ja suunnitellun työn eroihin. Tässä työssä tehtyjen haastattelujen perusteella Last Planneria käytetään usein myös suomalaisilla työmailla osana tuotannosuunnittelua ja tuotannon virtauttamista.

Last Planneria käytetään lyhyen (4 – 6 viikon) aikavälin suunnitteluun ja ohjaukseen. Viikkosuunnitelman laatiminen ja toteutumisen valvonta ovat keskeisiä menetelmiä Last Plannerin soveltamisessa. Viikkosuunnitelma sisältää vain tehtäviä, joiden aloitusedellytykset ovat kunnossa. Toisin sanoen viikkosuunnitelma määrittää *mitä tullaan tekemään*. Tämän vuoksi tulee noudattaa valmistelevaa suunnittelua, jonka tavoitteena on ylläpitää riittävä varanto aloituskelpoisia viikkotehtäviä. Valmisteleva suunnittelu määrittää *mitä voidaan tehdä*. Viikkosuunnittelun ja valmistelevan suunnittelun yläpuolella on yleisaikataulu, joka määrittää kaikki työpaketit sekä niiden järjestyksen eli sen, *mitä pitäisi tehdä*. Last Planner –menetelmä sisältää seuraavat osat (Bertelsen 2002; Koskela & Koskenvesa 2003):

- Osapuolten yhteinen rakentamisvaihesuunnittelu (käännetty vaiheaikataulu), jossa sitoutetaan osapuolet työhön.
- Järjestelmällinen valmisteleva suunnittelu, jossa luodaan edellytykset viikkotehtäville.
- Viikkosuunnitelma, jossa tehtävien edellytykset ovat varmistettu.
- Osapuolten sitoutuminen viikkosuunnitelman tehtävien läpivientiin.
- Viikkosuunnitelman tehtävien toteutumisen tarkastaminen.
- Tehtävien toteutumatta jäämisen syiden selvittäminen.
- Vaikuttaminen syihin.

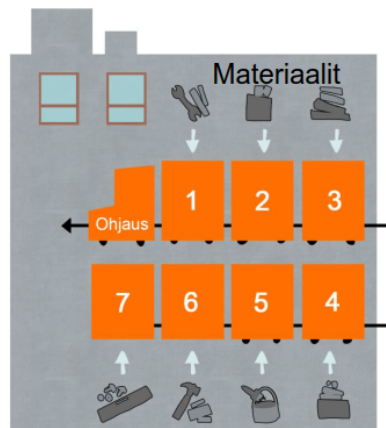
Suurin osa työmaan tehtävistä on kokoonpanotehtäviä, jotka sisältävät useita panosvirtoja epävarmuuksineen. Koskela & Koskenvesan (2003) mukaan tuotannonohjauksen teoria suosittelee, että panokset siirretään tällaisessa tapauksessa imuohjauksen avulla. Imuohjaus toteutetaan Last

Plannerissa valmisteleavan suunnittelun ja käännetyn vaiheikataulun avulla. Valmisteleavassa suunnittelussa havaitaan ja ratkaistaan tuotannon toteuttamisen ongelmat etukäteen. Last Plannerissa otetaan huomioon, mitä tehtäviä suunnittelun näkökulmasta pitäisi tehdä, mutta työkoh-teisiin kohdennetaan ainoastaan työtehtävät, jotka voidaan tehdä. Menettelyllä pyritään varmis-tamaan kaikkien tarvittavien panosten saatavilla olo. (Koskela & Koskenvesa 2003)

Imuohjauksen suunnittelu perustuu valmisteleavan suunnittelun lisäksi käännettyyn vaiheikatau-luun. Käännetyssä vaiheikataulussa tehtäviä tarkastellaan aloittaen tavoitteellisesta valmistu-mispäivämäärästä taaksepäin edeten. Tehtävät määritetään ja järjestetään siten, että niiden val-mistuminen vapauttaa työtä. Työtehtävät, informaation virtaus ja materiaalitoimitukset suunni-tellaan alavirran asiakkaiden tarpeiden, toisin sanoen imun, perusteella. Imuohjauksen hyödyn-täminen mahdollistaa luotettavamman ja tehokkaamman työnkulun, koska odottamiseen, tar-peettomaan tekemiseen ja ylituotantoon liittyvä hukka saadaan eliminoidua. Käännetyn vaihei-kataulun käyttäminen paljastaa usein tarpeen käyttää pienempiä tuotantoeriä, oikea-aikaisia toi-mituksia, resurssien tasaamista ja lyhyempiä läpimenoaikoja. Käännetty vaiheikataulu toteute-taan seuraavien vaiheiden avulla (Leanconstruction.org 2017):

- Työvaiheiden määrittäminen.
- Työvaiheiden valmistuspäivämäärien määrittäminen (virstanpylväät).
- Työvaiheiden toteuttamiseen tarvittavien toimintojen verkon määrittäminen valmistu-mispäivämäärästä lähtien, tiimityötä ja Post-it –lappuja hyödyntämällä.
- Toimintojen keston määrittäminen ilman epävarmuutta tai puskuriaikoja.
- Logiikan uudelleenarviointi kestojen lyhentämiseksi.
- Aikaisimman käytännöllisen aloitusajan määrittäminen.
- Puskureilla suojattavien epävarmuutta sisältävien toimintojen määrittäminen.
 - Mitkä toimintojen kestot ovat todennäköisimmin muuttuvia?
 - Mitkä ovat riskit?
 - Toimintojen tärkeysjärjestykseen laittaminen epävarmuuden mukaan.
 - Aikataulupuskurien sijoittaminen toimintoihin tärkeysjärjestyksen perusteella.
- Onko tiimin mielestä määritetyt puskurit riittäviä virstanpylväiden mukaisen toteutuksen saavuttamiseksi? Jos ei, suunnittele uudelleen tai siirrä virstanpylväitä, jos mahdollista.

Kuvassa 3.1 on esitetty Last Planner – menetelmän prosessikaavio. Kuva esittää eri suunnittelu-vaiheiden liittymisen siihen mitä aiemmin kuvailun Last Plannerin logiikan mukaan pitäisi, voi-daan, tehdään ja tehtiin.



Kuva 3.2. Rakennustuotannon virtautettu tuotantोजना (Salminen 2016).

Tahtiaikasuunnittelun avulla rakennushankkeen tuotannosuunnittelusta uskotaan saavan nykyistä tarkempi ja luotettavampi. Tahtiaikasuunnittelun tavoitteena on ennakoitavissa oleva ja tasainen tuotantotahti, jonka seurauksena myös toimitusten ja logistiikan suunnittelu on tarkkaa. Frandson et al. (2013) on listannut tahtiajan käytöstä saatavia hyötyjä rakennustuotannon aika-
taulutuksessa:

- Työryhmät voivat keskustella vaihtoehtoisista lähestymistavoista ja kuinka kukin haluaisi työnsä tehdä niin, että systeemin pullonkaulat (tahdin asettajat) voitaisiin määrittellä ja mikä lähestymistapa sopii kullekin ryhmälle projektin kokonaisuuden parhaan toteuttamisen kannalta.
- Jokainen työntekijä tietää, missä heidän tulee työskennellä ja milloin, jotta mahdollinen jäljellä oleva koordinointi voidaan suorittaa viivyttämättä ja ilman toteutuksessa esiin tulevia yllätyksiä.
- Jokainen työryhmä tietää paikkansa tuotantoketjussa, jotta ryhmät voivat keskittyä työryhmien väliseen resurssien yhteensovittamiseen (yhteinen alue materiaaleille ja kokoamiselle, kulkureitit materiaalitoimituksille, yhteiset nostokalustot, yms.).
- Työryhmät voivat luottaa suunnitelman paikkaansa pitävyyteen (liittyen aikaan ja riittävään tilaan työn tekemiselle) ja voivat siten suunnitella yksityiskohtaisesti työn toteuttamisen (turvallisuus, laatu, logistiikka), ilman vaihtoehtojen miettimistä suunnitelmamuu-
tosten varalle.
- Työryhmät saavat välitöntä palautetta töiden etenemisestä (ovatko he tahtiajassa? Onko laatuvaatimukset täytetty?), koska työn edistymistä seurataan päivittäin pieneksi jaetuissa mestoissa.
- Työryhmien edistymistä arvioidaan pienissä erissä, joten maksut saadaan suoritettua tarkemmin toteutuman mukaisesti.
- Listatuista hyödyistä seuraa, että ryhmät voivat olla tuottavampien kuin ne muuten olisivat.

Yhdenmukaisen tahtiajan käytöstä seuraa, että erityisesti nopeimmat työryhmät voivat olla osan tahtiajasta joutilaina. Tällöin voi tulla kyseeseen pienentää työryhmän kokoa, tai kohdentaa työryhmälle muita vapaina olevia työtehtäviä. Tahtiaikaa voidaan pyrkiä lyhentämään kasvattamalla hitaimman työryhmän kokoa, muuttamalla työmenetelmiä ja kalustoa, käyttämällä esivalmisteita, tai tekemällä osa valmistelevista töistä etukäteen. Mikäli joutilaita työryhmiä ei saada kohdennettua muualle, on seurauksena kapasiteetin menetys. Tämän vuoksi töiden sisältämän varianssin vähentäminen ja töiden tehokas vapauttaminen viikkosuunnittelun avulla on olennaista tahtiaikatuotannon ohessa. (Frandsen et al. 2013)

Tahtiajan suunnittelussa tulee ottaa huomioon kohteen tahdistettujen lohkojen suuruuden merkitys tahtiajan keston. Isommat alueet vaativat pidemmän tahtiajan (esimerkiksi viikon kestävä tahtiaika verrattuna päivään). Pitkäkestoisissa tahtiajoissa työryhmien odotteluajat voivat olla suhteellisen suuria ja tuotannon suunnittelu epätarkempaa. Tämän vuoksi voi olla tarkoituksenmukaista tavoitella lyhyempiä tahtiaikoja ja –alueita. Pienempiin alueisiin jako nopeuttaa myös työvaiheiden valmistumiseen liittyviä tarkastuksia. Muita hyötyjä on muun muassa tehostunut tuotannon hallittavuus johtuen standardoitujen työvaiheiden liittymäkohtien suuremmasta määrästä (tekeminen jatkuu standardoidusta työstä toiseen). (Binninger et al. 2016)

3.1.3 Puskurien hyödyntäminen ja oikea–aikaiset toimitukset

Tuotantosysteemikirjallisuudessa puskurilla tarkoitetaan mekanisme, joka mitätöi epävarmuuden ja tuotantotehon vaihtelun vaikutukset systeemin sisällä. Pushuri voi liittyä materiaaleihin, työntekijöiden kapasiteetteihin tai aikatauluihin. Materiaalipuskurissa työtehtävän kannalta kriittisiä materiaaleja varastoidaan enemmän kuin olisi välittömän (käytännössä esimerkiksi päivittäisen) käytön kannalta tarpeellista. Kapasiteettipuskurissa työryhmille kohdennetaan vähemmän töitä, kuin työryhmä kykenisi kyseisellä ajanjaksolla tekemään. Aikataulupuskurissa aikataulu tai sen osa luodaan ei-kriittistä polkua edeten, toisin sanoen varastoidaan aloituskelpoisia työtehtäviä, jotka olisivat valmiita tehtäviksi. (Koga et al. 2016)

Oikea–aikaisissa toimituksissa tavarantoimittajat toimittavat pieniä määriä materiaalia suhteellisen lyhyin väliajoin. Toimitettavan materiaalin määrä määräytyy todellisen kulutuksen perusteella (imuohjauksella) ennakoinnin sijaan (työntöohjaus). (Gao et al. 2014) Jotta todellisiin menekkeihin perustuvasta toimitustavasta saadaan tasainen ja ennakoitava, tulee toimitusten kohteena olevien tuotannon prosessien olla toistuvuutta sisältäviä. (Soto 2007)

Toistuvassa tuotannossa materiaalitöimitukset suunnitellaan ja ohjataan niin, että tavaraa tulee ajallaan oikea määrä ilman välivarastointia suoraan käyttöpaikalle. Materiaalien varastoinnilla valmistuspaikalle ehkäistään vaurioiden syntymistä, vähennetään käsittelykertoja ja vältetään ylimääräiset varastoinnit työmaalla. Toimittajien lukumäärän vähentämisellä ja jäljellä olevia toimittajia kouluttamalla voidaan parantaa oikea–aikaisia toimituksia. Kasvaneet kuljetuskustannukset haittaavat pienten toimituserien käyttämistä. Pienet toimitukset voidaankin toteuttaa yhteiskuljetuksin, joissa pienet määrät eri materiaaleja toimitetaan yhdessä. (Toikkanen & Kiiras 1994; Junnonen 2010)

3.2 Virtauttaminen suunnitteluprosesseissa

Suunnittelu on sekä tuotantoprosessi (tuottaa informaatiota) että luova prosessi (luo potentiaalista arvoa). Tämän vuoksi suunnitteluun liittyy sekä hukka (virtausnäkökulma) että arvon menettäminen (asiakkaan arvon näkökulma). Nämä näkökulmat voivat näennäisesti olla ristiriitaisia keskenään. Tuotantoprosesseissa vaihtelevuuden katsotaan olevan haitallinen hukan aiheuttaja. Toisaalta suunnitteluprosesseissa vaihtelevuus voi olla lähde potentiaalisen arvon luomiseksi. Esimerkiksi erilaisten ratkaisuvaihtoehtojen luominen voi olla suunnittelutyön näkökulmasta hukkaa, mutta ilman vaihtoehtoja asiakkaan kannalta arvokkain toteutustapa voisi jäädä huomaamatta. (Ballard 1998; Koskela et al. 2013)

Suunnitteluprosessilla on kaksi asiakasta: rakentamisprosessi (sisäinen) ja tilaaja (ulkoinen). Suunnittelun näkökulmasta tilaajan arvo määritellään kolmen muuttujan avulla (Soto 2007):

1. Kuinka hyvin ehdottomat vaatimukset on otettu huomioon suunnitteluratkaisuissa
2. Kuinka hyvin suunnitelma on optimoitu (esim. toteutettavuus)
3. Havaitsemattomien suunnitteluvirheiden vaikutukset toteutukseen ja käyttöön

Suunnitteluprosessin virtauttamiseen liittyy läheisesti suunnitteluprosessin ymmärtäminen ja suunnitelmien vaikutusten ymmärtäminen tuotantoon ja käyttöön liittyen. Suunnitteluprosessin virtauttamisen kannalta tulee tunnistaa tai tunnustaa (Lindgren 2016):

- ylisuunnittelu,
- suunnitteluprosessin iteratiivisuus,
- uudelleensuunnittelu,
- eri osapuolten välinen huono tiedonkulku,
- tehoton työnkulku
- heikko suunnittelu, joka aiheuttaa hukkaa tuotannossa sekä
- liian kalliiden ratkaisujen suunnittelu.

Toiminnallisella tasolla suunnitteluprosessin ongelmat johtavat tyypillisesti monenlaisiin haitallisiin seurauksiin. Yleisimpiä seurauksia ovat muun muassa (Soto 2007):

- Suunnitelmat ovat keskeneräisiä ja tarvitsevat ylimääräisiä täydennyksiä, tai aiheuttavat improvisointia työmaalla.
- Suunnitelmat ovat epäselviä tai ylimalkaisia.
- Asiakkaan vaatimuksia ei saada välitettyä tehokkaasti suunnitelmissa, mikä johtaa suunnitelmanmuutoksiin myöhäisessä vaiheessa. Suunnitteluvaiheen kesto pitenee, mikä voi johtaa joidenkin toteutusratkaisujen hyödyntämättä jättämiseen yhteistyön puuttumisesta ja aikataulupaineista johtuen.
- Koordinoinnin puute osapuolten kesken, mikä johtaa suunnitelmien yhteensopimattomuuteen ja konflikteihin.
- Suunnitteluvirheistä johtuvat toteutettavuusongelmat aiheuttavat suuria kustannuksia.
- Suunnittelun kustannuksia vähennetään laadun kustannuksella.

3.2.1 Suunnittelun iteratiivisuus ja hukka

Tuotantoprosessien tapauksessa vaihtelevuuden katsotaan olevan haitaksi, koska se aiheuttaa epävarmuutta ja vaikeuttaa tuotannon suunnittelunmukaista toteutettavuutta. Suunnitteluprosessissa suunnitelmaluonnosten vaihtelevuus on usein hyödyllistä. Suunnittelu on iteratiivista, alustavat konseptit sisältävät vaihtoehtoja ja iterointikierröksillä havaitut suunnitteluvirheet antavat tietoa suunnitelman ongelmista ja mahdollisista ratkaisuista. (Ballard 1998)

Suunnitteluprosessin hukka muodostuu kahdesta pääkomponentista: suunnitelmien tarkoituksettomasta uudelleentekemisestä sekä tiedon ja työn kulkuun liittyvistä arvoa lisäämättömistä toiminnoista (Soto 2007). Ulkomaisten raporttien mukaan jopa noin 60 % projektinpäällikköjen ajasta voi kulua asiakkaaseen liittyvien muutoksien ja siitä seuraavaan urakoitsijoiden ohjeistamisen monimutkaisuuden hallintaan korkean vaatimustason projekteissa (Sacks 2014). Myös iterointikierrökset, joiden poistaminen ei aiheuta arvon menettämistä tai projektin epäonnistumista, ovat hukkaa. Tällaisia ylimääräisiä iterointikierröksiä kutsutaan negatiiviseksi iteroinniksi. Negatiivisiin iterointikierröksiin voi kulua jopa 50 % suunnitteluajasta. (Ballard 1998)

Ylimääräiset iterointikierrökset voivat olla seurausta huonosta myöhempien suunnitteluvaiheiden rajoitusten huomioon ottamisesta virtauksen alussa. Tällaiset iterointikierrökset voidaan välttää paremmalla kaikkien vaiheiden huomioon ottamisella luonnosvaiheesta eteenpäin. Käytännössä tiimityötä hyödynnetään tähän tarkoitukseen. Huono työvaiheiden järjestäminen voi myös aiheuttaa ylimääräisiä iterointikierröksiä. Tehtävien välisen tiedonkulun hahmottaminen ja tästä seuraavan tiedon taaksepäin kulkeutumisen tarpeen minimoiminen voivat vähentää iterointikierrösten lukumäärää. Asiakkaan arvon ja siitä seuraavien vaatimusten määrittäminen yksiselitteisesti suunnittelun alussa ehkäisee vaatimusten uudelleenmäärittämisestä johtuvat iterointikierrökset. (Koskela 2000)

Korjaushankkeissa suunnitteluun liittyvää negatiivista iterointia voi syntyä puutteellisesta lähtötietojen ja olosuhteiden kartoittamisesta ennen suunnittelua. Nykyiset olosuhteet vaikuttavat suunnitteluun kahdella tavalla. Olosuhteet määrittelevät suunnitteluratkaisujen kustannus- ja aikavaatimukset. Lisäksi olosuhteet voivat rajoittaa arkkitehtonisia, taloteknisiä ja sähkösuunnitteluratkaisuja. Iterointikierrökset ja uudelleentekeminen voivat olla seurauksia puutteellisin lähtötiedoin tehdystä suunnittelusta. (Mitropoulos & Howell 2002)

Muita korjaushankkeiden suunnittelun uudelleen tekemiseen liittyviä tekijöitä ovat tilarajoitukset (matala alakatto, huoneen koko, jne.), kustannus- ja aikataululliset rajoitukset sekä muuttuvat vaatimukset. Tilarajoitukset on perinteisesti ratkaistu työmaalla, mikäli rajoituksia ei ole osattu ottaa huomioon suunnittelussa. Nykyään tietomallien hyödyntäminen mahdollistaa entistä aikaisemman tilarajoitusten ja ratkaisujen törmäysten havaitsemisen. Kustannuksiin ja aikatauluun liittyvät rajoitukset voivat aiheuttaa negatiivista iterointia, mikäli suunnitteluratkaisut ovat liian kalliita, tai sisältävät pitkän läpimenoajan sisältäviä tuoteosia. Asiakkaan tarpeiden muutoksista johtuvat muuttuvat vaatimukset aikatauluihin, budjettiin tai käyttöön liittyen voivat myös johtaa

negatiiviseen iterointiin. Tällaisia iterointikierroksia on vaikea ennaltaehkäistä. (Mitropoulos & Howell 2002)

3.2.2 Suunnitteluongelmien ehkäiseminen toteutusmuodon valinnalla

Rakennushankkeen suunnittelun ja tuotannon ketjuttaminen peräkkäin voi johtaa epäideaalien ratkaisujen käyttöön, huonoon suunnitelmien toteutettavuuteen, suuriin määriin muutostöitä sekä jatkuvan kehittymisen puuttumiseen. Erityisesti projektin alussa tehdyt suunnitteluvirheet ja huonot päätökset voivat aiheuttaa suuria kustannuksia ja vaikuttaa koko projektin läpivientiin. Perinteisten toteutusmuotojen ongelmana on suunnittelun virtauttamisen näkökulmasta muun muassa (Soto 2007):

- Myöhempien vaiheiden rajoituksia ei oteta huomioon suunnitteluvaiheessa
- Myöhemmille vaiheille luodaan tarpeettomia rajoituksia suunnitteluvaiheessa
- Asiantuntijoiden rajoittunut tiedonsaanti (huono prosessien läpinäkyvyys, jaettu projektin kontrolli)
- Johtajuuden ja vastuun puute kokonaisprojektin näkökulmasta (jaettu projektin kontrolli)

Rakennushankkeen eri vaiheiden ketjuuntumisen aiheuttamat ongelmat pyritään välttämään projektinjohtorakentamisen toteutusmuotoja käyttämällä. Projektinjohtorakentamisessa toteutussuunnittelu, hankinnat ja rakentaminen limitetään jakamalla rakennustyö lukuisiin hankintoihin, jotka kilpailutetaan suunnittelun etenemisen perusteella. Limittämisen seurauksena tilaajan ohjausmahdollisuus sekä suunnitteluratkaisuihin että kustannuksiin säilyy myös toteutusvaiheessa (Kruus et al. 2006). Koska toteutussuunnittelu, hankinnat ja rakentaminen suoritetaan limittäin, voidaan eri osapuolten asiantuntemusta hyödyntää suunnitelmien toteutettavuuden ja tiedonkulun parantamiseksi. (Soto 2007)

3.2.3 Big Room ja solmutyöskentely

Rakennushankkeen prosessit (erityisesti suunnitteluvaiheet) sisältävät vaiheita ja tehtäviä, joita ei voida ratkaista ainoastaan yhden organisaation sisällä, koska ratkaisut vaativat monenlaista erikoisosaamista. Yhteistyön mahdollistamiseksi voidaan noudattaa Big Room-menetelmää, jossa eri asiantuntijat työskentelevät samassa tilassa – ”isossa huoneessa” – ja jakavat informaatiota keskenään huomattavasti tehokkaammin, kuin sähköisten järjestelmien avulla. Työskentelyn koordinointi ja ohjaaminen voivat olla huomattavasti helpompaa ja tehokkaampaa tällaisessa tapauksessa. Rakennushankkeissa Big Room-menetelmä soveltuu erityisesti isoihin hankkeisiin, jotka työllistävät eri suunnittelijat täysipäiväisesti. Big Roomia myös käytetään usein suomalaisissa rakennushankkeissa esimerkiksi suunnittelutyön integroimiseen. (Kerosuo et al. 2013)

Usein pienemmissä projekteissa suunnittelutyötä tehdään monien hankkeiden välillä lähes samanaikaisesti. Lisäksi tarvittava erikoisosaaminen vaihtelee vaihekohtaisesti. Tällöin säännöllinen ”isossa huoneessa” työskentely ei ole aina tarkoituksenmukaista. Solmutyöskentely tarjoaa lyhytkestoisen vaihtoehdon Big Room-menetelmälle. Solmutyöskentelyssä ihmisryhmät, tehtävät ja työkalut ohjataan intensiiviseen ja projektin näkökulmasta lyhytkestoiseen ongelmanratkaisuun tai tehtävän toteuttamiseen yhdessä. ”Solmu” avautuu, kun ongelma saadaan ratkaistua tai tehtävä saadaan suoritettua. Solmutyöskentely vaatii tiivistä yhteistyötä organisaatorajojen ja –hierarkioiden ylitse. (Kerosuo et al. 2013)

3.3 Virtauttaminen korjausrakentamisessa

Korjausrakentaminen on virtauttamisen näkökulmasta uudisrakentamista huomattavasti vähemmän tutkittu aihealue. Teoriasta löytyy vain muutamia suoria esimerkkejä korjausrakentamisen tuottavuuden parantamisesta virtauttamisperiaatteiden implementoinnin avulla. Uudisrakentamisesta löytyy kuitenkin esimerkkejä, joiden voidaan ajatella olevan analogisia korjausrakentamisen kanssa. Esimerkiksi suuri monimutkaisuus on tyypillinen piirre useimmille korjaushankkeille, mutta monimutkaisten hankkeiden toteuttamista on tutkittu erityisesti uudisrakentamisessa.

Korjaushankkeiden työt eroavat monella tapaa uudisrakentamisen projektien töistä. Korjausrakentamiseen liittyy tyypillisesti huomattavasti uudisrakentamista enemmän epävarmuutta. Korjaushankkeen tavoitteena on korjata rakennuksen teknisen, toiminnallisen tai taloudellisen vanhentumisen vaikutukset ja päivittää alkuperäinen kohde nykyisen käyttötarkoituksen mukaiseksi. Erityishaasteina ovat rakennuksen rakenteista aiheutuva epätietoisuus ja yllätyksellisyys, työmaan logistiset ongelmat, rajoitetut työajat sekä rajoittuneet materiaalivaihtoehdot. Seuraavaksi on toteutuksen suunnittelun vaikeus sekä logistiset haasteet. Seuraavat piirteet ja ongelmat ovat erityisesti korjaushankkeiden kannalta olennaisia (Bryde & Schulmeister 2012; Kemmer et al. 2013):

- Korjaustyön hallinta on monimutkaista, hyvin erikoistunutta ja sisältää työn elementtejä, jotka ovat ainutlaatuisia korjauksessa ja eroavat uudisrakentamisesta.
- Korjaamista on vaikeampi hallita, riskien ja epävarmuuden tasot ovat korkeammat kuin uudisrakentamisessa.
- Korjausrakentamisen hankekoot ovat usein pieniä, joka heijastuu korkeana kustannustasona suhteessa uudisrakentamiseen.
- Pieniä, paljon työtä sisältäviä toimintoja on hajautunut ympäri olemassa olevaa rakennusta.
- Korjattava rakennus on usein käytössä korjaustyön aikana.
- Korjauskohteeseen liittyvien alkuperäisten suunnitelmien puuttuminen suunnittelun ja rakentamisen ohjaamiseksi erityisesti vanhemmissa kohteissa. Alkuperäisten rakenteiden yllätyksellisyys ja ennakoimattomuus.
- Rakenteet ja niiden tekninen kunto selviävät usein vasta purkutöiden jälkeen.

- Korjaustyössä käytettävät materiaalit eroavat yleisesti käytössä olevista materiaaleista, jolloin myös toimitusnopeudet, työntekijöiden erityisosaaminen ja tehtävien nopeuden voivat vaihdella huomattavasti.
- Rakennuksen osat voivat ovat toisiinsa monimutkaisesti liittyviä, jolloin yhden osan korjaaminen voi aiheuttaa ongelmia toisessa rakennuksen osassa (jopa rakenteelliseen kestävyYTEEN liittyen).
- Rakennukselle asetettujen vaatimusten muuttuminen, esimerkiksi viranomaismääräys ääneneristävyYden parantamiselle, kesken hankkeen.

Korjaushankkeiden koetaan olevan erityisen haastava kohde virtauttamisen näkökulmasta. Kiireät aikataulut painostavat työmaanjohtoa aloittamaan korjaustoimenpiteet mahdollisimman nopeasti. Tällöin suunnitteluvaiheesta pyritään tekemään mahdollisimman nopeasti etenevä, jolloin suunnitelmien laatu on usein heikompi. Toisaalta korjaushankkeiden sisältämän erityisen suuren epävarmuuden vaikutuksia voidaan ehkäistä nimenomaan laadukkaan ja kattavan suunnittelun avulla. Ilman epävarmuuden ehkäisyä, voi olla tarpeellista käyttää suuria määriä puskureita, mikä voi kyseenalaistaa virtauttamismenetelmien toimivuuden tällaisissa korjaushankkeissa. (Merikallio & Haapasalo 2009; Bryde & Schulmeister 2012)

Niin korjaus- kuin uudishankkeenkin virtauttamisessa tulee ottaa huomioon aliurakoitsijoiden rooli. Työmaahenkilökunnalle tulee selvittää virtauttamisen hyödyt työntekijöiden näkökulmasta. Havainnollistamalla voidaan ehkäistä muutosvastarintaa ja saada työntekijät mukaan toimintojen kehittämiseen. Lisäksi sopimustekijät vaikuttavat virtautuksen onnistumiseen. Aliurakoitsijoille tulee asettaa kannusteita virtauttamisen noudattamiseen. Mikäli sopimukset sisältävät taloudellisia esteitä aliurakoitsijoiden virheiden myöntämiseksi, on avoimuus ja läpinäkyvyys tiedon jakamisessa vaarassa erityisesti virtaavuuden mukaisten tuotantokriteerien (laatu, virheettömyys, tasainen työtahti, ym.) näkökulmasta. (Bryde & Schulmeister 2012)

3.3.1 Toistuvuuden hyödyntäminen

Korjausrakentamisessa toistuvuuden hyödyntämiseen vaikuttavat muun muassa kohteen kunto, kuntotutkimuksen laajuus ja onnistuminen, purkutöiden ja korjauksen kattavuus sekä osakohteiden samankaltaisuus. Korjaushankkeen suunnitteluun vaikuttaa suunnitteluvaiheessa saatavilla oleva tieto, johon kuntotutkimusten ja purkutöiden aikaiset havainnot sekä vanhojen suunnitelmien löytyminen voivat vaikuttaa olennaisesti.

Korjausrakentamisessa toistuvuutta esiintyy samantyyppisissä kohteissa kuin uudisrakentamisessa (hotellit, samanlaisia tiloja sisältävät muut monikerroksiset rakennukset, ym.). Lisäksi korjausrakentamisen virtauttaminen soveltuu esivalmistusta hyödyntäviin korjausmenetelmiin, sekä toistuvuutta sisältäviin osakokonaisuuksiin, kuten julkisivuihin ja talotekniikkalinjoihin. Virtauttamisen sovelluskohteita korjausrakentamisessa ovat muun muassa (Salminen 2016):

- Hotellikorjaukset
- Julkisivukorjaukset

- Tekniset konseptit: hormielementit, PreBad–menetelmän mukaiset kylpyhuoneremontit, modulaariset tekniikkaseinäratkaisut
- Vuokratalojen facelift–korjaukset
- Vuokratalojen peruskorjaukset
- Putkiremontit

Virtauttamisen kannalta on olennaista löytää tuotannosta toistuvia kokonaisuuksia. Toistuvassa tilakorjauksessa työn alla yhtä aikaa olevien alueiden määrää pienennetään ja läpäisyajoja lyhennetään. Tämä tapahtuu kohteen jakamisella toistuvuutta sisältäviin lohkoihin, jolloin työn alla olevista alueista saadaan paremmin ennakoitavia ja täten helpommin hallittavia. Tällöin keskeneräisen tuotannon määrä saadaan pienemmäksi ja tuottavuutta parannettua. Korjausrakentamisessa solutuotannon tyypillinen tuoteperhe on asunto, jota korjataan toistuvien ja toisistaan vain hieman sisällöiltään ja määriltään eroavien työtehtävien sarjana. (Toikkanen & Kiiras 1994)

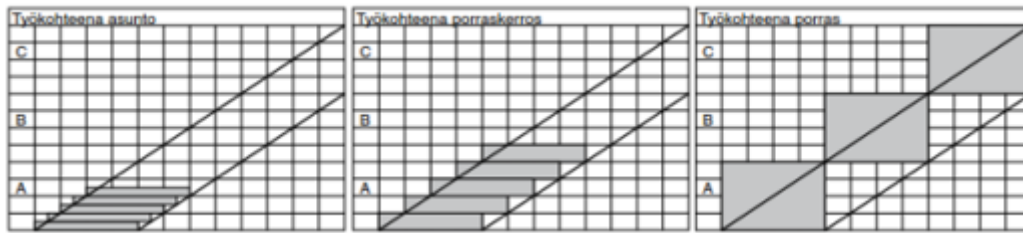
Toistuvassa tilakorjauksessa aikataulu suunnitellaan toistuvien työkohteiden tarkkuudella. Koko kohteen aikataulussa esitetään työkohteiden suoritusjärjestys, läpäisy aika ja porrastus. Koko kohteen aikataulun kelpoisuus tarkastetaan työkohteen yksityiskohtaisemmalla suunnittelulla. Yhden työkohteen aikataulu laaditaan esimerkiksi puolen päivän ja työvaiheiden tarkkuudella. Tällöin saavutetaan lyhyt läpäisy aika ja tasainen resurssien käyttö. Toistuvan työkohteen työn suunnittelun vaiheet ovat (Toikkanen & Kiiras 1994)

- Toistuvan työkohteen valinta ja osakohteisiin jako
- Koko kohteen aikataulun laadinta
- Toistuvan työkohteen työvaiheluettelon laadinta
- Koko kohteen tehtäväluettelon laadinta
- Toistuvan työkohteen aikataulun laadinta

Toistuvissa korjauksissa kohteen työkohteisiin jakamiseen vaikuttavat LVIS-järjestelmien korjaus, kerrostasot, niiden lukumäärä ja suuruus. Jos korjattavan rakennuksen pystylinjoja korjataan, jaetaan työkohteiksi yksittäiset pystylinjat. Muuten kohteeksi voidaan valita esimerkiksi yksi porraskerros (3-5 asuntoa). Liian suuri työkohde (koko porrastus) aiheuttaa töiden epätasaisen käynnissä olon. Korkeiden rakennusten tapauksessa myös pystylinja voidaan jakaa osiin, jottei yksittäisten työkohteiden koko olisi liian suuri. Toisaalta taas liian pienet työkohteet (työkohteena esimerkiksi asunto) aiheuttavat tarkoituksenmukaista tarkemman tuotannosuunnittelun, jolloin töiden ohjaaminen ei ole mielekäästä (Toikkanen & Kiiras 1994). Esimerkiksi tahtiaika-tuotannon tapauksessa tarkempaa suunnittelua voidaan kuitenkin hyödyntää myös pienehköissä lohkoissa, koska yhden toistuvan lohkon suunnitelma voidaan implementoida jokaiseen samantyyppiseen lohkoon. Kohde voidaan jakaa työkohteisiin myös seuraavien näkökulmien perusteella (kuva 3.3) (Junnonen 2010):

- Rakenteellinen osittelu (fyysiset osat)
- Tuotannollinen osittelu (työvaihe, työlaji, tehtävä)
- Osittelu sijainnin mukaan (lohko, sisävalmistusalue, työkohde)

- Osittelu hankintoihin (aliurakat, materiaalitöimitukset, työkaupat)
- Osittelu vastuualueisiin (fyysisten osien, työvaiheiden tai tehtävien jako henkilöille)
- Kustannusten osittelu (taloushallinnon tarpeet, valvontatarpeet)



Kuva 3.3. Toistuvan korjauskohteen paikka–aikakaaviot työkohteittain (Toikkanen & Kiiras 1994).

Kerrostalot ovat eräs yleinen ja oivallinen virtauttamisen kohde toistuvuudesta johtuen. Kerrostaloissa toistuvuutta korjaamiseen voidaan saavuttaa edellä esitettyjen työkohteisiin jakojen perusteella. Myös linjasaneerausten virtauttamista on kokeiltu erityisesti monikerroksisissa taloissa. Lisäksi esimerkiksi julkisivut, erilaiset tekniset konseptit (tekniikkaseinät, elementtikylpyhuoneet) sekä facelift–korjaukset toimivat kerrostalojen korjauksissa.

3.3.2 Teollinen korjausrakentaminen

Korjausrakentamisen toistuvuutta voidaan hyödyntää tehokkaasti teollisen korjausrakentamisen avulla. Teollinen korjausrakentaminen tarkoittaa tuotantoa, jossa käytetään mahdollisimman pitkälle esivalmistettuja rakennusosia ja –komponentteja. Esivalmistus ja kokoonpano tapahtuvat käytännössä tehtaassa. Työmaalle jää tavallisesti ainoastaan esivalmistettujen osien tai komponenttien asentaminen. Teollinen rakentaminen jaetaan esivalmistukseen, esiasennukseen ja modulointiin. (Mattila 2016)

Teollisia korjausratkaisuja on kehitetty lähinnä toistuvuutta sisältäviin korjauskohteisiin. Hermesin (2015) mukaan erityisesti tekniikkaa sisältävät moduulit ovat potentiaalinen kehityskohde rakennushankkeiden teollistamiseksi. Esimerkiksi putkistoyksiköt voidaan kuljettaa ja asentaa työmaalla valmiiksi täysin varustettuina. Kattomodulleihin voidaan asentaa valmiiksi tekniikkaa (kuten ilmanvaihtokanavia, kaapeleita, putkia, jne.). Yksittäisten moduulien yhdistämisen ratkaisuja on myös kehitetty. Toistuvuutta sisältäviä kohteita ovat esimerkiksi hormielementtikotelo ja asennusseinämoduuli sekä julkisivulinjan ulkopuolelle tuleva hissi- ja porrastorinimoduuli, kylpyhuonemoduuli, rakennuksen katolle tuleva lisäkerros- ja kattomoduli sekä teollisesti esivalmistetut julkisivu ja parveke-elementit. (Hermes 2015; Mattila 2016)

3.3.3 Linjasaneeraukset

VTT toteutti vuonna 2008 Internet–kyselyn taloyhtiöiden asukkaiden kokemuksen ja mielipiteiden kartoittamiseksi vesijohtojen ja viemäriputkien korjauksiin liittyen. Tyytymättömyyttä aiheuttivat erityisesti korjaustyön kesto, aikataulujen pitämättömyys, laatuongelmat ja tiedotus.

Virtauttamisen avulla voidaan lyhentää hankkeiden kestoja, parantaa aikataulujen pitävyyttä tuotannon vaihtelevuuden vähentämisen ja tarkemman suunnittelun avulla, parantaa laatua sekä mahdollistaa ennakoitavuuden avulla tehokkaampi tiedottaminen asukkaille. (Lindstedt et al. 2011)

Virtautetuissa linjasaneerauksissa, kuten virtautetuissa prosesseissa yleensä, keskitytään läpimenoaikojen lyhentämiseen erityisesti hukkan eliminoinnin kautta. Jopa yli 80 % linjasaneerausten läpimenoajasta voi olla hukkaa (kylpyhuoneet ovat tyhjillään). Suurin hukka-aika on mitattu silloin, kun linjasaneerauksen työvaiheet on aikataulutettu linjakohtaisesti, eli kaikki putkilinjan asunnot yhtenä pakettina. Eräs hukkamäärän merkittävä tekijä on tuotantotahdin suuri vaihtelu eri tehtävien välillä. Hitaita pullonkauloina toimivia työvaiheita nopeuttamalla (hukkaa vähentämällä) saadaan koko prosessia nopeutettua. On kuitenkin tärkeä huomata, että myös liian nopeat työvaiheet aiheuttavat hukkaa luomalla liian suuria puskureita, mikäli tahtiaikaa ei ole implementoitu. (Aatsalo 2016; Vuorio 2016)

Linjasaneerauksien virtauttamista on käsitelty tarkemmin tämän työn haastatteluosiossa. Osiossa on esitetty kaksi erilaista Suomessa esiintyvää tapaa linjasaneerauksien virtauttamiseksi.

Linjasaneerausten talotekniikka voidaan toteuttaa teollisesti hormielementtien avulla joko asentamalla putket uusiin paikkoihin tai korvaamalla vanhat putket hormielementillä. Vanhat putket korvaamalla vältetään uusien putkien tilantarve. Reittien valintaan vaikuttaa viranomais määräykset: elementin tulee olla sijainniltaan ja ominaisuuksiltaan helposti asennettava ja huolehdittava, turvallinen, toimiva, taloudellinen, esteettinen ja ääniteknisesti toimiva. Hormielementtikotelo soveltuu erityisesti 1960-luvulla ja sen jälkeen rakennettuihin taloihin, sillä niiden seinärakenteiden mittatarkkuus on riittävä hormien käyttöön. (Lindstedt et al. 2011)

3.4 Virtauttaminen infrahankkeissa

3.4.1 Tierakentaminen

Suurissa infrahankkeissa erilaisten rakennusosien määrä on niin suuri, että on usein tarkoituksenmukaista käyttää useita tuotantovälineitä ja -menetelmiä. Tiet, tunnelit, rautatiet, lentokentät sekä teollisuus- ja asuntoalueiden maanrakennustyöt ovat tyypillisiä suuria infrahankkeita. Suurten infrahankkeiden yleisaikataulua laadittaessa otetaan huomioon muun muassa tuotannon tekijöiden käytön tasaisuus, tuotantotekniset rajoitukset (suoritusjärjestys, painuma-ajat, vuodenaika, sääennusteet jne.), kulkuyhteyksien olemassaolo ja materiaalien saanti sekä häiriöherkkyyden hallittavuus. (Lindholm & Junnonen 2012)

Suurilla infrahankkeilla ei ole optimikestoja. Hankkeille voidaan asettaa tuotantonopeuden perusteella tavoitekesto taloudellisuus huomioon ottaen. Tuotantonopeus määritetään massatalouden suunnitteluratkaisun mukaisesti. Hankkeen nopeuttaminen vaatii lisäresursseja sekä lisää kustannuksia ja voi myös lisätä häiriöherkkyyttä. Erityisesti lohkomisen hyödyntäminen voi ly-

hentää koko hankkeen aikataulua. Työt voivat edetä samanaikaisesti eri lohkoissa. Lohkot muodostetaan työssä tarvittavien toimintayksikköjen ja osaurakoiden, massatalousalueiden, vesistöjen ja teiden risteyskohtien sekä rahoitustekijöiden perusteella. (Lindholm & Junnonen 2012)

Tierakentamisessa voidaan käyttää tahtiaikatuotantoa. Tahtiaika määräytyy sopimuksenmukaisen aikataulun perusteella (vaadittu tuotantoteho) sekä tuotantosysteemin pullonkaulojen määrittämän ennustetun tuotantotehon perusteella. Ennustetun tuotantotehon tulee vastata vaadittua tehoa, jotta pysyttäisiin aikataulussa. Tuotantotehoa voidaan pyrkiä nopeuttamaan hukkaa poistamalla. Lisäksi kohteen jakamisella osakohteisiin voidaan nopeuttaa tuotantoa.

3.4.2 Massojen käsittely

Maa- ja kalliomassojen käsittelyn suunnittelu ja hallinta ovat oleellinen osa infrahankkeen tuotannosuunnittelua. Maa- ja kalliomassojen käsittely muodostavat suuren osan lineaaristen hankkeiden kustannuksista (Lindholm & Junnonen 2012). Massankäsittelyyn liittyy runsaasti toistuvuutta logistiikan ja leikkausten muodossa. Toisaalta massankäsittelyyn voi liittyä myös epävarmuutta.

Massatalouteen liittyvät suunnitteluvaiheen ja tuotantovaiheen massataloudet. Suunnitteluvaiheessa tehdään isot massojen käytön ratkaisut, kuten tiehankkeen linjaukset ja tasaukset. Suunnitteluvaiheen tavoitteena on tilanne, jossa leikattava massa on mahdollisimman pieni, siirtomatkat ovat lyhyitä, turhia siirtoja vältetään ja kaikki leikattava massa on käytetty hyödyksi. Tuotantovaiheessa suunnitellaan massojen siirron käytännön toteutus. (Lindholm & Junnonen 2012)

Hanke voidaan jakaa massatalousalueisiin massansiirtosuunnitelman tekemisen yhteydessä. Massatalousalue on siirtoesteiden rajaama ja hankeaikataulussa kerralla toteutettava alue, jonka tarkoituksena on pienen koon mahdollistama parempi hallittavuus. Jako massatalousalueisiin tehdään suunnitelmakarttojen ja aikataulun avulla siten, että alueen sisällä ei ole siirtoesteitä. Katkoa aiheuttavia siirtoesteitä ovat muun muassa yleinen liikenne, siltatyömaat, vesistöylitykset ja tunnelit, vaikeakulkuinen maasto sekä ympäristörajoitukset (esim. liito-oravat ja lintujen pesintäajat). Yhden alueen viivästykset eivät yleensä heijastu toisiin alueisiin, ellei kyseessä ole kahden alueen välinen siirto. Massatalousalueita voivat rajata myös aikataululliset seikat, kuten liikenteellisistä syistä johtuva vaatimus saada tietty alue valmiiksi ennen muita. (Lindholm & Junnonen 2012)

Massanhallintaan liittyy monia muitakin epävarmuutta lisääviä tekijöitä. Maaperän koostumusta ei yleensä tiedetä kaivuun aloittamishetkellä täysin. Erityisesti pehmeät maaperät, kalliopinnan tai roudan syvyys voivat mutkistaa kaivuutöitä. Lisäksi muun muassa pohjavedenpinta ja sen tason muuttaminen, sekä olosuhteiden perusteella vaaditut erilaiset luiskakaltevuudet voivat aiheuttaa epävarmuutta massanhallinnan suunnittelulle. Leikkauksia ja täyttöjä tulee pyrkiä noudattamaan samanaikaisesti samalla tehokkuudella, jotta vältettäisiin materiaalien kasaantuminen

läjiksi. Materiaaleja voidaan toisinaan joutua siirtelemään useisiin läjiin ennen lopullista sijoittamista. Tämän vuoksi viivästyksset yhdessä osakohteessa voivat aiheuttaa viivästyksiä myös muissa osakohteissa. (Törnroos 2014)

Kuljetuskatkot voivat estää kuljetuksien toteutumisen kokonaan, nostaa siirtokustannuksia, pakkottaa kuljetuksia yleisen liikenteen sekaan tai kasvattaa ajomatkaa. Kuljetuskatkojen tunnistaminen on olennaista massansiirtojen toteutuskelpoisuuden ja jatkuvan virtauksen näkökulmista. Potentiaaliset kuljetuskatkot määritetään ennen yksityiskohtaisen siirtosuunnitelman laadintaa. (Lindholm & Junnonen 2012)

3.4.3 Logistiikka

Maa- ja tierakentamisessa eräs erittäin lupaava kohde virtauksen kehittämiseksi on logistiikka. Tierakennushankkeen toimitusketju tehtaalta työmaalle on usein tehoton ja epäluotettava. Epävarmuutta aiheuttavat muun muassa liikenne, riittämätön suunnittelu, kokemattomat kuljettajat ja hiomaton prosessi. Seurauksena on virtauksen katkeilu ja kuljetusten pakkautuminen. Logistiikkajärjestelyjä ei suunnitella tarpeeksi tarkkaan. Usein logistiikan johtamisen tehtäviä ei ole määritetty. Toimitusten pullonkauloja ei tunnisteta ja eliminoida etukäteen, joten rakentamisen aikana tapahtuu tarpeettomia aikataulun muutoksia. (von Heyl 2015)

Logistiikan huonon hallinnan seurauksena työmaan vastuuhenkilöt toimivat epämääräisten aikataulujen sekä riittämättömien toimitusten kanssa ratkaisten jatkuvasti esiintyviä ongelmia. Kaikki tämä on hukkaa. Saksalaisen analyysin perusteella kuljetusrekat seisovat paikallaan keskimäärin puolet prosessin läpimenoajasta. (von Heyl 2015)

Toimitusten optimoinniksi voidaan käyttää tiehankkeissa oikea-aikaisia toimituksia. Esimerkiksi asfalttitoimitusten tapauksessa toimitukset keskittyvät asfaltointikoneen työtehoon (keskeinen arvon luoja), jonka perusteella määritetään tarvittavien kuljetusrekkojen lukumäärä. Lisäksi tulee tietää kuljetusrekkojen kapasiteetti, suunnitella kuljetuksille toistuva reitti sekä määrittellä yhden kuljetuksen ajallinen kesto. Tavoitteena on, että asfaltointikone ja kuljetusrekat odottelevat mahdollisimman pienen osan ajasta. Johdonmukainen tahtiajan ja virtauksen ylläpitäminen tulee olla keskeisessä roolissa. Lopullinen kuljetuksen läpimenoaika tarkistetaan kokeilemalla kuljetuksia käytännössä.

3.4.4 Teollisen rakentamisen hyödyntäminen infratuotannossa

Teollista moduulirakentamista voidaan hyödyntää infrarakentamisen virtauttamisessa erityisesti suurissa ja runsaasti toistoa sisältävissä hankkeissa, kuten tunneli- ja siltahankkeissa. Moduulirakentamisessa hanke ositellaan tietynsuuruiseksi moduuleiksi sekä työvaiheisiin ja niihin liittyviin tehtäviin. Moduulirakentamisessa suunnittelu alkaa tavoitteet määrittämällä, josta edetään taaksepäin suunnitellen kaikki tarvittavat työt tavoitteiden saavuttamiseksi käännetyn aikataulun mukaisesti. Yksittäisen moduulin työvaihe sisältää viikkotavoitteen mukaiset työtehtävät. Työn aikataulu on moduulijattelun mukainen ja ohjaa myös työtä visuaalisesti (Ratamäki 2015).

Moduulirakentaminen perustuu niin sanottuihin vakiomoduuleihin, jotka on suunniteltu samanlaisiksi tekniikkaa myöten. Vakiomoduuli tulee valita siten, että rakennettavat moduulit noudattelisivat mahdollisimman hyvin vakiomoduulia, eli poikkeavia lisättäviä tai poistettavia yksityiskohtia olisi mahdollisimman vähän. Moduulirakentaminen ei saa olla rakentamista ohjaava. Modulaarisuus ei saa aiheuttaa enemmän työtä tai rakentamista kuin muutoin olisi tarpeellista (Ratamäki 2015).

Tampereen Rantatunnelissa hyödynnettiin moduulirakentamista. Moduulirakentamisen havaittiin mahdollistavan useiden virtauttamisen menettelyjen noudattamisen. Keskeiset moduulirakentamisessa tunnistetut hyödyt rantatunnelihankkeessa olivat (Ratamäki 2015):

1. Viikkotason tahtiaikasuunnittelun mahdollistaminen
2. Kokonaisaikataulun merkittävä lyhentyminen
3. Sisällöltään samanlaisten moduulien rakentaminen luo edellytykset toteutuksen kehitymiselle rakentamisen aikana
4. Tehostaa aikatauluohjausta ja seurantaa sekä jatkuvaa parantamista
5. Moduulien rakenteet saadaan standardoitua (samanlaiset rakenteet saadaan myös hankittua halvemmalla)

Esivalmistusta voidaan hyödyntää myös sillanrakentamisessa. Siltojen rakentaminen in-situ sisältää runsaasti käsityötyyppisiä tekniikoita ja työvoiman käyttöä. Sillanrakentamiseen liittyviä elementtirakenteiden etuja ovat muun muassa (Betoniteollisuus ry 2017):

- Elementtirakenteiden suurempi betonin puristuslujuus tarvittaessa (C60 – C100)
- Lisäaineiden ja jälkihoidon hallinta tehdasolosuhteissa.
- Mittatarkkuus, tiiviys ja kestävyys.
- Tukipaalutusten, telineiden ja muottien aiheuttamat ympäristökuormitukset pienenevät.
- Rasitetuimmissa sillan osissa voidaan käyttää vaihdettavia elementtikeruoria.
- Sillan ulkonäköä voidaan parantaa elementtiratkaisuja räätälöimällä (esim. väribetoni tai pintarakenteet).
- Rakentamisaika lyhenee.
- Siltatyömaiden työturvallisuus paranee.
- Vähemmän liikenteen häiriöitä.

4. HAASTATTELUT

4.1 Haastattelujen suoritus

Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina. Teemahaastattelun kysymykset eivät ole muodoltaan ja järjestykseltään tarkkoja, mutta haastattelu ei ole kuitenkaan täysin vapaa. Teemahaastattelu noudattelee tiettyjä ennaltamääriteltyjä teemoja, joihin keskustelua ohjataan määriteltyjen kysymysten avulla. Teemahaastattelulla saadaan huomioitua haastateltavien subjektiiviset kokemukset sekä tulkinnat, mikä soveltuu hyvin virtauttamisen kaltaisen uuden asian tutkimiseen. (Hirsjärvi & Hurme 2000)

Teemahaastattelujen tavoitteena on selvittää haastatteludatan ja mahdollisten tuotantosuunnitelmien analysoinnin avulla eri rakennusalan sektorien yritysten virtauttamisen sovelluksia. Haastatteluihin laaditaan muutamia keskustelua ohjaavia kysymyksiä, joiden pohjalta haastattelut etenevät. Tarkoituksena on kuitenkin antaa haastateltaville mahdollisuus kertoa yrityksensä toiminnasta vapaasti ilman liikaa kysymysten asettamia rajoja.

Haastattelujen ja mahdollisten tuotantosuunnitelmien pohjalta pyritään luomaan malli virtauttamisen ja siihen liittyvien periaatteiden osoittamiseksi niille hanketyypeille, joille virtauttaminen soveltuu. Haastatteluista saatua informaatiota verrataan saatavilla olevaan teoriaan, jonka perusteella virtauttamisen nykytilan malli luodaan. Haastateltaviin kuuluu asiantuntijoita infra-alalta, korjausrakentamisesta, suunnittelusta sekä uudisrakentamisesta.

Tähän työhön liittyen haastateltiin yhteensä neljätoista haastateltavaa monista suurista tai keskisuurista suomalaisista rakennusalan yrityksistä. Haastateltavia valikoitui suunnittelusta, korjausrakentamisesta, talonrakentamisesta ja infrarakentamista. Pääosa haastateltavista valittiin yrityksistä, jotka ovat osallisia Rain-hankkeessa, johon myös tämä tutkimus liittyy. Myös muutamia Rain-hankkeen ulkopuolisia yrityksiä osallistui haastatteluihin. Haastateltavat henkilöt tarkentuivat pääasiassa ottamalla yhteyttä yritysten kehitystoiminnasta vastaaviin tai tutkimuksen kannalta tarkoituksenmukaisista projekteista vastaaviin henkilöihin sähköpostilla, joiden kautta yritykset määrittivät haastateltavaksi sopivat henkilöt. Liitteessä 1 on eritelty tarkemmin haastateltavien henkilöiden nimet ja näkökulmat, joita he edustivat.

Haastattelut suoritettiin kasvotusten yritysten tiloissa teemahaastattelun periaatteiden mukaisesti keskustelemalla ennalta määritetyistä teemoista (haastattelulomake liite 2). Vaihtoehtona olisi ollut myös puhelinhaastattelu, mutta kasvotusten haastattelemalla erityisesti dokumenttien tarkasteleminen oli merkittävästi helpompaa. Kolmessatoista haastattelussa haastateltiin kerrallaan yhtä henkilöä ja yhdessä haastattelussa paikalla oli kaksi henkilöä kerralla. Muistiinpanovälineinä toimi älypuhelimien ääninauhuri, sekä vihko jonka avulla haastattelun etenemistä oli helppompaa seurata ja esittää jatkokysymyksiä. Haastattelut kestivät noin puolesta tunnista kahteen

tuntiin. Haastattelun purkaminen suoritettiin äänityksen perusteella haastattelun jälkeisinä päivinä.

4.2 Haastattelun tulokset

Haastateltavat ovat esittäneet virtauttamiselle useita määritelmiä. Osa haastateltavista pitää virtauttamista uutena terminä vanhoille toimintatavoille: ”kokeneilla mestareilla on selkeä logiikka suunnittelussa, vaikkei virtauttamisesta ole puhuttu”. Tätä mieltä olevat haastateltavat kokevat kuitenkin virtauttamiseen panostamisen kehittävän nykyisiä toimintatapoja entistä tehokkaammiksi. Toiset näkevät virtauttamisen olevan tarkempaa toiminnan suunnittelua, jonka seurauksena toiminta myös usein nopeutuu ja tehostuu. Tällöin myös asiakkaalle saadaan tuotettua tehokkaammin arvoa, mikä on virtausajattelun ydinasiaa.

Tuotannon virtauttaminen perustuu erityisesti tuotannon tarkempi suunnittelu. Tarkempaan suunnitteluun liittyy usein Last Planner –aikataulusuunnittelun käyttäminen. Tarkemman suunnittelun seurauksena tuotannosta saadaan ennustettavampi ja vähemmän epävarmuutta sisältävä. Virtauttamisesta seuraa usein tuotannon läpimenoajan lyheneminen. Tuotannon ennustettavuuden nähdään parantavan tuotteiden laatua. Lisäksi virtauttamisen odotetaan vähentävän työmaalla nykyisin paljon tapahtuvaa kaottista ”tulipalojen sammuttelua”, minkä seurauksena myös työhyvinvoinnin odotetaan kohoavan. Toisaalta kiireisimmissä linjasaneeraushankkeissa on virtauttamiskokeiluista seurannut haastateltavien mukaan myös lisää stressiä työntekijöille, koska ylimääräistä aikaa ei ole ollut kuten on totuttu. Stressiä pyritään vähentämään vakioratkaisuja oppimalla, ennakoitavuutta lisäämällä esimerkiksi suunnitteluvaiheeseen aktiivisemmin osallistumalla ja konseptia kehittämällä stabilimpaan suuntaan.

Suunnittelun virtauttamisessa tavoitellaan suunnitteluprosessin tehostamista hankkeiden kokonaisuuden virtaukseen keskittyen. Suunnittelutehtävien sisältö ja aikataulutus suunnitellaan entistä tarkemmin ja tehtävien edellytykset ja riippuvuudet pyritään ottamaan huomioon. Suunnittelmaratkaisujen toteutettavuuden ja oikea-aikaisuuden parantamiseksi pyritään tekemään enemmän yhteistyötä urakoitsijoiden kanssa. Lähtötietojen riittävyys ja pätevyys pyritään varmistamaan tilaajan suunnalta. Suunnittelijoiden ja muiden projektin jäsenten yhteistyötä ohjataan käytännössä erityisesti säännöllisin Big Room –sessioin.

Suuri osa virtauttamishankkeista on pilottiasteella, mikä näkyy myös virtauttamisen teorian ja käytännön eroina. Kansainvälisen ja suomalaisen käytännön välillä yhteistä on erityisesti erilaiset työkalut, kuten Big Room tai Last Planner. Käytännössä virtauttamishankkeissa keskitytään toisinaan pelkästään työn tarkempaan suunnitteluun esimerkiksi Last Plannerin avulla ja tahtiaikaa ei implementoida. Suunnittelussa taas voidaan esimerkiksi järjestää säännöllistä Big Room –työskentelyä, vaikkei se suunnittelun virtauttamisen kannalta olisikaan samassa laajuudessa tarkoituksenmukaista. Virtauttamista ei tulekaan ajatella pelkästään työkaluina, vaan tapana toimia, jota työkalut opettavat. (Liker 2004)

Virtauttamista ei toteuteta kattavasti, koska jokaiselle yritykselle on rakentunut tietynlaiset toimintaperiaatteet, joita ne noudattavat. Suuret muutokset sisältävät suuria riskejä, joita ei olla valmiita ottamaan, koska nykyinen toimintakin on tuottavaa. Sen sijaan yritykset keskittyvät erityisesti ottamaan tai mukauttamaan virtauttamisen työkaluja oman toimintansa tarpeisiin. Seurausena on helposti terminologian häilyvä käyttö, koska pinnalla olevien työkalujen käyttäminen on trendikästä ja myyväää. Tämä vaikeuttaa myös käytännön tutkimista, koska yrityksiä käytännön toiminnasta jaetaan rajallisesti tietoa. Toinen haaste on uusiin menetelmiin luottaminen ongelmien ilmaantuessa. Esimerkiksi tahtiaikakokeiluja on ollut uudisrakentamishankkeissa, mutta käytännössä tahtiajasta on luovuttu kesken hankkeen ongelmien sattua ja tuotanto on palannut perinteiseen tulipalojen sammuttamiseen.

”Rakennusyrietykset eivät ole lähtökohtaisesti semmoisessa asemassa, että tarvitsisi lähteä hakemaan [kattavampaa] virtauttamista. Työt eivät ole loppumassa, vaikkei virtauteta. ’Don’t fix it if it ain’t broken’. Vaatii paljon rohkeutta, jos ei olla pakon edessä.”

4.2.1 Suunnittelun virtauttaminen

Suunnittelun virtauttaminen on haastattelujen perusteella alkutekijöissä. Virtauttamisen avulla tavoitellaan suunnittelun sisäisen tuottavuuden kehittämistä huomioimalla lisäksi koko hankkeen virtaaminen. Sisäistä tuottavuutta kehitetään tarkemmalla ”suunnittelun suunnittelulla”, jossa suunnittelutyötä aikataulutetaan ja edellytyksiä sekä riippuvuuksia otetaan entistä paremmin huomioon. Toisinaan suunnittelun virtaamisen osatoptimointi voi olla ristiriidassa hankkeen virtaamisen optimoinnin kanssa. Käytännössä tällöin suunnittelun virtaavuudessa joustetaan ensimmäisenä, koska ylimääräinen suunnittelutyö on suhteellisen halpaa esimerkiksi työmaan viivästymiseen verrattuna. Kokonaisuuden virtauksen maksimointi vaatiikin hankkeen eri osapuolten yhteistyötä.

Erään haastateltavan mukaan talotekniset suunnitelmat luodaan usein hankkeen urakkalaskentaa ja taloteknisten urakoiden kilpailutusta varten vailla kaikkia tarpeellisia lähtötietoja, kun arkkitehti- ja rakennesuunnittelu on vielä kesken. Tämä johtuu haastateltavan mukaan siitä, että talotekniset urakat hankitaan lähes aina kiinteähintaisina urakoina, joiden kilpailuttamiseen tarvitaan suunnitelmat. Suunnitelmat sisältävät arvauksia talotekniikan sijaintiin liittyen, minkä vuoksi suunnitelmat joudutaan todennäköisesti uusimaan hankkeen edetessä ja rakenteiden varmistuessa. Kahteen kertaan suunnittelu on suunnitteluprosessin näkökulmasta hukkaa, josta tulee päästä teorian mukaan eroon.

Kahteen kertaan suunnittelu hyväksytään kuitenkin osaksi hankkeita, mikäli se on kokonaisprojektin parhaaksi. Vaihtoehtona olisi haastateltavan mukaan talotekniikkaurakoiden tekeminen projektinjohtourakkana, mikä tulisi todennäköisesti hankkeelle kalliimmaksi kuin suunnitelmien muokkaaminen tarjouskilpailun jälkeen. Haastateltavat kokevat kuitenkin talotekniikkaurakoiden rajaamisen allianssihankeiden päätöksenteon ulkopuolelle ongelmalliseksi.

”Näkisin ehdottomasti hyödylliseksi, että talotekniikkaurakoitsijat olisivat allianssikump-paneina.”

Lisäksi talotekniikkasuunnittelun kilpailutusprosessi koetaan haasteelliseksi kahteen kertaan suunnittelun vuoksi. Tarjous tehdään epärealistiseksi ”kuten muutkin” ja kahteen kertaan suunnittelusta koituvat lisäkustannukset neuvotellaan usein tilaajan kanssa lisäkustannuksina tarjouksen ulkopuolella. Tilaajan tuleekin ymmärtää ja mielellään osata ottaa huomioon kahteen kertaan suunnittelusta aiheutuvat kustannukset jo tarjouspyynnössä. Haastateltavat toivovatkin lisätutkimusta järkevistä tavoista saada urakoitsija mukaan ilman perinteisiä raskaita taloteknisiä urakalaskelmia, jotta kahteen kertaan suunnittelua saataisiin vähennettyä.

Big Room osana suunnittelua

Big Room on haastateltavien mukaan keskeinen virtauttamisen työkalu ja tulee olemaan käytössä hankkeissa enenemässä määrin. Big Roomista on ollut apua lähtötietojen hankkimiseen, suunnitelmista keskustelemiseen sekä olennaisen tiedon jakamiseen eteenpäin. Oikein järjestetty Big Room lisää kasvokkain kommunikointia tietomallia ja luonnoskuvia apuna käyttäen, mikä vähentää sähköpostien käyttöä ja helpottaa asioiden ymmärtämistä. Menetelmää pidetään oikein järjestettynä hyvänä päätöksenteon ja tiedon välittämisen työkaluna.

Toisaalta Big Room koetaan myös haasteelliseksi. Big Roomiin valikoituu tyypillisesti kokeneempia projektipäälliköitä, joilla on useita hankkeita ja niihin liittyviä tehtäviä hoidettavana. Muiden työtehtävien tehokas tekeminen taas on vaikeaa Big Roomissa ollessa, eikä Big Roomiin eristäytymistä muiden töiden tekemiseksi koeta tarkoituksenmukaiseksi. Tällöin esimerkiksi kokemattomien suunnittelijoiden ohjaaminen on haasteellista. Lisäksi kokouksia on kokemuksen mukaan aluksi liian usein.

”Big Room on itseoppiva prosessi. Aluksi hankkeessa oli Big Roomia kolme kertaa viikossa. Määrä typistyi lopussa yhteen iltapäivään viikossa.”

Eräs haastateltava kokee säännöllisen Big Room -käytännön turhaksi, koska se sitoo kokeneempia osajia ja voi häiritä muuta tekemistä. Hänen mukaansa tarvittavat ihmiset voidaan kutsua yhteen Big Room –tyyppisesti ongelmien ilmetessä, mutta säännöllisyydelle ei ole tarvetta. Tällainen tarvittaessa kokoontuminen tunnetaan teoriassa myös nimellä solmutyöskentely (Kerosuo et al. 2013)

Fasilitaattorin osaaminen on kriittisen tärkeää Big Roomin onnistumisen kannalta. Fasilitaattori toimii kokousten valmistelijana, vetäjänä ja varmistaa tavoitteiden saavuttamisen sessioiden osalta. Osaavan fasilitaattorin avulla jokaisen osallistujan tulee tietää, miten heidän tulee valmistautua kokoukseen ja mitä tietoa he saavat kokouksesta. Alalla tarjotaankin nykyisin Big Room –koordinoitua erillisenä palveluna.

Suunnittelutehtävien hallitseminen osana virtauttamista

Erään haastateltavan mukaan yrityksen toiminnan haasteena on ollut suunnittelutyön leviäminen tarjousvaiheen jälkeen. Yksi virtauttamisen periaatehan on pilkkoa prosessit pieniin osiin, mikä hallitaan suunnittelun tehtäväluetteloita tehdessä tarjousvaiheessa. Suunnittelutyön alkaessa tehtäväluettelot kuitenkin helposti unohtuvat ja suunnittelu voi levitä. Tämä on ongelmallista, koska hajanaista suunnittelutyötä on vaikea seurata ja täten myös ohjata. Suunnitelmien valmiusaste voi olla 35 %, mutta ei tiedetä onko kolme suunnitelmaa kymmenestä valmiina, vai jokaisesta suunnitelmasta tehty kolmasosa. Lisäksi tällaisesta suunnittelemattomasta tekemisestä seuraa helposti ylitekeminen liian aikaisin, erityisesti hankkeissa joissa lähtötietoja joudutaan odottelemaan. Haastateltavan mukaan ylitekeminen onkin suuri hukan aiheuttaja suunnittelualalla.

”Tuntuma toimialalta on, että aikaa ei ole suunnitella suunnittelua, mutta jostain löytyy silti muka aikaa korjata jättimäinen määrä suunnittelemattoman työn virheistä jälkikäteen.”

Toisen haastateltavan mukaan suunnittelun virtauttamisen yhtenä ydinajatuksena onkin juuri suunnittelutyön aikatauluttaminen suunnittelijakohtaisesti työn leviämisen estämiseksi. Työvaiheille määritetään kestot ja kustannukset ja määritelmien pohjalta luodaan työntekijäkohtainen aikataulu. Lisäksi suunnittelijoille tulee jakaa tieto siitä, mitä on tarjottu, mitä tilaaja on halunnut ja toisaalta mitä on laskettu. Tällöin suunnittelija osaa paremmin ilmoittaa, jos ilmenee jotain yllättävää, mitä ei ollut mainittu dokumenteissa. Myös ylitekemisen määrä vähenee, kun suunnittelijalla on tieto esimerkiksi tulevalla viikolla päivitettävistä asioista, joiden pohjalta tiettyä suunnitelmaa voidaan jatkaa.

”Meilläkin levisi suunnittelu aina aikaisemmin, johtui siitä, ettei suunnittelija tiennyt mitä on tarjottu tai ajateltu. Yrityksen tulos on parantunut sillä, että on alettu tekemään suunnitelmallisemmin.”

Eräs haastateltava suosittelee prosessikaavioiden käyttöä osana suunnittelun ja rakennushankkeiden virtauttamista. Prosessikaaviossa tulee olla selkeästi esitettyinä tehtävien edellytykset ja edellytyksiin tulee tarvittaessa liittyä katselmukset, joiden perusteella päätetään yhteisesti edetä tehtävästä toiseen. Samalla hyväksytään, että tehtäviin palaaminen uudelleen tulee viemään aikaa ja rahaa. Prosessikaavio paljastaa oikein tehtynä tehtävien riippuvuudet. Tällöin myös jokaisen tehtävän edellytykset voidaan todeta ja pyrkiä varmistamaan, mikä on kriittistä virtautuksen onnistumiseksi. Edellytyksien laiminlyönti onkin haastateltavan mukaan yleinen ongelma rakennusalalla.

”Virtauttaminen tarkoittaa asioiden rullaamista jouhevasti kronologisessa järjestyksessä. Usein käytännössä riippuvuuksista ei välitetä tai niitä ei ymmärretä. Ala sortuu lähes aina tähän.”

Harjoittelemalla tekemään ja kehittämällä tietynlaisten hankkeiden suunnittelukonsepteja yritys voi hankkia itselleen merkittävän kilpailuedun. Erään suunnittelutoimiston suunnitelmallinen

konseptien kehittäminen on nostanut kyseisen toimiston kykyä tehdä kilpailukykyisiä tarjouksia ja jäädä hankkeista voitolle. Konseptien kehittäminen on perustunut suunnittelun palasteluun tehtäviin ja palastelun järjestelmälliseen noudattamiseen samantyyppisissä hankkeissa. Haastateltava ei maininnut prosessikaavioiden tekemistä konseptointiin liittyen, mutta prosessikaaviot voivat auttaa haastateltavan mainitsemaan suunnittelun palasteluun pienempiin osiin.

”Oli asiakkaita, joille tehtiin samankaltaisella konseptilla suunnitelmia. Aluksi hankkeista ei jäänyt mitään käteen. Nyt ne ovat hyvin tuottavia hankkeita. Heti kun toiminta alkaa, tiedetään mitä tehdä ja aletaan toimeen. Tyhjä tekeminen on jäänyt välistä pois.”

Yksi prosessikaavion suuri haaste on kokonaisuuden ymmärtäminen realistisen prosessikaavion tuottamiseksi. Prosessikaavion sisältö vaihtelee hankekohtaisesti. Realististen ja toimivien prosessikaavioiden luominen vaatii hankkeen kokonaisuuden hallitsemisen, mikä on usean haastateltavan mukaan harvinainen taito rakennusallalla. Suunnitelmien tulee valmistua oikea-aikaisesti esimerkiksi hankinnan tai tuotannon tueksi, mikä tulee näkyä riippuvuussuhteena prosessikaaviossa. Käytännössä suunnittelulle kuitenkin varataan haastateltavien mukaan usein liian vähän aikaa, mikä vaikeuttaa riittävien suunnitelmien luomisen oikea-aikaisesti. Työmaat tekevät toisinaan suunnitelmatarveaikataulun imuohjaamaan suunnittelua. Erään suunnittelualan haastateltavan mukaan suunnitelmatarveaikatauluissa ei kuitenkaan tyypillisesti oteta huomioon esimerkiksi hankintojen aikaa, tilaajan päätösaikaa (helposti 1 – 2 viikkoa) tai virastojen hyväksymisaikoja (2 viikkoa kommentointiaikaa, työmaalle ei mennä ilman hyväksyntää). Kokonaisuuden ymmärtäminen on siis puutteellista.

Haastateltavan mukaan toinen prosessikaavioiden ongelma liittyy niiden noudattamatta jättämiseen. Prosessikaavioita voidaan noudattaa näennäisesti, mutta jo päätettyjä asioita revitään kuitenkin auki myöhemmissä vaiheissa, ”koska aiempi vaihe oli vain katselua ja nyt meillä on tarkempaa tietoa”. Sinänsä suunnitelmien iterointi on rakennusalan nykytilassa ymmärrettävää, tilaajan päätöksenteko voi viivästyä, virheitä voi esiintyä, tai projektiosapuolten välinen yhteistyö voi olla puutteellista. Haastateltavan mukaan tärkeintä on kuitenkin ymmärtää mitä prosesseihin palaaminen tarkoittaa aikataulun ja kustannusten näkökulmasta, ”pitäisi ymmärtää, että prosessista poikkeamalla aiheutat itsellesi ylimääräistä työtä”. Tähän voisi haastateltavan mukaan tulevaisuudessa käyttää todennäköisyyksiin perustuvia simulointeja, joiden avulla voitaisiin arvioida hankkeen yhden tehtävän myöhästymisen vaikutusta muiden tehtävien tai koko hankkeen myöhästymiseen. Nykyään haasteena on, että hankkeen alun myöhästymistä ei pidetä vielä vakavana signaalina ongelmista ja myöhästymisiin ei reagoida ajoissa. Simuloinnin perusteella voitaisiin esittää kerrannaisvaikutusten merkitys kustannuksiin ja aikatauluihin, mikä toimisi ohjaavana työkaluna.

Eräs suunnittelualan haastateltava koki tiedonsiirron ja vastuuasioden olevan haaste projektin virtauttamisessa. Haastateltava kertoi hieman kärjistetyn esimerkin tiedonsiirron haasteista. Tarvittava tieto on usein mitattavissa jaetuissa dokumenteissa tai malleissa, mutta kuvista mittaaminen tarkoittaisi vastuun siirtymistä suunnitelman tekijältä mittaavalle. Tämän vuoksi esimerkiksi työmaa pyytää mieluummin sähköpostilla dokumentin puuttuvasta mitasta, kuin mittaa mitan itse

mallista. Suunnittelija taas palaa asiaan myöhemmin sähköpostit luettuaan ja ilmoittaa mitan. Lisäksi hieman keskeneräisiä malleja ei uskalleta jakaa puolin ja toisin, jottei vahingossakaan jaettaisi väärää tietoa. Aikaa koko prosessiin kuluu luonnollisesti huomattavasti enemmän, kuin jos mallia olisi uskallettu tulkita.

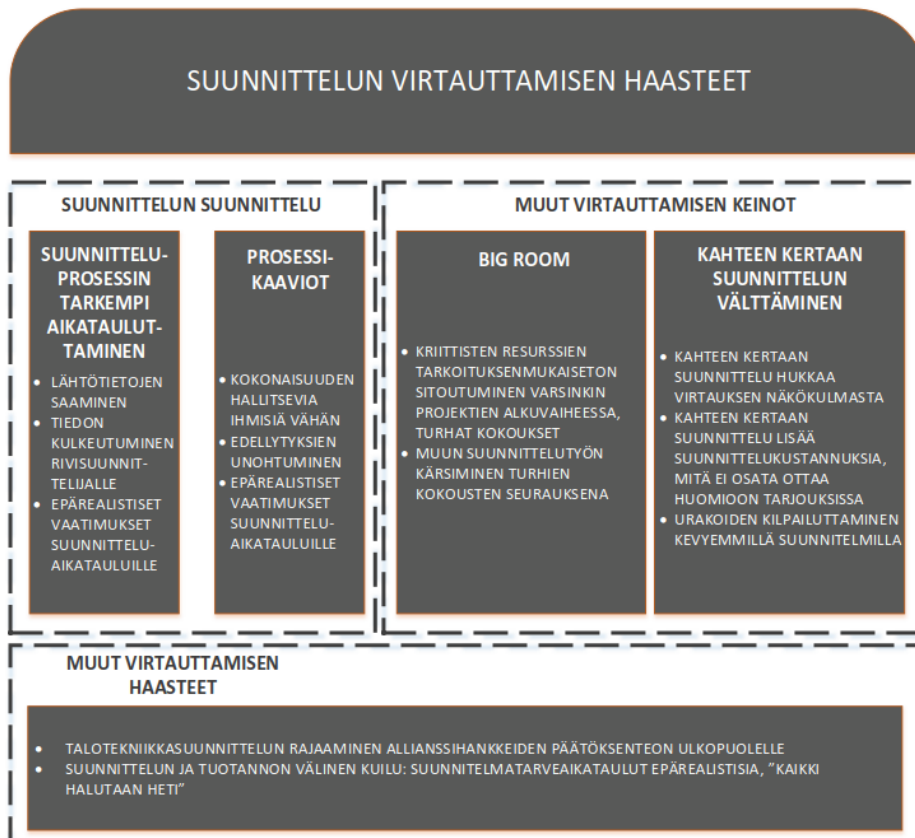
”Jos kuvassa ei ole mittaa, työmaa ei lähde ’arvaamaan’. Vastaavasti myös suunnittelussa. Halutaan paperidokumentti, jossa kerrotaan mitta. Ei lähdetä arvaamaan ja oteta vastuuta. Mallit on olemassa, mutta niistä ei saa ottaa ja jos otetaan, niin juridisesti omalla vastuulla. Miksi toimitaan toisinaan näin?”

Juridisesti vastuuasiat liittyvät usein käytettyjen KSE 2013 ja YSE 1998:n sopimusehtoihin. Suunnittelijat ovat vastuussa omista suunnitelmistaan, mutta suunnitelmien tarkastaminen jää usein pääurakoitsijan tehtäväksi, vaikka tilaajalla on velvollisuus tarkistaa suunnitelmat ennen niiden jakamista urakoitsijalle. Urakoitsijalla on velvollisuus reklamoida suunnitelmapuutteista tilaajalle. Jos urakoitsija ei ilmoita ajoissa sellaisista puutteista tilaajalle, jotka urakoitsijan olisi ammattitaidon nojalla tullut huomata, vastaa urakoitsija omaa tuottamustaan vastaavalta osin näistä virheellisyyksistä (Kankaanpää 2016). Virheiden vastuuasioden käsittelytapaa voi sinänsä pitää oikeudenmukaisena, mutta vastuunottamisen pelko voi jäykistää rakentamisprosessin etenemistä, mikä hidastaa virtausta (kuten edellä esitetyn mittojen varmistamisen esimerkissä). Haastateltava kokee vastuuasioden olevan haasteellisia erityisesti talonrakentamisessa useiden osapuolien vuoksi. Taulukossa 4.1 on esitetty haastattelujen perusteella suunnittelun virtauttamisen keskeiset ominaisuudet ja taulukossa 4.2 niihin liittyvät haasteet.

Taulukko 4.1. Suunnittelun virtauttamisen nykytila haastattelututkimuksen perusteella. Proses-sikaaviot ja kahteen kertaan suunnittelun välttäminen kuvaavat eräiden haastateltavien toiveita suunnittelun virtauttamiseksi jatkossa. Suunnittelun virtauttamisen nykytilan koettiin olevan lap-sen kengissä, minkä vuoksi käytännön esimerkkejä suunnittelun virtauttamisesta oli haastavaa löytää.



Taulukko 4.2. Suunnittelun virtauttamisen haasteet haastattelujen perusteella.



4.2.2 Tuotannon virtauttaminen

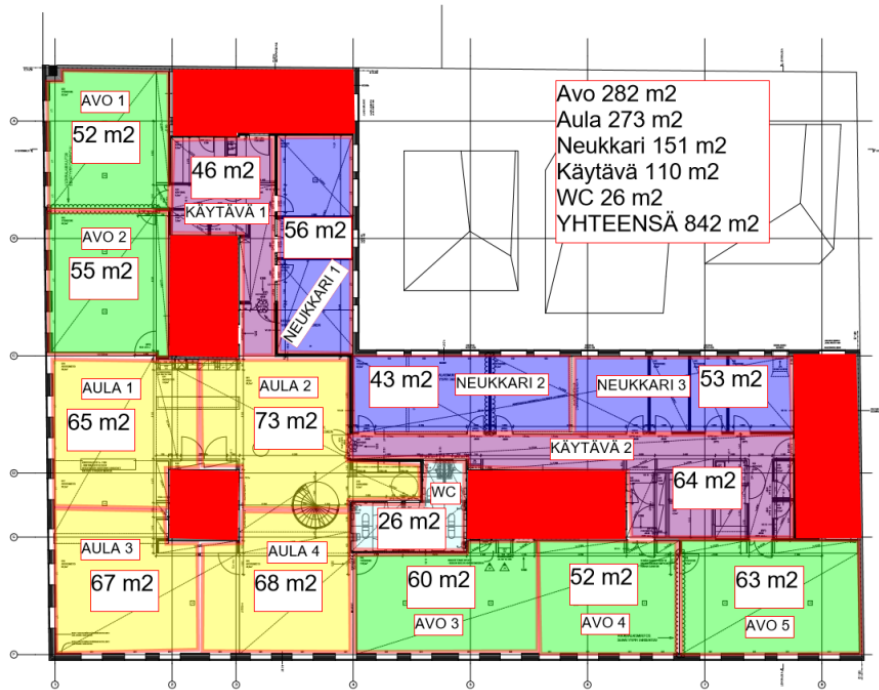
Haastateltavat ovat yhtä mieltä siitä, että tuotannon virtauttamiseen kuuluu tarkempi työn suunnittelu. Hukan poistamiseksi ja tehokkaan virtauksen ylläpitämiseksi tulee laatia toteutuskelpoiset suunnitelmat. Toteutuskelpoisuuden kriittisyys korostuu tarkkaan suunnitellussa tuotannossa, erityisesti jos suunnitelmiin ei ole sisällytetty puskuriaikaa viivästysten tai muutosten varalle: ”perinteisessä mallissa on kuitenkin aikaa setviä ongelmia ja se on hyväksytty osaksi hankkeita”. Puskuriaikoja optimaalisempi tapa on luoda varasuunnitelmia (esim. tiedostaa varamestat kuskakin vaiheessa) virtauksen ylläpitämiseksi viivästysten sattuessa.

Tuotannon virtauttaminen on haastattelujen perusteella pisimmällä haastatelluilla korjausrakentamiseen keskittyvillä yrityksillä. Tulosta voisi sinänsä pitää yllättävä, koska korjausrakentamisen ajatellaan tyypillisesti sisältävän uudisrakentamista enemmän epävarmuutta. Toisaalta epävarmuuden merkitystä on vähennetty joko lisäämällä resurssien määrää tai keskittymällä virtauttamaan tuotannonosia, joissa epävarmuuden merkitys on vähäisempi ja toistuvuutta on runsaasti. Esimerkiksi alun purkutyö voidaan hankkia alihankintana, jolloin se saadaan hoidettua erikoistuneen aliurakoitsijan tekemänä eikä se noudattele tahtiaikaa. Purun yhteydessä saatavat lisätiedot voidaan implementoida tuotantosuunnitelmiin helpommin, kun purku on irroitettu tahtiajasta. Lisätietojen avulla virtautettu tuotannonosa saadaan sujumaan jouhevammin, kun purkuvaiheen aikaiset yllätykset eivät pääsee keskeyttämään virtausta alkuunsa.

Uudisrakentamisessakin virtauttamiskokeiluita on tehty vaihtelevalla menestyksellä. Varsinaisista tahtiaikakokeiluista ei ole haastateltavien mukaan saatavilla tarkempaa tietoa, mutta tahtiaikatuotanto koetaan yleisesti haastavaksi saada toimimaan käytännössä. Haasteellista on osapuolten runsas lukumäärä, alihankinnan haasteet ja toistuvuutta sisältävien virtautettavien tuotannonosien löytäminen.

”On helppoa mennä sen taakse, että toimitaan tosi muuttuvassa ympäristössä. Kuvaa ehkä sitä, että asiat eivät tapahdu vielä kovin hallitussa ympäristössä, vaan on totuttu kaaoksen hallintaan. Toiminta on liikaa palojen sammuttamista.”

Tahtiaika-ajattelua oli kokeiltu eräällä haastatelluista työmaista siten, että sisätyöaikataulu oli tahdistettu viikon tahdeiksi (kerros per viikko) tietynlaisessa rakennusjärjestyksessä. Tämä ei kuitenkaan ollut toiminut käytännössä, vaan tahtien ja tuotannon hallitsemisen vaikeus oli ajanut ohjaamisen takaisin ”perinteisiin tapoihin”. Eräs haastateltava mainitsi oikeankokoisten ja toisto sisältävien lohkojen määrittämisen olevan äärimmäisen tärkeää tahtiaikatuotannon onnistumiseksi. Tahtiaikaa noudattavilla lohkoilla tulee olla käynnissä yksi työvaihe kerralla, joten liian suuri lohkojako aiheuttaa aikataulujen venymisen tarpeettoman pitkiksi. Liian tiheä lohkojako taas voi muun muassa lisätä resurssien määrän tarvetta ja vaikeuttaa seurantaa tai olla tarkoituksenmukaiselta esimerkiksi kokonaisuajataulun tai kustannushyödyn kannalta. Lisäksi kohteisiin sisältyy tyypillisesti lohkoja, joiden tahdistaminen tahtiaikaan ei ole tarkoituksenmukaista. Kuvassa 4.1 on esitetty käytännön esimerkki korjauskohteen lohkojaosta. Punaisella merkityt alueita ei tahdisteta tahtiaikaan.



Kuva 4.1 Tahtiaikatuotantoon liittyvän lohkojaon esimerkki käytännön kohteessa (LCI.fi 2017).

Onnistumisia uudisrakentamisen puolella on saatu yleisesti erityisesti yhteistä ja tarkempaa tuotannosuunnittelua avustavan Last Plannerin avulla. Työmailla myös todetaan olevan jonkin asteista virtauttamista siellä täällä, esimerkiksi muottikiertoa paikasta toiseen. Tämänkaltainen virtauttaminen on kuitenkin liikaa yksilöiden varassa ja tällaisten prosessinpätkien osaoptimointia ei ole usein mietitty tarpeeksi kokonaisuuden kannalta. Toisaalta korjausrakentamisessakin tahtiaikaa on sovellettu ainoastaan tiettyihin osaprosesseihin, joissa on riittävästi toistoa ja joita voidaan hallita tyydyttävästi.

Last Planner

Last Planner –aikataulusuunnittelu on kehitetty vuosituuhannen vaihteessa ja onkin ehtinyt yleistyä käytössä myös Suomessa. Last Planneria käytetään infratuotannossa ja talonrakentamisessa useissa hankkeissa tarkemman suunnittelun työkaluna. Last Planner nähdään yleisesti osana virtauttamista. Last Plannerin avulla työntekijät on saatu puhumaan ja miettimään tehtävien sisältöä. Päivittäiset muutokset ja konfliktit ovat vähentyneet ja reaktio virtauttamiseen on ollut positiivisempi. Last Plannerin käytön seurauksena myös läpimenoaikoja on saatu lyhennettyä, kun työvaiheiden suunnittelu on tehty yhdessä aliurakoitsijoiden kanssa. Last Plannerista on kerrottu tarkemmin luvussa 3.1.1.

Tahtiaika

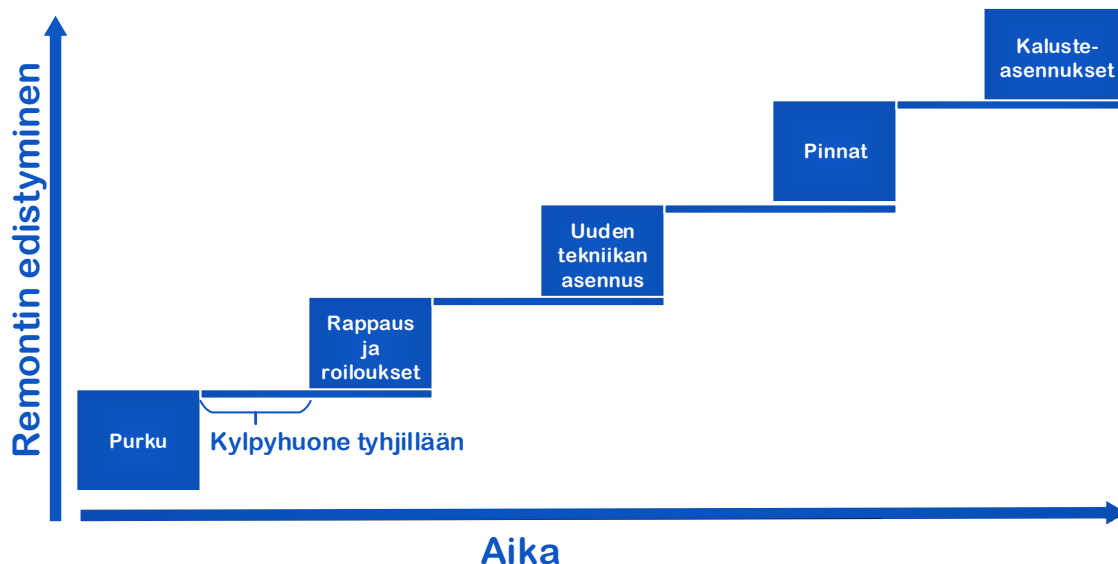
Tahtiaikaa on kokeiltu pilotteina infrahankkeissa, talonrakentamisessa ja erilaisissakorjaushankkeissa. Yksinkertaisten korjaushankkeiden tahtiaikakokeilut vaikuttavat lupaavimmilta, kun taas

infrarakentamisessa ja talonrakentamisessa kokeiluista ei joko haluta jakaa tietoa, tai käytännön toteuttaminen on ollut haasteellista. Haasteita ovat virtautettavien osien löytäminen ja tahtiaika-tuotannossa pysyminen ongelmien ilmetessä. Runsaasti osapuolia sisältävät hankkeet koetaan haasteellisiksi hallita virtauttamisen edellyttämällä tarkkuudella, erityisesti mikäli käytetään ali-urakointia, jolloin urakkarajat määritellään jo hankintoja tehdessä. Tästä seuraa, että tahtiaika-tuotannosta luovutaan herkemmin ongelmien ilmetessä kesken hankkeen.

Tahtiaikatuotanto soveltuu parhaiten hankkeisiin, joissa on vähän epävarmuutta ja runsaasti toisto- toa. Korjausrakentamisen tapauksessa tällaisia hankkeita ovat muun muassa facelift-tyyliset pin- takorjaukset ja julkisivuremontit. Linjasaneerauksissa toistuvuutta löytyy esimerkiksi kylpy- huone-, makuuhuone- ja keittiökohtaisesti. Tällaisiin toistuviin osiin voidaan soveltaa tahtiaikaa noudattelevia tuotantojuna, joissa jokainen työryhmä, tai ”vaunu”, tekee toistuvasti samoja teh- täviä. Kuivumisajat otetaan tarvittaessa huomioon tyhjinä vaunuina ja pitkäkestoiset työt, kuten laatoitus voidaan jakaa useampaan vaunuun.

Tuotannon virtauttaminen case putkiremontit

Kuvassa 4.2 on esitelty yksittäisen kylpyhuoneen korjauksen edistyminen perinteisessä linjasaneerausmallissa. Fira Palvelujen tutkimuksen mukaan kylpyhuoneet voivat olla tyhjiillään jopa 82 prosenttia korjausajasta (Vuorio 2016). Kyseinen tulos mitattiin hankkeessa, jossa linjasaneerauksen vaiheet aikataulutettiin linjakohtaisesti. Perinteisissä toteutusmuodoissa suunnittelu ja tuotanto on eriytetty eri osapuolille, jolloin suunnitelmien toteutuskelpoisuuden takaamiseksi ei tyypillisesti hyödynnetä urakoitsijan osaamista. Sisällyttämällä urakoitsija suunnitteluvaihee- seen saadaan suunnitelmista ”kilpailutuksen välineen sijaan aidosti toteutettava suunnitelma”.

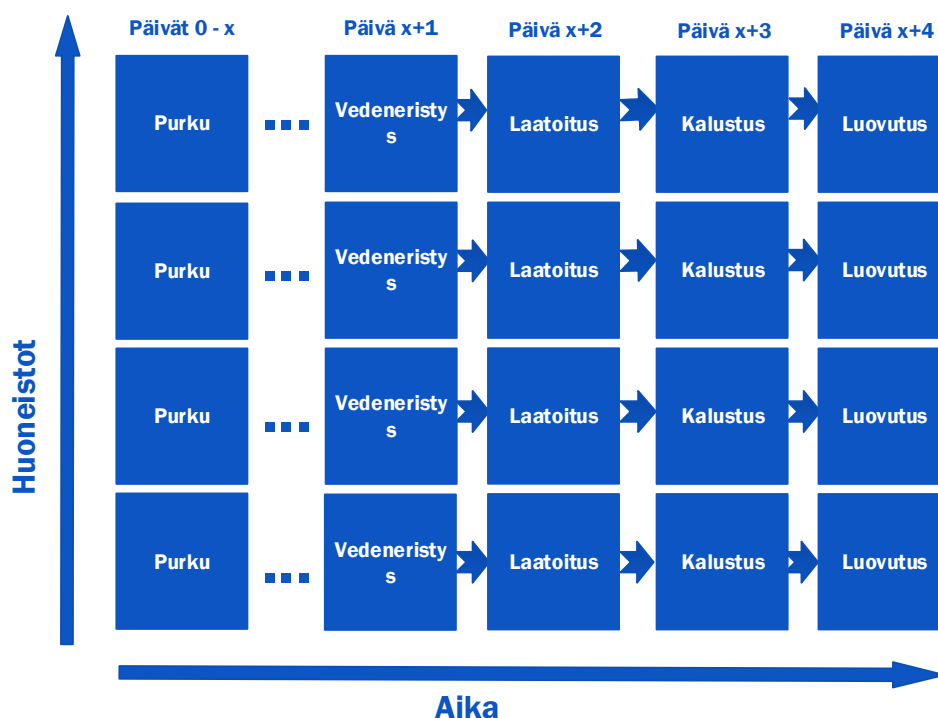


Kuva 4.2 Virtauttamisen lähtötilanne linjasaneerauksissa (mukailtu LCI.fi 2016)

Alalla on havaittavissa ainakin kaksi toisistaan selkeästi eroavaa lähestymistapaa perinteisin menetelmin tehtävien linjasaneerausten virtauttamiseksi. Tavoitetilana voidaan molemmissa tapauksissa pitää taloudellisesti kannattavaa ja tehokkaasti virtaavaa (suuren virtaustehokkuuden omaavaa) tuotantoa, jonka seurauksena tuotannon läpimenoaikaa on saatu lyhennettyä. Tavoitetilaa kuitenkin lähestytään resurssien käytön näkökulmasta vastakkaisista suunnista.

Lähestymistavassa 1 tuotannon virtautus perustuu haastateltavan mukaan Goldrattin (1999) kapeikkoajatteluun. Kapeikkoajattelun mukaan muun muassa multitaskingista tulee päästä eroon. Projektisalkkutasolla tämä tarkoittaa yhtäaikaisten hankkeiden lukumäärän vähentämistä. Tällöin käytettävissä olevat resurssit saadaan keskitettyä muutamiin hankkeisiin. Lähestymistavan ajatuksena onkin hankekohtaisen tuotannon resurssien (työntekijöiden määrän) kasvattaminen ja hankkeiden kestojen merkittävä lyhentäminen. (Goldratt 1999)

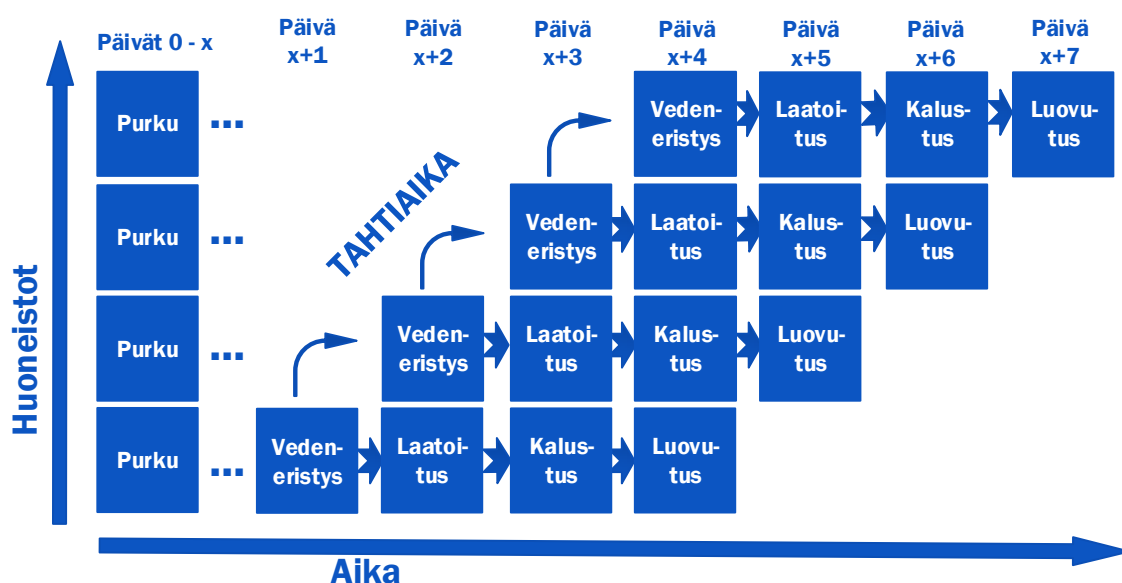
Lähestymistavassa 1 työt etenevät suurelta osin samassa vaiheessa joka asunnossa, mutta pidempikestoisia työvaiheita myös porrastetaan jonkin verran. Etuna on merkittävä läpimenoajan lyhentäminen, jonka seurauksena myös työmaatekniset kustannukset pienenevät. Tilaajan näkökulmasta vuokratuottojen menetys on pienempi. Urakoitsija voi hyötyä säästetyistä vuokratuotoista, mikäli niin on sovittu kannustimena. Toisaalta työntekijöiden määrä on suurempi, mikä kasvattaa kustannuksia. Kuvassa 4.3 on havainnollistettu lähestymistavan 1 mukaista nopeaa putkiremonttia.



Kuva 4.3. Lähestymistavan 1 yksinkertaistettu tuotantomalli. Lähestymistavan työt etenevät suurelta osin samassa vaiheessa samanaikaisesti huoneistosta toiseen. Huoneistot myös valmistuvat samanaikaisesti.

Lähestymistavassa 1 jokaisessa virtausyksikössä (esimerkiksi kylpyhuoneessa) tapahtuu arvoa lisäävää toimintaa lähes samanaikaisesti työvaiheesta toiseen. Virtaustehokkuus on sitä suurempi, mitä tiheämpään arvon siirto tapahtuu ja mitä vähemmän hukkaa esiintyy. Tämän vuoksi Lähestymistavan 1 virtaustehokkuus on lähestymistapaa 2 suurempi. Lyhyttä läpimenoaikaa voidaan myös itsessään pitää arvon indikaattorina: mitä lyhyempi läpimenoaika, sen parempi (Modig & Åhlström 2012). Lisäksi runsaalla resurssien määrällä voidaan vastata paremmin epävarmuuteen, joten virtaustehokkuuden pitäminen korkeana on helpompaa.

Lähestymistavassa 2 virtaustehokkuutta pyritään parantamaan erityisesti tarkemman työsuunnittelun kautta pitämällä resurssit ennallaan, tai kasvattamalla niitä maltillisesti. Resursseja kasvatetaan, mikäli tarkempi työsuunnittelu osoittaa sen tarpeelliseksi. Tuotannossa hyödynnetään toistuvien kokonaisuuksien osalta tahti-aikaa noudattavia tuotantojunia. Lähestymistavassa 2 työmaan ylläpitämisen kustannukset ovat lähestymistapaa 1 suuremmat pidemmän keston vuoksi. Tilaaja menettää pidemmän keston vuoksi enemmän vuokratuloja. Toisaalta työntekijöitä tarvitaan lähestymistapaa 1 vähemmän, mikä pienentää kustannuksia. Lähestymistavan 2 nykytila on suurempaan virtaustehokkuuteen pyrkiminen resurssitehokkuus huomioiden. Kuvassa 4.4 on havainnollistettu lähestymistavan 2 mukaista tahti-aikaa noudattelevaa putkiremonttia.



Kuva 4.4. Lähestymistavan 2 yksinkertaistettu tuotantomalli. Alun vaiheet kuten purku eivät noudattele tahti-aikaa. Tahti-aikaa noudattavan osuuden (kuvassa vesieristys > laatoitus > kalustus > luovutus) työt suoritetaan huoneistokohtaisesti tuotantojunamallilla. Työntekijät tai -ryhmät siirtyvät huoneistosta toiseen tahtiajan määrittämin väliajoin ja toistavat työsuorituksen seuraavassa huoneistossa. Huoneistot valmistuvat tahtiajan kestoisin väliajoin.

Linjasaneerauksien virtaustaminen erityisesti kahden viikon putkiremonttien muodossa on saanut huomiota Suomessa, mikä on lisännyt alan yritysten asemaa päästä hankkeiden suunnitteluvaiheeseen mukaan. Tämä on haastateltavan mukaan parantanut suunnitelmien toteutettavuutta,

mikä on edellytys virtauttamisen onnistumiselle. Muiden tekemät suunnitelmat ovatkin yksi syy, miksi kahden viikon putkiremontteja ei tehdä useammassa hankkeessa.

Aliurakointi on haasteellista virtauttamisen kannalta. Erään haastateltavan mukaan aliurakoinnista saadaan erikoistumishyötyä, mutta menetetään käytännössä kontrolli. Aliurakoitsijoille tulee siis osata esittää tarjouspyynnössä, miten hanketta on tarkoitus virtauttaa ja mitä virtauttaminen tarkoittaa. Mitä luotettavammin aliurakoitsijoille kerrotaan mitä tehdä, sitä edullisemmat tarjoukset saadaan. Tämä vaatisi haastateltavan mielestä alusta alkavaa yhteistyötä aliurakoitsijoiden kanssa, jotta sopimuksista saataisiin laadittua tuotantotapaa paremmin palvelevia. Aliurakoinnin urakkarajoja pidetäänkin haasteellisen jäykkänä virtauttamisen onnistumisen kannalta.

”Jos yritetään tehdä sopimusta, missä on isot sanktiot myöhästymisestä, niin aliurakoitsijat menevät muualle töihin, koska töitä riittää.”

Aliurakointi koetaan haasteelliseksi erityisesti korjaushankkeissa, joissa epävarmuutta esiintyy tyypillisesti uudisrakentamista enemmän. Toisaalta epätasainen tilauskanta voi pakottaa yrityksiä käyttämään enemmän aliurakointia, koska runsas omien miehen pitäminen tulee erityisesti hiljaisempina aikoina haastavaksi.

Aliurakoinnin haasteista on pyritty pääsemään eroon muun muassa partneroitumalla tiettyjen aliurakoitsijoiden kanssa, jolloin he oppivat toimimaan käytettävän tuotantomallin mukaisesti. Erilaisia kannustinmalleja voidaan käyttää, toisaalta aliurakoitsijalle riittää usein tieto siitä, mitä virtauttamisessa tavoitellaan. Lisäksi hyvin suoriutuvia aliurakoitsija otetaan mielellään töihin tuleviinkin hankkeisiin. Osa haastateltavista toivoo uuden kaupallisen mallin luomista alihankintaan nykyisten ongelmien ratkaisemiseksi.

4.2.3 Virtauttamisen nykytila infrarakentamisessa

Infrarakentamisen haastattelutulokset vastaavat suurelta osin talonrakentamisen tuloksia. Ihmisten kehittäminen koetaan tärkeimmäksi asiaksi virtauttamisen näkökulmasta. Ilman asennemuutosta virtauttaminen on vain yksi työkalu muiden joukossa ja siitä ei saada suurinta hyötyä irti. Lisäksi tuotannon tarkempi suunnittelu nähdään olevan virtauttamista ja Last Planner –aikataulusuunnittelu on kokemusten mukaan erityisen toimiva tapa virtauttaa infratuotantoa. Tahti aikaa on kokeiltu joissakin hankkeissa, mutta tarkempaa tietoa ei haluta jakaa aiheesta. Lisäksi yksittäisvirtausta on kokeiltu implementoida, mutta vastaanotto on ollut negatiivista. Isojen toiminnanmuutosten koetaan vaikeaksi, koska työmailla on totuttu liikaa nykyään vallitsevaan palojen sammuttamiseen. Prosessia täytyy eheyttää tarkemman suunnittelun ja kokeilujen avulla, suoraan yksittäisvirtaukseen hyppääminen ei onnistu.

Infrahankkeiden sisältävät epävarmuutta, jota on vaikea hallita. Tiheilläkin kairauksilla ei saada täydellistä kuvaa maaperän koostumuksesta, kallioperän tai roudan syvyydestä tai pohjavedenpinnasta ja sen tason muuttumisesta, jolloin viivästysten vaara on aina olemassa. Tämän vuoksi eräs haastateltavista kokee virtaustehokkaan tuotannon vaativan avuksi lisäresursseja ai-

nakin alussa. Lisäsatsauksen vuoksi virtauttamisen hyödyllisyys voi olla vaikeampi osoittaa taloudellisesta näkökulmasta. Haastateltava kokeekin resurssien lisäämisen olevan väärä lähtökohta virtauttamisessa.

”Yksi suurimpia syntejä rakennusalalla on, että ymmärretään virtaus sellaisena, että sitä lähdetään heti parantamaan resursseilla. Lisätään työtunteja päivään, lisätään työntekijöitä, otetaan viikonloput käyttöön. Loppujen lopuksi ei ratkaista ongelmia, saavutetaan lisää kustannuksia ja ehkä monimutkaistetaan prosessia. Lähtökohta pitäisi olla niukkuus, tehdään niin hyvää kuin olemassa olevilla resursseilla saadaan, jolloin joudutaan miettimään mikä nykyisessä toiminnassa mättää.”

Infrapuolen haastateltavat ovat samaa mieltä muiden haastateltavien kanssa aliurakoinnin haasteista. Aliurakoitsijat vaihtuvat lähes projekti projektilta, mikä lisää kouluttamisen tarvetta ja vähentää partneroitumista. Infrarakentamisen yrityksillä ei ole tasaista projektivirtaa, mikä vaikeuttaa samojen aliurakoitsijoiden käyttämistä hankkeesta toiseen. Aliurakoitsijoita on otettu mukaan virtauttamisharjoituksiin, mutta aito aliurakoinnin virtauttaminen on yksi heikoimmista lenkeistä. Aliurakoitsijat saadaan virtauttamaan lähinnä sopimusten kautta ”vietynä”. Toisaalta esimerkiksi Last Plannerin avulla työntekijöiden reaktiot virtauttamiseen on saatu paremmaksi, koska Last Plannerissa työntekijät laitetaan itse miettimään toteuttamista.

Eräs haastateltava kokee digitalisaation tuovan lisämahdollisuuksia virtauttamiseen. Digitalisaatio kehittää seurantatiedon hankintaa, minkä avulla työtä voidaan suunnitella tarkoituksenmukaisemmaksi ja paremmin kokonaisprosessia palvelevaksi. Haastateltava kokee, että rakentaminen ei ole tällä hetkellä tarpeeksi päiväjohtamista tuntitasolla, vaan tähän pitäisi pyrkiä. Lisäksi hankkeista ja ratkaisuista pitäisi ottaa paremmin oppia ja toimintaa dokumentoida entistä kattavammin. Moni haastateltava kokeekin luotettavan seurantatiedon saamisen haasteelliseksi. Esimerkiksi digitaalista seurantatietoa analysoimalla voitaisiin kehittää ratkaisuja. Jatkuva henkilöstön vaihtuminen vaikeuttaa kuitenkin opin jalkauttamista.

Haastattelujen yhteydessä ei esitetty tarkempia virtauttamisen sovelluksia infrahankkeissa, mutta mainitessani muutamia teoriasta löytyviä esimerkkejä haastateltavat mainitsivat joitakin samankaltaisia kokeiluja olleen. Tällaisessa mallissa putkilinjaa rakennetaan siis tuotantojunaperiaatteen mukaisesti kohta kerrallaan sen sijaan että toiminta olisi hajautunut kilometrien laajuudelle koko linjan matkalle.

Logistiikka on erityisen tärkeä osa infrarakentamisen virtaa, koska massojen käsittelyssä ja materiaalityönteissä liikkuu valtavia määriä materiaalia. Massatalouden avulla tavoitellaan mahdollisimman pientä leikattavaa massaa, lyhyitä siirtomatkoja ja leikattavan massan hyötykäyttöä. Materiaalityöntöiden tulee olla mahdollisimman oikea-aikaisia, jotta vältyttäisiin turhalta mestan odottelulta ja välivarastoinnilta.

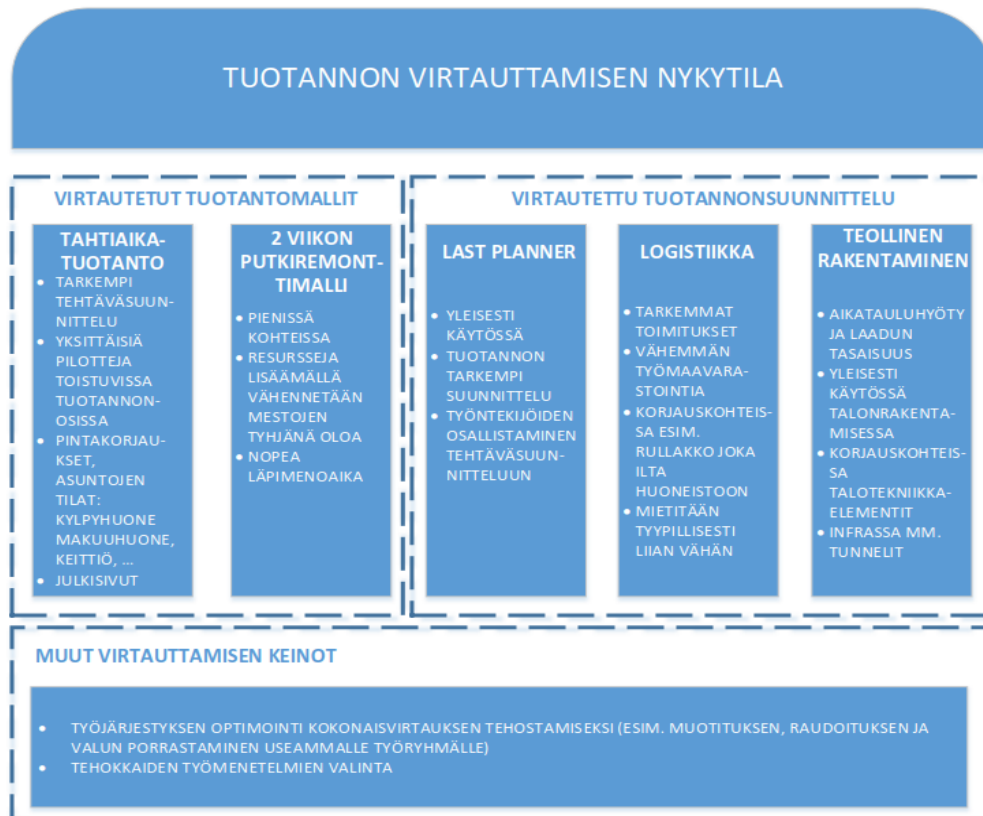
Eräs haastateltava pohti perinteisen aliurakoinnin ja virtauttamisen yhdistämistä. Hän kertoi louhintojen olevan yksi tällaisen virtauttamisen soveltamiskohde. Haastateltavan mainitsema esimerkkiyritys teettää 90 % louhinnoista aliurakointina, jossa aliurakoitsija louhii louhinta-alueen

isolla kalustolla reuna-alueita lukuun ottamatta. Tässä osassa korostuu aliurakoinnin kustannustehokkuus ja koska reuna-alueet jätetään louhimatta, ei epävarmuuden merkitys ole yhtä suuri. Reuna-alueet yritys louhii pienemmällä omalla kalustolla ja omilla miehillä. Reuna-alueilla epävarmuuden merkitys on suurempi ja omilla miehillä epävarmuuteen saadaan vastattua lisääntyneenä joustavuutena aliurakointiin verrattuna, mikä parantaa virtaavuutta. Haastateltava pohti soveltuisiko sama logiikka myös talonrakentamiseen. Talonrakentamishankkeen keskivaiheen selkeät ja toistuvat kokonaisuudet tehtäisiin aliurakointina ja luovutusvaihe omilla miehillä. Luovutusvaiheeseen sisältyy yleensä aliurakoitsijoille tuottamattomia pieniä työvaiheita, tai häntiä, joita varten aliurakoitsijoiden täytyy palata työmaalle muutamaksi tunniksi. Haastateltava pohti voisiko luovutusvaiheen saada paremmin haltuun tekemällä ”viimeiset 10 %” töistä omilla miehillä.

Yksi haastateltavista arvioi virtauttamista tapahtuvan jossain mittakaavassa kaikilla työmailla. Esimerkiksi työjärjestyksen optimointi (suunnan ja järjestyksen vakiointi) on jo haastateltavan mukaan virtauttamista. Esimerkkinä hän mainitsi betonivalut, joissa muottityö, raudoitus ja valu seuraavat toisiaan ketjuna. Laajemmassa mittakaavassa eri työvaiheita, kuten kaivuita, pontittamista ja pilareiden valuja tapahtuu samanaikaisesti eri kohdissa työmaata. Tahti aikaa ei kyseisessä kohteessa ole käytössä, mutta haastateltavalla on kokemusta myös tahti aikatuotannosta aiemmasta kohteesta. Toisessakin haastattelussa mainittiin työjärjestyksen merkitys osana virtauttamista. Kyseisessä esimerkissä omat miehet muuttivat sokkelilaatoitusten tekemisen työjärjestystä. Alun perin koko sokkelilaatoituksen teki yksi ryhmä kokonaisuudessaan. Muutetussa tavassa sokkelilaatoitus pilkkottiin kolmeen vaiheeseen, joista jokaista toteutti oma ryhmä tuotantoperiaatteella. Seurauksena toiminta tehostui merkittävästi ja neliökustannukset saatiin puolitettua.

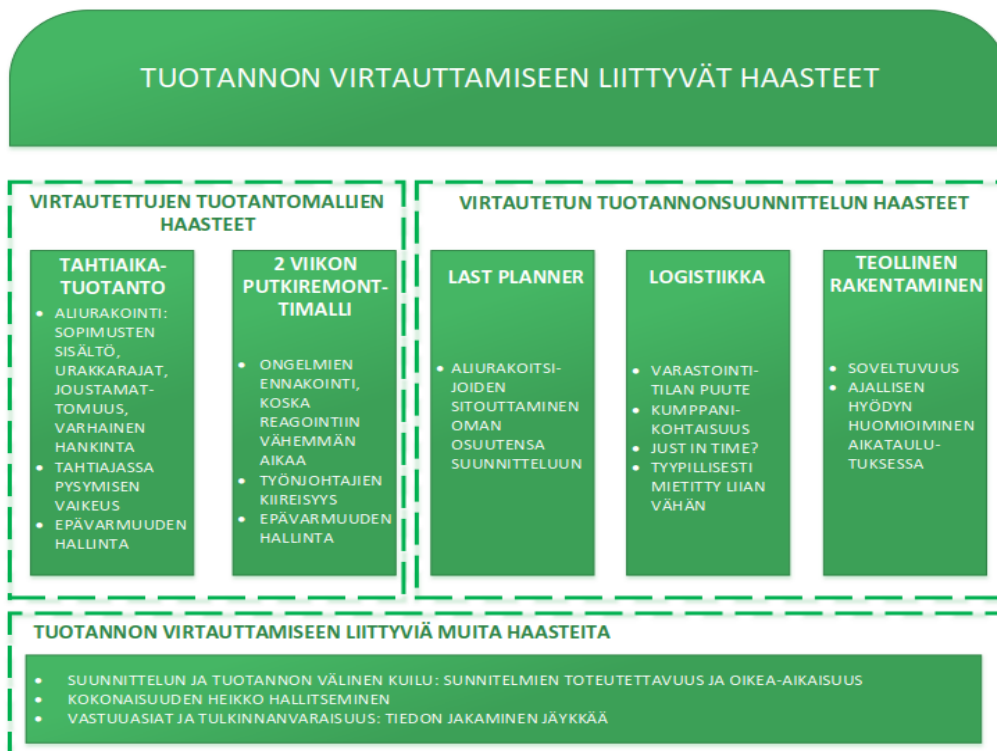
Taulukossa 4.3 on esitetty nykytilassa talonrakentamisen, korjausrakentamisen ja infrarakentamisen virtauttamisen sovellukset ja sovelluskohteet Suomessa. Taulukko on kooste lukujen 4.2.2 ja 4.2.3 käsitellyistä asioista.

Taulukko 4.3. Tuotannon virtauttamisen nykytila ja siihen liittyvät keinot.



Taulukossa 4.4 on esitetty esille tulleet haasteet haastattelujen perusteella. Haasteet on lokeroitu edellä esitetyn tuotannon virtauttamisen nykytilan taulukkoa vastaavalla tavalla.

Taulukko 4.4. Tuotannon virtauttamisen nykytilaan liittyvät haasteet.



5. KEHITYSEHDOTUKSET

5.1 Yhteistoiminnalliset mallit virtauttamisen helpottamiseksi

Uusille toimintatavoille on tyypillistä, että osaaminen on liikaa yksilöiden varassa. Sama pätee myös virtauttamiseen. Koska virtauttamisessa on kyse ennen kaikkea kokonaisuuden optimoinnista, tulee projektiosapuolten välistä yhteistoimintaa harjoitella hankkeissa, jotta yksilöiden osaaminen saataisiin yhdistettyä projektin parhaaksi. Suunnittelussa ja tuotannossa tunnistetaan sokean osaoptimoinnin välttämisen haasteellisuus. Virtauttamisen onnistuminen perustuu suurelta osin siihen, kuinka hyvin eri osapuolet toimivat yhdessä projektin parhaaksi. Tämän vuoksi alan tuleekin pyrkiä siirtymään entistä enemmän yhteistoimintaa tavoittelevaksi erityisesti runsaasti epävarmuutta sisältävissä hankkeissa. Toisaalta yksinkertaisemmissa hankkeissa kokonaisuuden virtauttaminen ei välttämättä tulevaisuudessa vaadi laajamittaista yhteistyötä, kunhan osaaminen on riittävällä tasolla.

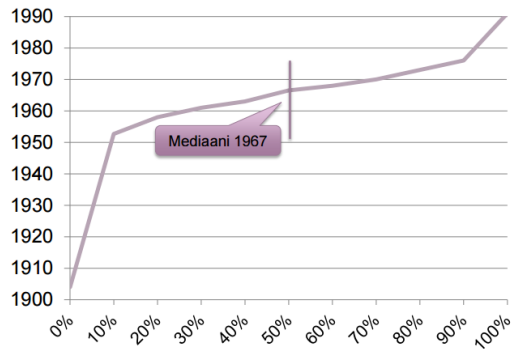
Yhteistoiminnallisten mallien koetaan siis olevan potentiaalinen ratkaisu virtautettavien hankkeiden sujuvammalle läpiviennille. Tämä on perusteltua, koska yhteistoiminnalla voidaan välttää edellä mainittu sokea osaoptimointi ja hyödyntää eri projektin osapuolten osaaminen kokonaisvirtauksen kehittämiseksi. Osaoptimointia voi tapahtua tietoisesti, mikäli eri osapuolten ansaintamallit ovat ristiriidassa keskenään. Haastateltavat suosittelivatkin allianssimalleista tuttua riskien ja hyötyjen jakamisen periaatetta, jossa palvelutoimittajien saama korvaus perustuu siihen, miten koko urakan toteutuksessa onnistutaan, eikä siihen, miten palvelutoimittajat onnistuvat omissa tehtävissään. Riskien jakamisella voidaan myös jouhevoittaa aiemmassa luvussa mainittua vastuunottamisen pelon aiheuttamaa kankeutta. Esimerkiksi linjasaneerauksissa nopeutettujen putkiremonttien saama huomio on lisännyt haastatellun toteuttajayrityksen mahdollisuuksia osallistua tuotannon lisäksi hankkeiden suunnitteluvaiheeseen, mikä on parantanut suunnitelmien toteutettavuutta ja pienentänyt täten työmaalla tapahtuvien virheiden ja epävarmuuden määrää, mikä on tehostanut virtausta.

Edellisessä luvussa mainittiin osan haastateltavista kokevan aliurakoinnin olevan haaste virtauttamisen sujumiselle. Yleensä edes allianssimallin yhteistyön ja kehittämisen tavoitteet eivät ulotu aliurakoitsijoille asti, vaan aliurakoitsijat jätetään pääallianssin ulkopuolelle. Aliurakoitsijoiden integroimisesta allianssiin on kuitenkin kokemusten mukaan seurannut työmaaprosessien parantuminen (Ristola 2017). Esimerkiksi kahden viikon putkiremontit tehdään taloyhtiömaailmalle poikkeuksellisesti allianssina, johon kuuluu pääurakoitsija, suunnittelija, putki- ja sähköurakoitsijat sekä asunto-osakeyhtiö. Haastateltavan mukaan yritys käyttää hankkeissa käytännössä pelkästään aliurakoitsijoita. Työmaaprosessien parantumisen vastakkainasetteluna on tiiviimmän yhteistyön kalleus. Toisaalta työmaaprosessien parantuminen voi itsessään pienentää työmaakustannuksia. Tulevaisuus näyttäne, kuinka taloudellisesti kannattavia esimerkiksi kahden viikon putkiremontit ovat nykyisellä mallilla.

Erityisesti hankkeissa, joissa on haastateltavien mukaan ollut vaikea havaita virtauttamiskelpoisia elementtejä, voi yhteistoiminnasta olla hyötyä virtauttamisen suunnittelemiseksi. Eräs haastateltava pitikin aliurakoitsijoiden oman osuuden suunnittelua yhtenä heikoimmista lenkeistä. Aliurakoitsijoiden työnjohtoa voidaan ottaa mukaan resurssien suunnitteluun konsulttiavuksi, jotta aikatauluista saadaan mahdollisimman toteutuskelpoisia ja oikeudenmukaisia. Yhdessä suunnitellen ja toimivien motivointikeinojen avulla voidaan virtausta kehittää yhteistyössä aliurakoitsijoiden kanssa. Tällaisia motivointikeinoja ovat haastateltavien mukaan tyypillisesti jatkokokeikat sekä harjoittelu harjoitustehtävien ja kokeilujen avulla, joissa tekijät miettivät itse, miten asiat kannattaisi tehdä. Sopimusten sisällöllä on luonnollisesti suuri merkitys aliurakointiin liittyen. Eräs haastateltava mainitsi esimerkiksi, että aliurakoitsijoita jotka laskuttavat toteuman mukaan on yksinkertaisempaa auttaa tavaroiden haalauksessa, kuin sellaisia aliurakoitsijoita joiden kanssa tehty sopimus edellyttää aliurakoitsijoilta omien tavaroidensa haalauksen (vältetään kahteen kertaan haalauksesta maksaminen).

Aliurakoitsijoiden vaihtuminen ja partneroitumisen vähäisyys voi kuitenkin tehdä tiiviimmästä yhteistoiminnasta haastavaa. Aliurakoitsijat voivat viedä tietoa virtauttamiskokeiluista kilpaileville yrityksille. Lisäksi kaikkia työntekijöitä ei yksinkertaisesti saada motivoitua tavoittelemaan yhteistoimintaa ja kokonaisprojektin parasta. (Koskela & Koskenvesa 2003) mainitsee aliurakoinnin ongelmien johtuvan usein myös työmailla vallitsevista viestintäongelmista. Viestintäongelmiin lasketaan itse viesti, sen ymmärtäminen ja oivaltaminen, mitä edellytyksiä jonkin tehtävän toteuttamiseen aikataulussa vaatii tai mitä tarkoittaa todellinen sitoutuminen ja mitkä ovat ne välineet sekä toimintatavat, joilla sitoutuminen aikaansaadaan. Suomalaisessa työmaa- ja johtamiskulttuurissa keskusteleminen ja sopiminen ovatkin paljon kehittämistä vaativia asioita. Yhteistoimintaa toivottaisiin löytyvän ilman sopimustekniikkaakin. (Koskela & Koskenvesa 2003)

Allianssimalli soveltuu huonosti hankkeisiin, joissa on suhteellisen vähän riskejä ja selkeät tavoitteet. Tällaisissa hankkeissa allianssiorganisaation raskaus ei välttämättä kompensoi allianssista saatavia hyötyjä. Allianssiurakan tarkoituksenmukaisuutta arvioitaessa tulee ottaa huomioon muun muassa hankkeen tavoitteiden ainutkertaisuuden ja siihen sisältyvän epävarmuuden (Ristola 2017). Herääkin kysymys, kuinka ainutlaatuisina esimerkiksi kerrostalojen linjasaneerauhankkeita voidaan pitää. Korjaushankkeet sisältävät tyypillisesti enemmän epävarmuutta kuin uudishankkeet. Toisaalta riittäväillä kuntotutkimuksista ja alkuperäisillä piirustuksilla voidaan vähentää epävarmuutta. Tämän lisäksi valtaosa linjasaneerauksista tehdään vuoden 2015 Putkiremonttibarometrin mukaan 60- ja 70-luvun kerrostaloissa (kuva 5.1). Tällainen suuri elementtitalomassa todennäköisesti sisältää suuren määrän toistuvuutta kohteesta toiseen, mikä lisää ennakoitavuutta ja parantaa mahdollisuuksia hioa konsepteja virtautetusta linjasaneerausmallista. Voitaneen myös olettaa, että tarkempia ja paremmin paikkansa pitäviä dokumentteja ja suunnitelmia löytyy uudemmissa rakennuksista.



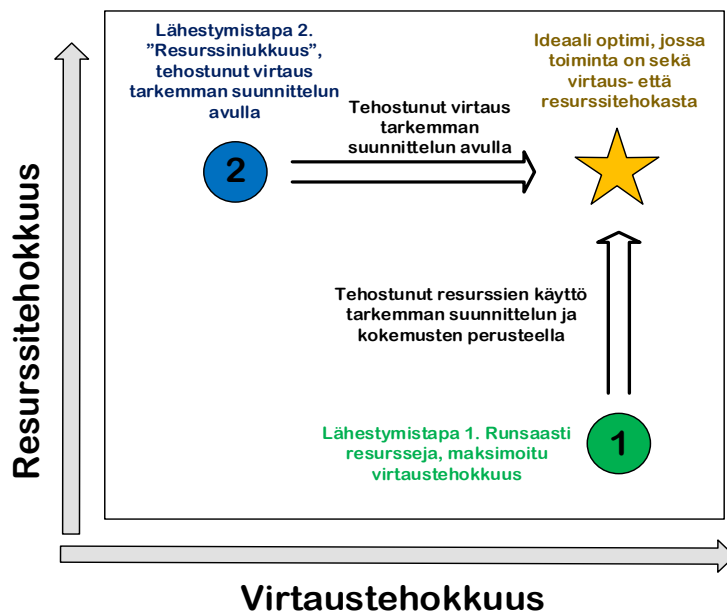
Kuva 5.1. Putkiremonttien jakauma putkiremonttibarometri 2015 mukaan. (Saarinen 2016)

Edellä mainitut seikat vähentävät riskejä ja haasteita, mikä argumentoi täysimittaisen allianssimallin käyttämistä vastaan. Yhteistoiminnalla suunnitelmien toteutuskelpoisuuden varmistamiseksi ja tarkemmalla tuotannosuunnittelulla on kuitenkin varmasti paikkansa myös tällaisissa hankkeissa. Toistuvuus voi jopa helpottaa tarkempaa tuotannosuunnittelua, mikäli samankaltaisia konsepteja voidaan onnistuneesti implementoida hankkeesta toiseen ja kehittää kokemusten perusteella. Toistuvuus myös helpottaa aliurakoiden kilpailuttamista, koska tarjouspyynnöistä saadaan tarkempia ja paremmin paikkansa pitäviä.

5.2 Kahden esitetyn linjasaneerausten virtauttamistavan vertailu

Haastattelutulosten yhteydessä luvussa 4.2.2 esitettiin kaksi erilaista tapaa virtauttaa linjasaneeraushankkeita. Tässä luvussa pohditaan tarkemmin, miten nämä lähestymistavat soveltuvat tilaajan arvomaailmaan ja millaiseen suuntaan lähestymistavat tulevat todennäköisesti kehittymään tulevaisuudessa.

Kuvassa 5.2 on esitetty nykytilat 1 ja 2, sekä tavoiteltava optimitila, jossa toiminta on sekä virtaus-, että resurssitehokasta. Tavoiteltava virtaustehokkuuden taso määräytyy hankekohtaisesti tilaajan arvomaailman ja hankkeen erityispiirteiden perusteella (maksukyky- ja halukkuus, läpimenoajan merkitys, kohteeseen liittyvä epävarmuus jne.). Modig & Ahlströmin (2012) mukaan oikea virtaustehokkuus on sopiva tasapaino sellaisien tehon arvojen kesken, jotka ovat sopivia sekä asiakkaalle että työntekijöille (Modig & Ahlström 2012). Esimerkiksi IS Mäkisen hyttikorjausten tapauksessa hankkeen läpimenoajalla on todella suuri merkitys asiakkaille, koska risteilijöiden joutilaana olo on erittäin kallista. Tämän vuoksi IS Mäkisen hyttiremonttien tapauksessa asiakkaan arvon mukainen optimitaso painottaa erityisesti virtaustehokkuutta. Tuotantojunat liikkuvat hytistä toiseen 15 minuutin tahtiajoissa (Heinonen & Seppänen 2016). Linjasaneerausten tapauksessa läpimenoajalla taas voi olla tilaajakohtaisesti pienempi merkitys, kuin hankkeen kokonaiskustannuksilla.



Kuva 5.2. Linjasaneerausten virtautettujen lähestymistapojen 1 ja 2 yksinkertaistetut nykytilat resurssitehokkuuden ja virtaustehokkuuden näkökulmasta. Sopivat tehokkuudet määrittävät asiakkaalle ja työntekijöille sopivana tasapainona hankekohtaisesti.

Lähestymistavassa 1 edellä kuvailtua tavoitetilaa voidaan ajatella lähestyttävän pilottikokeiluista saatavien kokemusten perusteella joutilaiden resurssien uudelleen kohdentamisella tai poistamisella, korkea virtaustehokkuus ylläpitäen. Suunnittelu- ja tuotantoratkaisuja kehitetään, jolloin myös epävarmuutta saadaan hallittua paremmin, minkä vuoksi joutilaiden resurssien luomaa puskuria ei tarvita samassa määrin. Seurauksena myös virtaustehokkuus voi laskea hieman, mikäli taloudellisesti kannattava toiminta tai tilaajien maksuhalukkuus sitä vaatii, eikä epävarmuutta saada hallittua muilla tavoilla kuin resursseilla.

Lähestymistavassa 2 resursseja lisätään ainoastaan, mikäli tarkempi suunnittelu ja pilottihankkeet osoittavat sen olevan esimerkiksi aikataulun kireyden vuoksi perusteltua. Seurauksena virtaustehokkuutta saadaan nostettua kohti tavoitetilaa, mutta resurssitehokkuuden huomioiminen saattaa rajoittaa saavutettavissa olevaa virtaustehokkuuden tasoa. Erityisesti mikäli hankkeiden epävarmuutta ei saada hallittua voi virtaustehokkuus heiketä resurssiniukkuuden vuoksi.

Edellä kuvatusta lähestymistavasta 1 voi saada vaikutelman, ettei tapaan kuulu tarkempaa työn suunnittelua (mikä on ytimessä lähestymistavassa 2). Haastattelun perusteella suunnittelussa on kuitenkin siirrytty linjakohtaisesta suunnittelusta asuntokohtaiseen, vaikkei ”tahtiaika-ajattelua ole ihan niin pitkälle viety kuin hyttiremonteissa”. Toisaalta juuri tarkempi työnsuunnittelu antaa tarkemman kuvan tuotannon todellisesta resurssitarpeesta, minkä vuoksi on perusteltua olettaa, ettei ylimääräisiä resursseja tarvita kuin poikkeustapauksissa. Tarkempi työn suunnittelu myös vähentää tuotannon epävarmuutta. Epävarmuus taas on merkittävä virtaustehokkuuden heikentäjä, jota ylimääräisillä resursseilla (puskureilla) usein paikataan. Tämän vuoksi on perusteltua olettaa, että lähestymistavassa 1 resurssien määrä tulee todennäköisesti pienentymään ja resurssitehokkuus paranemaan tuotantosunnitelmien kehittyessä.

5.3 Virtauttamisen kehittäminen talonrakentamisessa

Talonrakentamisesta ei tämän tutkimuksen haastattelujen perusteella löytynyt satunnaisia esimerkkejä merkittävämpiä virtauttamisen sovelluksia. Esimerkiksi valuja ja niihin liittyviä muutitöitä ja raudoituksia voidaan tehostaa limittämällä vaiheita. Samaa logiikkaa voidaan noudattaa myös esimerkiksi julkisivuissa. Linjasaneeraushankkeista voitaneen hyödyntää sisätyövaiheiden tuotantojuna myös uudistuotantoon. Makuuhuone- ja kylpyhuonekohtaisilla tuotantojunilla voidaan todennäköisesti saavuttaa vastaavanlaisia hyötyjä kuin linjasaneeraushankkeissa.

Eräessä talonrakennushankkeessa oli kokeiltu viikon ”tahtiajan” (kerros per viikko) implementointia. Tahtiajasta oli kuitenkin luovuttu tuotannon ja tahtien hallitsemiseen liittyvien vaikeuksien vuoksi. Haastattelussa ei selvinnyt miten kattavasti kohteen työvaiheet oli tahdistettu tahtiaikaan. Muutama muu haastateltava painotti tahtiajan olevan implementointikelpoinen erityisesti toistoa sisältäviin työvaiheiden sarjoihin. Tällöin tarkemmasta työn suunnittelusta saadaan suurin hyöty irti. Lisäksi tahtiaikaa noudattavat lohkot tulee jakaa tarkoituksenmukaisen kokoihin osiin (liian suuri lohkojako pidentää aikataulua, kun taas liian pienet lohkot voivat olla epätaloudellisia tai vaikeita hallita).

Eräs haastateltava pohti talonrakentamishankkeen luovutusvaiheen olevan potentiaalinen virtauttamiskohde. Lopun puutteet saataisiin paremmin hallintaan omien miehien mahdollistaman joustavuuden avulla, sen sijaan että kutsuttaisiin paikalle aliurakoitsijoita muutamaksi tunniksi kerralla reklamaatioiden kautta. Toisaalta saneraaushankkeiden perusteella luovutusvaihetta edeltävät runsaasti toistoa sisältävät vaiheet ovat optimaalisimpia tahtiaikatuotannon mukaisia virtauttamisen soveltamiskohteita. Talonrakentamisessa tahtiaikatuotantoa taas ei olla saatu ylläpidettyä.

Talonrakentaminen sisältää runsaasti osapuolia, joista usea hankintaan alihankintana. Tällöin varhaisen tarkan suunnittelun merkitys korostuu erityisesti, mikäli tavoitellaan tahtiaikatuotantoa eikä käytetä yhteistoiminnallisia toteutusmuotoja. Periaatteessa usean haastatteleman moitinta kokonaisuuden hallinta voitaisiin saada paremmin haltuun erään haastateltavan suosittelien prosessikaavioiden avulla, joita osapuolet sitoutuvat noudattamaan. Prosessikaavioiden tekoa ja seuranta taas helpottaisi standardoidut prosessit. Erityisesti runsaasti toistoa ja aliurakointia sisältävät vaiheet tulisikin kartoittaa prosessikaavioiksi. Tarkempi suunnittelu helpottaisi tahtiaikatuotannon noudattamista toistuvuutta sisältävissä talonrakentamisen vaiheissa analogisesti korjausrakentamisen kanssa. Luovutusvaihe sisältää vähemmän toistoa ja vaiheen sisältö määrittäyty osittain edeltävien vaiheiden perusteella (puutteet, virheet ja vastaavat). Luovutusvaihe voitaisiin täten tehdä haastateltavan ehdottamalla tavalla omilla miehillä, jolloin säilytetäisiin joustavuus ja kontrolli virtauksen ylläpitämiseksi.

Taulukossa 5.2 on listattu virtauttamisen sovelluksia tuotannossa, sovelluksiin liittyviä haastateltavien mainitsemia haasteita ja teorian sekä haastattelujen perusteella esitettyjä ratkaisuehdotuksia.

Taulukko 5.1. Haastattelujen ja teorian perusteella esitetyt ratkaisuehdotukset haastatteluissa esiintulleille haasteille tuotannon osalta

Last Planner: <ul style="list-style-type: none"> • Tuotannon tarkempi suunnittelu 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Aliurakoitsijoiden sitouttaminen oman osuutensa suunnitteluun 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Jatkoikeikat motivoituneille aliurakoitsijoille, voimaannuttaminen, virtauttamisen idean selkeyttäminen, kannustavat mallit, partneroituminen, Last Planner
Tahtiaikatuoanto: <ul style="list-style-type: none"> • Toistoa sisältävissä tuotannon osissa 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Aliurakoinnin haasteet: urakkarajojen joustamattomuus, sopimusten teon haasteellisuus, varhainen hankinta --> tahtiaikatuoannon tulee olla suunniteltuna varhain • Infra- ja talonrakentamisessa ei olla onnistuttu pysymään tahtiaikatuoannossa hankkeen edetessä • Epävarmuuden hallinta 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Opin ottaminen ulkomaisista case-hankkeista • Epävarmuuden vähentäminen tarkemmalla suunnittelulla • Puskurit epävarmuutta sisältävien vaiheiden ympärille • Yhteistoiminnan lisääminen yhteistoiminnallisten mallien avulla, suunnitelmiin vaikuttaminen • Aliurakoinnin kehittäminen • Kokonaisuuden hallinnan kehittäminen esim. prosessikaavioiden avulla
"2 viikon putkiremontit": <ul style="list-style-type: none"> • Hankkeiden keston merkittävä lyhentäminen ja häiriöiden vähentäminen resursseja lisäämällä 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Ongelmien ennakoinnin parantaminen yleisesti, koska ongelmien ratkaisuun on vähemmän aikaa • Epävarmuuden hallinta • Työnjohtajat olleet tiukilla 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Konseptin kehittäminen standisoidumpaan suuntaan soveltuviissa kohteissa • Työnjohdon osaamisen kehittäminen ja opin jalkauttaminen • Aliurakoinnin kehittäminen
Logistiikka: <ul style="list-style-type: none"> • Mahdollisimman oikea-aikaiset toimitukset 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Varastointitilan puute, kumppaniakohtaisuus • Tyypillisesti mietitty liian vähän • Just in time? 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Opin ottaminen ulkomaisista case-hankkeista • Tuotannosuunnittelun kehittäminen oikea-aikaisten toimistuen mahdollistamiseksi
Teollinen rakentaminen:	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Ei sovellu joka kohteeseen • Esivalmisteita ei oteta kaikkea ajallista hyötyä irti, vaan elementit odottava työmaalla 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Teollisten ratkaisujen aikatauluhyödyn huomioon ottaminen tuotannosuunnittelussa • Teollisten ratkaisujen kehittäminen ja joustavuuden lisääminen, jotta teollisia ratkaisuja voitaisiin hyödyntää enemmän
Muut esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Suunnittelun ja tuotannon välinen kuilu: suunnitelmien toteutettavuus ja oikea-aikaisuus • Kokonaisuuden heikko hallitseminen • Vastuuasiat ja tulkinvaraisuus: tiedon jakamisen jäykkyys 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Kokonaisuuden hallinnan kehittäminen esim. prosessikaavioiden avulla • Yhteistoiminnan lisääminen yhteistoiminnallisten mallien avulla, suunnitelmiin vaikuttaminen • Rakennuttajien osaamisen kehittäminen • SUKE:n suunnitelmapaketien käyttäminen 	

5.4 Suunnittelun rooli

Suunnittelun negatiivinen ja positiivinen iterointi tunnistettiin haastattelujen yhteydessä, vaikkei kyseisiä termejä käytettykään. Suunnittelutoimistot pyrkivät pääsemään eroon turhasta toiminnasta ja ylisuunnittelusta (negatiivisesta iteroinnista). Useampaan kertaan suunnittelua tehdään ainoastaan, mikäli se palvelee hankkeen kokonaisuutta (suunnitelmat hankintaan ja uudelleen-suunnittelu tuotantoa varten), jolloin uudelleensuunnittelu on positiivista iterointia, koska se tuottaa lisäarvoa muille hankkeen osapuolille. Yhteistoiminnan lisääminen on mahdollinen keino vähentää hukkaa suunnittelussa muun muassa paremman edellytysten varmistamisen kautta.

Big Roomien nähdään olevan toimiva työkalu yhteistoiminnan lisäämiseksi. Tämä vaatii kuitenkin osaavan fasilitaattorin, joka osaa sovittaa eri osapuolien tarpeet toimivaksi agendaksi Big Room -sessioille. Toimivan Big Room -session järjestämiseen ja fasilitointiin löytyy runsaasti oppaita Internetistä. Jouni Juntusen diplomityössä ”Big Room suunnittelun ohjauksen työkaluna” on esitetty prosessikuvaus Big Room – toiminnasta. Diplomityön mukaan yhden Big

Room -session tavoitteet voidaan jakaa kolmeen osaan: aloitus- toiminta- ja lopetusedellytyksiin. Aloitusedellytykset sisältävät muun muassa Big Room -session tavoitteiden miettimisen, ennakkotehtävien jakamisen, käsiteltävien asioiden lähtötietojen hankinnan, asioihin tutustumisen ja oikeiden henkilöiden valitsemisen. Toimintaedellytykset sisältävät tarvittavat laitteet, kirjurit/fasilitaattorit, määritetyt Big Roomissa toimimisen mallit ja muut sessioiden toteuttamisen keinot ja välineet. Lopetusedellytyksiä ovat muun muassa agendalla olleiden asioiden ratkeaminen, suunnitelmien saaminen, jatkamiseen tarvittavien lähtötietojen saaminen sekä käyttäjän vaatimusten esiintuominen ja keskusteleminen niistä (Juntunen 2015)

Osa haastateltavista kokee säännölliset Big Roomit kuormittaviksi ja resursseja sitovaksi. Suunnitteluyrityksillä voi olla lukuisia hankkeita käynnissä samanaikaisesti, mikä lisää Big roomien kuormittavuutta. Eräs haastateltava mainitsi vaihtoehdoksi eräänlaiset ”alibigroomit”, joihin voidaan kokoontua projektikohtaisesti tarvittaessa. Teoriassa tällaisia tarpeenmukaisia ”Big Roomeja” kutsutaan solmutyöskentelyksi. Solmutyöskentelyssä kokoonnutaan yhteen ainoastaan tarvittaessa (Kerosuo et al. 2013). Tämä kuitenkin lisää osaavan fasilitaattorin merkitystä, koska säännöllistä Big Room -toimintaa on helpompi harjoitella. Lisäksi solmutyöskentelyn kokousten tulisi mielellään sopia tilaajan aikatauluun, jotta tilaajalta saataisiin tärkeää palautetta ja kommentteja.

Erityisen tärkeä rooli kokonaisuuden hallinnassa on rakennuttajalla. Kokonaisuuden hallitsevia ihmisiä on haastateltavien mukaan alalla vähän ja tämä voi helposti myös näkyä osapuolikohtaisina haasteina. Suunnittelulle varataan tyypillisesti liian vähän aikaa työmaan ehtojen perusteella, mikä näkyy suunnitelmien puutteellisuuksina, kaikki suunnitelmat halutaan heti. Tämä johtuu haastateltavien mukaan siitä, etteivät urakoitsijat oikeasti tunne suunnitteluprosessia. Vastaavasti suunnittelijat eivät tunne hyvin hankintaa ja urakointia. Haastateltavat toivovatkin kokonaisuuden hallintaan merkittävästi lisää osaamista.

Eräs haastateltava ehdotti kokonaisuuden hallinnan parantamiseksi prosessikaavioiden luomista ja noudattamista hankkeisiin. Prosessikaaviossa esitetään hankkeen tehtävien riippuvuudet, minkä perusteella myös edellytykset voidaan havaita ja varmistaa. Prosessikaavioissa tulisi olla hankekohtaisesti muuttuvia ”moduuliosia” (esimerkiksi perustustamistavan mukaan).

Toisaalta erään tutkimuksen mukaan keskikokoisessa hankkeessa on tunnistettu 4 000 ja suuressa hankkeessa 10 000 suunnittelun eri tehtävän riippuvuutta toisistaan (Kruus & Kiiras 2008) Tällaisen riippuvuuksien määrän hallinta ja seuranta prosessikaavion avulla voi olla haasteellista useasta syystä. Kattavan prosessikaavion luominen on aikaa vievää, jalkauttaminen ymmärrystä ja kaavion seuranta vaatii resursseja. Toisaalta voitaneen todeta, että rakennushankkeen esimerkillinen johtaminen on vaikeaa ilman vaivaa, ymmärrystä ja resursseja.

SUKE-mallin mukaiset suunnitelmapaketit

SUKE-mallin mukainen suunnittelun ohjaus tarkastelee rakennushanketta hieman eri näkökulmasta. Perinteisesti PJ-rakentamisessa suunnitelmaaikataulu noudattelee hankintapaketteja,

jotka palvelevat työmaata, mutta soveltuvat huonosti suunnittelun ohjaukseen ja aikataulutukseen. SUKE:ssa suunnittelu tehdään suunnitelmapaketeissa, joiden tarkoitus on palvella hankkeiden tavoitteiden mukaista suunnitelma- ja hankintajakoa sekä niiden aikataulutusta. (Kruus & Kiiras 2008)

Moni haastateltava kokeekin haasteelliseksi, että hankintapaketit määritellään työmaan ehdoilla, ottamatta suunnittelun toteutettavuutta riittävästi huomioon. Esimerkiksi eräs haastateltava totesi, että on arkipäivää, että elementtisuunnitelmat vaaditaan 3 kuukautta sähkösuunnitelmia ennen, vaikka elementteihin kuuluu olennaisesti sähköt. Suunnittelun näkökulmasta hankintapaketit muodostavat pieniä irrallisia ja vääriä osia. Yksittäisen toimituksen suunnitelmien tekeminen voi vaatia merkittävästi laajemman suunnittelukokonaisuuden ratkaisemisen kuin hankinta antaisi ymmärtää. Myös tähän haasteeseen SUKE:n mukaiset suunnitelmapaketit ehdottavat ratkaisua: suunnittelu tehdään sellaisina kokonaisuuksina, joiden keskinäiset riippuvuudet pakottavat ratkaisuihin yhtä aikaa. (Kruus & Kiiras 2008)

Talotekniikan suunnittelun haasteena on kiinteähintaisten urakoiden yleisyys jopa allianssihankkeissa. Kiinteähintaiset talotekniikkaurakat tarvitsevat suunnitelmat varhaisessa vaiheessa kilpailutusta varten. Edellä mainittu muoto soveltuikin huonosti rakennushankkeisiin, joissa tilaratkaisut tehdään rakennustöiden aikana. SUKE-mallissa hankintojen tarjoukset pyydetään alustavilla ohjeellisilla suunnitelmilla. Suunnitelmia voidaan täydentää laskenta-aikana ja kehittää sopimusneuvotteluissa toimittajien esitysten pohjalta. Suunnittelijat tarkastavat toimittajien tarjoukset ja sovittavat tarjotut tuotteet liittyviin rakenteisiin yhteistyössä toimittajien kanssa. Haastateltavat arvelivat kiinteähintaisen talotekniikkaurakan olevan talotekniikan johtamisurakkaa halvempi ratkaisu, mutta painottivat yhteistyöstä olevan merkittävästi hyötyä projektinjohtomuotoisissa hankkeissa. (Kruus & Kiiras 2008)

Taulukossa 6.3 on listattu virtauttamisen sovelluksia suunnittelussa, sovelluksiin liittyviä haastateltavien mainitsemia haasteita ja teorian sekä haastattelujen perusteella esitettyjä ratkaisuehdotuksia.

Taulukko 5.2. Haastattelujen ja teorian perusteella esitetyt ratkaisuehdotukset haastatteluissa esiintulleille haasteille suunnittelun osalta.

Suunnitteluprosessin aikatauluttaminen ja resurssointi suunnittelijakohtaisesti: <ul style="list-style-type: none"> • Suunnittelun leviämisen välttäminen ja sisäisen tuottavuuden parantaminen 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Lähtötietojen saaminen • Tiedon kulkeutuminen rivisuunnittelijalle • Suunnittelukokonaisuuksien vaatiminen epärealistisilla aikatauluilla 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Lähtötiedoita tekemisen vähentäminen, lähtötietojen vaatiminen ennen tekemistä • Sähköpostin käytön vähentäminen, vaihtoehtoisten ratkaisujen löytäminen • Riittävät kuntotutkimukset korjaushankkeissa • Rakennuttajakonsulttien osaamisen lisääminen
Tehtävien riippuvuuksien ja järjestyksen ymmärtäminen ja hallinta: <ul style="list-style-type: none"> • Prosessikaaviot 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Kokonaisuuden hallitsevia ihmisiä on vähän • Käytännössä ajetaan lopputuotetta, eikä välitetä edellytyksistä • Suunnittelukokonaisuuksien vaatiminen epärealistisilla aikatauluilla (tarveaikataulut) 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Prosessikaavioiden käytön ja noudattamisen lisääminen • Rakennuttajakonsulttien osaamisen lisääminen • Yhteistoiminnan lisääminen yhteistoiminnallisten mallien kautta
Big Room -sessiot: <ul style="list-style-type: none"> • Suunnittelukokoukset ja lähtötietojen saaminen, suunnittelutyön yhteensovittaminen ja tiedonjakaminen 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Sitoo resursseja varsinkin hankkeen alkuvaiheessa turhan usein, voi olla turhia sessioita • Soveltuu huonosti muun suunnittelutyön tekemiseen 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Osaavien fasilitaattorien kouluttaminen ja käyttäminen • Big Room -sessioiden määrän optimointi tai tarvittaessa kokoontumiseen siirtyminen
Kahteen kertaan suunnittelu: <ul style="list-style-type: none"> • Sekä hankinnan että rakentamisen tueksi, mikä on nykytilassa usein kokonaisvirtauksen parhaaksi 	Esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Kahteen kertaan suunnittelu ei optimaalista suunnittelutyön sisäisen tuottavuuden kannalta • Kahteen kertaan suunnittelua ei oteta usein huomioon tarjouksissa, vaan joudutaan neuvottelemaan erikseen • Kilpailutuksen tekeminen kevyemmillä suunnitelmillä 	Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • Hankintatoimen kehittäminen kevyemmillä suunnitelmillä tehtäväksi • SUKE:n suunnitelmapakettien käyttäminen
Muut esille tulleet haasteet: <ul style="list-style-type: none"> • Talotekniikan rajaaminen allianssihankkeiden päätöksenteon ulkopuolelle • Suunnittelun ja tuotannon välinen kuilu: suunnitelmatarveaikataulut ovat epärealistisia, "kaikki halutaan heti" 		Ratkaisuehdotukset haastattelujen tai teorian perusteella: <ul style="list-style-type: none"> • SUKE:n suunnitelmapakettien käyttäminen

5.5 Virtauttamisen indikaattorit

Jotta virtauttamisen keinojen vaikuttavuutta voidaan arvioida, tulee rakennushankkeen prosesseja pystyä arvioimaan tai mittaamaan. Tämä tutkimus liittyy RAIN-hankkeeseen, jossa on keskusteltu virtauttamisen indikaattorien määrittämisen tarpeesta. Virtauttamisen indikaattorien tavoitteena on luoda luotettavaa tietoa virtauttamiskeinojen vaikuttavuudesta suunnitteluvaiheesta tuotantoon, painottaen erityisesti hankkeen kokonaisvirtausta.

Tavallisesti rakennushankkeen onnistumista arvioidaan aikataulun, budjetin, teknisten määritelmien ja tilaajan tavoitteiden täyttymisen avulla. KPI (Key Performance Indicator) –mittaristo tarkastelee rakennushankkeen onnistumista kymmenen muuttujan avulla. Näistä useimmat ovat tulosperusteisia kuten rakennuskustannukset, rakennusaika, viat, tilaajan tyytyväisyys, tuottoisuus ja tuottavuus. Prosessiperäisiä mittareita taas ovat suunnittelun kustannusten ja ajan ennustettavuus, rakentamisen kustannusten ja ajan ennustettavuus sekä turvallisuus. (Roshana & Akin-toye 2002)

Virtauksen mittaamiseksi voidaan määritellä erityisesti virtauksen mittaamiseen tähtäviä indikaattoreita. Jatkuvan kehittymisen mahdollistamiseksi mittareista saatavan tiedon tulee olla käytettävissä jo saman hankkeen aikana. Esimerkiksi tahtiaikatuotannossa tahtikohtainen tuotannon mittaaminen mahdollistaa kehitystoimenpiteiden jalkauttamisen seuraavissa tahdeissa.

Linjasaneerausten tapauksessa seurantatietoa on hankittu kokeellisesti muun muassa tallentavien kameroiden avulla (Vuorio 2016). Toisaalta työmaan johdon voi olla vaikea löytää aikaa kattavan seurantatiedon analysointia varten kesken tuotannon. Seuraavaksi käsitellään muutamaa kirjallisuudesta löytyvää virtauttamisen indikaattoria linjasaneerausten näkökulmasta.

5.5.1 Virtaustehokkuus – mestojen täyttöaste ja läpimenoaika

Linjasaneeraushankkeissa kylpyhuoneet voivat olla tyhjillään jopa 82 % korjausajasta (Vuorio 2016). Kylpyhuone on linjasaneeraushankkeen aikataulun kannalta kriittinen kohde, joten hankkeen kokonaisvirtauksen kannalta tehoton työnkulku kylpyhuoneissa voi olla haitallista. Virtauttamisen kirjallisuudessa kirjoitetaan tällöin virtaustehokkuudesta: kylpyhuone on virtausyksikkö, johon tuotetaan arvoa. Mitä tehokkaammin arvoa tuotetaan ja mitä lyhyempi kylpyhuoneen tai linjan läpimenoaika on, sitä parempi virtaustehokkuus on. Kuvassa 5.3 on havainnollistettu virtaustehokkuuden mittaamista. ”Perinteisessä” tuotantomallissa kylpyhuoneet ovat päiviä tyhjillään, jolloin virtaus ei etene niissä. Tahtiaikatuotantoesimerkissä jokaisessa kylpyhuoneessa taas tuotetaan arvoa päivittäin purusta luovutukseen. Esimerkkien kaltaisissa tapauksissa virtaustehokkuus vaikuttaa työn alla samanaikaisesti olevien kylpyhuoneiden lukumäärään ja täten myös asukkaille koituvaan häiriöaikaan.

"PERINTEINEN" MALLI

	1	2	3	4	5	6	7
KPH 1	Suojaus + purku	Vesieristys + laatoitus	Hukka	Kalustus + siivous + luovutus			
KPH 2	Suojaus + purku	Hukka	Vesieristys + laatoitus	Hukka	Kalustus + siivous + luovutus		
KPH 3	Suojaus + purku	Hukka	Hukka	Vesieristys + laatoitus	Hukka	Kalustus + siivous + luovutus	
KPH 4	Suojaus + purku	Hukka	Hukka	Hukka	Vesieristys + laatoitus	Hukka	Kalustus + siivous + luovutus

TAHTIAIKATUOTANTO

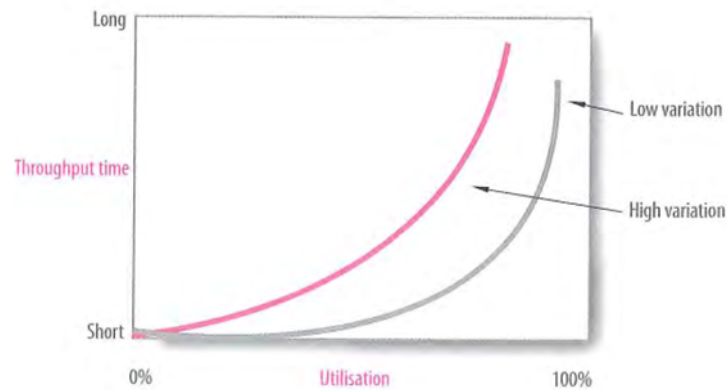
	1	2	3	4	5	6
KPH 1	Suojaus + purku	Vesieristys + laatoitus	Kalustus + siivous + luovutus			
KPH 2		Suojaus + purku	Vesieristys + laatoitus	Kalustus + siivous + luovutus		
KPH 3			Suojaus + purku	Vesieristys + laatoitus	Kalustus + siivous + luovutus	
KPH 4				Suojaus + purku	Vesieristys + laatoitus	Kalustus + siivous + luovutus

Kuva 5.3. Virtaustehokkuuden havainnollistaminen kahden aikatauluesimerkin avulla.

5.5.2 Resurssitehokkuus – keskeisten resurssien tasainen virtaus

Kirjallisuuden mukaan perinteisessä tuotannossa tavoitellaan tiedostaen tai tiedostamatta resurssien käyttöasteen maksimointia. Jokaiselle työntekijälle pyritään tuotannonsuunnittelulla luomaan mahdollisuus tuottaa lyhyessä ajassa niin paljon kuin suinkin mahdollista. Tätä resurssien

käyttöasteen maksimointia kutsutaan kirjallisuudessa resurssitehokkuudeksi. Tiettyyn pisteeseen asti resurssitehokkuuden tavoittelu on tarkoituksenmukaista tuotannon etenemisen kannalta. Virtaus voi mennä kuitenkin tukkoon, mikäli kapasiteetin käyttöaste kohoaa liian korkeaksi tuotannon epävarmuuteen nähden (kuva 5.4). Tällaisessa tapauksessa tuotannon ongelmien ratkaisemiseksi ei löydy vapaana olevia työntekijöitä, mistä seuraa tuotannon myöhästyminen aikataulusta. (Modig & Åhlström 2012)



Kuva 5.4. Kingmanin kaava. Resurssitehokkuuden ja epävarmuuden vaikutukset prosessin läpimenoaikaan (Modig & Åhlström 2012)

Tehokkaan virtauksen kannalta on olennaista tavoitella tuotannon kannalta keskeisten resurssien tasaista virtausta ja sopivaa käyttöastetta. Keskeisten resurssien tasainen virtaus suunnitellaan työntekijäkohtaisesti aikatauluttamalla. Resurssien käyttöaste suunnitellaan myös aikatauluttamalla ja voidaan todeta seurantatiedon avulla. Kuvassa 5.5 on esitetty kuvitteellinen aikataulu, jossa työntekijöille on suunniteltu ensin tasainen päiväkohtainen työmäärä ja todennettu tehtävien kestot minuutin tarkkuudella seurantatiedon avulla.

Ajanjakso (päivä)	1								2								3								4							
Ajanjakso (tunti)	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Työntekijä 1	6:00				2:00				6:10				1:50				5:55				2:05											
Työntekijä 2	6:05				1:55				6:00				2:00				6:05				1:55											
Työntekijä 3	5:55				2:05				5:50				2:10																			
Työntekijä 4	3:30				4:30												7:45				0:15				7:35				0:25			
Arvoa lisäävä = 66 h 50 min																																
Puskuri = 21 h 10 min																																
Työntekijä toisella työmaalla																																
Resurssitehokkuus = 71,4%																																

Kuva 5.5. Esimerkki kuvitteellisesta työntekijäkohtaisesta aikataulusta, johon on mitattu seurantatietona arvoa lisäävät ajat ja puskurit minuutin tarkkuudella.

5.5.3 Tasaisen tuotantonopeuden takaaminen

Virtauksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon tuotannon sisältämä epävarmuus. Mitä enemmän tuotantotehokkuus vaihtelee, sitä enemmän aikataulun tulee sisältää puskuria aikataulun toteuttamiseksi. Tehtäväsuunnittelussa sijoitetaan aikatauluun ajanjaksottain realistinen määrä tehtävää työtä, ottamalla huomioon mahdollinen epävarmuus. Päivän tarkkuudella tehtävässä aikataulussa suunniteltua puskuriaikaa voi olla mahdotonta esittää, kun taas tunnin tai jopa minuutin tarkkuudella suunnittelussa puskuri on näytettävissä (kuva 5.6). Tarkemmassa aikataulusuunnittelussa korostuu aikataulun tekijän tuotannonosaaminen.

Laatoitus 1 päivä							
Ajanjakso (d)							
1 päivä							
Resurssi käytössä = 1 d				Puskuri 0 h			
Suunniteltu resurssitehokkuus = 100 %							
Laatoitus 8 tuntia							
Ajanjakso (h)							
1	2	3	4	5	6	7	8
Muu tekeminen = 1 h							
Arvoa lisäävä = 5 h				Puskuri 2 h			
Suunniteltu resurssitehokkuus = 75 %							

Kuva 5.6. Päivän tehtävien suunnittelu päivän ja tunnin tarkkuudella.

5.5.4 Muut virtauttamisen mittarit

Virtauttamisella voi olla monenlaisia vaikutuksia rakennushankkeen eri osa-alueilla. Tämän vuoksi useat rakennusalalla tai muilla teollisuuden aloilla jo käytössä olevat mittarit voivat soveltua myös virtauttamisen menetelmien arviointiin. Työturvallisuuden ja laadun parantuminen voivat olla seurausta virtauttamisesta. Seuraavaksi on esitetty mittareita, jotka voivat soveltua virtauttamisen mittaamiseen.

- Kustannusten seuranta
- TR-mittaus (työturvallisuus, siisteys)
- kirjanpito virheistä (työnaikainen, itselleluovutus, ennakkotarkastus, vastaanottotarkastus)
- Materiaalihukan seuranta
- Työhyvinvointi, poissaolot
- Toimituksiin liittyvä seuranta
- Tiedonkulun seuranta
- Tilaajan tyytyväisyys

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Rakennusalan tuottavuutta on pyritty kehittämään vuosikymmenien saatossa monin lähestymistavoin. Viime vuosina useiden suomalaisten rakennusalan yritysten tavoitteeksi on tullut lisätä yhteistoiminnallisten periaatteiden käyttöä, jotta hankekokonaisuuksia saataisiin optimoitua ja asiakkaan tavoitteet saataisiin täytettyä entistä paremmin. Tämä raportti tehtiin osana yhteistoiminnallisia periaatteita edistävää RAIN (Rakentamisen integraatiokyvykyys) –kehityshanketta. RAIN-hankkeen eräänä teema-alueena on virtauttaminen, jolla pyritään saavuttamaan tehokkuuden ja tuottavuuden parannuksia niin suunnittelu- kuin toteutusvaiheessa.

Virtaukselle esitettiin tässä työssä teoriapohja kansainvälisestä teoriasta. Työssä määriteltiin virtauttamisen soveltamismahdollisuudet talonrakentamisen, suunnittelun, infratuotannon ja korjausrakentamisen konteksteissa. Keskeisiä soveltamismahdollisuuksia tuotannossa ovat muun muassa tahtiaikatuotanto, Last Planner, oikea-aikaiset toimitukset, teollinen rakentaminen sekä massatalouden virtauttaminen. Suunnittelun virtauttamisessa tulee pyrkiä eliminoimaan hukkaa aiheuttava negatiivinen iterointi. Tätä varten tulee tunnistaa ja hallita tehtävien väliset riippuvuudet ja edellytykset, jotka voidaan havaita erilaisten prosessikaavioiden avulla ja joita voidaan hallita esimerkiksi esitetyn riippuvuusmatriisin avulla. Sähköisiä työkaluja, kuten jaettuja malleja tulee hyödyntää tarvittaessa yhteistyön helpottamiseksi.

Teoriaosuuden tehtävä oli ennen kaikkea tukea teemahaastattelujen perusteella havainnoitua rakentamisen virtauttamisen nykytilaa Suomessa. Haastattelujen perusteella virtauttaminen ei ole terminä vakiintunut, vaan sen määritelmä vaihtelee haastateltavasta ja yrityksestä toiseen. Tämä kuvastaa myös havaintoa, ettei virtauttaminen ole Suomessa edennyt vielä kokeiluja pidemmälle. Virtauttamista on niin tahtiaikatuotanto, Last Planner, prosessien tarkempi hallinta kuin yhteistoimintakin. Virtauttamisen ytimessä onkin tarkempi ja entistä toteuttamiskelpoisempi suunnittelu ja tätä kautta hankkeiden parempi hallinta, jonka avulla hankkeet saadaan virtaamaan entistä tehokkaammin. Kokonaisuuden hallinnan merkitys on edelleen kriittisen tärkeää. Rakennushankkeisiin toivottiin lisää joustavuutta, jolle aliurakointi koetaan haasteeksi. Yhteistoimintaa toivottiin lisää, mikä liittyykin RAIN-hankkeen tavoitteisiin. Yhteistoiminnallisissa hankkeissa on tavoitteena luoda tilanne, missä kaikilla on yhteinen intressi onnistua mahdollisimman hyvin, esimerkiksi muodostamalla osapuolten välille yhteinen sopimus.

Tutkimuksessa esitettiin virtauttamisen soveltamiskohteet suunnittelussa ja tuotannossa, nykytilaan liittyvät haasteet, sekä ratkaisuehdotukset haasteille ja koottiin kyseiset asiat taulukoiksi. Lisäksi tutkimuksessa esitettiin kansainvälisestä teoriasta löytyviä virtauttamisen case-esimerkkejä havainnollistamaan virtauttamismenettelyjä.

7. JATKOTUTKIMUSEHDOTUKSET

Tutkimuksen uutuusarvo syntyy erityisesti suomalaisen rakennusalan nykytilan kuvauksesta virtauttamisen näkökulmasta. Haastattelututkimuksen tulokset kuvastavat millä tasolla virtauttamisajattelu on Suomessa ja missä virtauttamista on kokeiltu. Haastateltavat mainitsivat runsaasti virtauttamista haittaavia haasteita. Kyseiset haasteet eivät varmastikaan ole sellaisenaan uutta tietoa rakennusalan osapuolille, alan toimijat tietävät mikä rakennusprojektin saattamisessa maaliin on haastavaa. Haastattelujen ja teorian perusteella nämä haasteet tuotiin kuitenkin virtauttamisen kontekstiin. Lisäksi haasteille esitettiin haastattelujen ja teorian perusteella ratkaisuehdotuksia, tai suuntia joihin rakennusyriyten kannattaisi pyrkiä hankkeiden virtauttamiseksi. Kuten eräs haastateltava sanoi, virtauttamisen kaltaisia työkaluja löytyy, mutta tärkein on asianmukainen rakennushankkeen kokonaisuuden johtaminen, minkä seurauksena myös haastateltavien mainitsemiin asenteisiin voidaan vaikuttaa. Vastakkainasettelu ilmiselvästi rikkoo tehokasta kokonaisuuden virtaamista. Yhteistoimintaa täytyy lisätä. Tämä ei tarkoita välttämättä allianssimallin käyttöä, mutta hankkeen osapuolten täytyy löytää tapoja toimia kokonaisuuden parhaaksi.

Tutkimustulosten perusteella olisi mielenkiintoista tutkia, millaisia vaikutuksia linjasaneerausten virtautetuilla lähestymistavoilla on kustannuksiltaan, laadultaan, työhyvinvoinnilla tai vastaavilta arvon määritelmiltä hankkeisiin. Aliurakoinnin ongelmista mainittiin runsaasti haastatelussa. Aliurakoinnin kehittämistä joustavampaan suuntaan olisi varmasti hyötyä rakennus- alalle. Edellytyksien ja riippuvuuksien suunnittelua ja huomioonottamista erään haastateltavan mainitsemien prosessikaavioiden avulla kannattaisi tutkia lisää, jotta rakennushankkeet saataisiin paremmin haltuun. Lisäksi voitaisiin tutkia, miten työnjohto saadaan motivoitua virtauttamaan rakennushankkeita.

Virtauttamiskokeilujen myötä on tullut tarve kehittää virtauttamista mittaavia indikaattoreita. Tässä julkaisussa on käsitelty virtauttamisen indikaattoreita lyhyesti luvussa 5.5. Virtauttamisen indikaattoreihin liittyvät myös seurantamenetelmien, tehokkaan analysoinnin ja jalkauttamistoi- menpiteiden kehittäminen. Virtauttamisen menetelmien kehittämiseksi olisi olennaista tutkia tar- kemmin tällaisia virtauttamisen indikaattoreita.

LÄHTEET

Aatsalo, J. (2016). Rakennusliikkeet kehittävät nopeita putkiremontteja, *Rakennuslehti*, (38), pp. 9-11.

Ballard, G. (1998). Positive vs Negative Iteration in Design, Proceedings of the 8th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Brighton, UK, July, 1998.

Bertelsen, S. (2002). Bridging the gap—towards a comprehensive understanding of lean construction, Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brazil, 2002.

Betoniteollisuus ry Sillat, verkkosivu. Saatavilla (viitattu 6.2.2017) <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/infrarakentaminen/sillat>.

Binninger, M., Dlouhy, J., Oprach, S. & Haghsheno, S. (2016). Methods for Production Leveling - Transfer from Lean Production to Lean Construction, Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. July 2016, IGLC, Boston, MA, USA, pp. pp. 53 – 62.

Bryde, D.J. & Schulmeister, R. (2012). Applying Lean principles to a building refurbishment project: experiences of key stakeholders, *Construction Management and Economics*, Vol. 30(9), pp. 777 – 794.

Flow thinking at Fira Palvelut, LCI-Finland, verkkosivu. Saatavilla (viitattu 15.8.2017) http://lci.fi/wp-content/uploads/2016/05/Flow_thinking_at_Fira_Palvelut.pdf

Forbes, L. & Ahmed, S. (2010). *Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*, CRC Press, Boca Raton, Florida, 524 p.

Fransson, A., Berghede, K. & Tommelein, I. (2013). Takt Time Planning for Construction of Exterior Cladding, Proceeding *21th Annual Conference of the International Group for Lean Construction.*, Aug 2013, Fortaleza, Brazil: International Group for Lean Construction, pp. 527 – 536.

Gao, S., Low, S.P. & SpringerLink (Online service) (2014). *Lean Construction Management: The Toyota Way*, Springer Singapore, Singapore.

Goldratt, E. (1999). *Theory of constraints*, North River Press, Great.

Heinonen, A. & Seppänen, O. (2016). TAKT TIME PLANNING IN CRUISE SHIP CABIN REFURBISHMENT: LESSONS FOR LEAN CONSTRUCTION, Proc. 24th Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction, IGLC, Boston, MA, USA.

Hermes, M. (2015). Prefabrication & Modularization as a Part of Lean Construction - Status Quo in Germany, Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. July 2015, IGLC, Perth. Australia, pp. pp. 235 – 245.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2000). *Tutkimushaastattelu: teemahaastattelun teoria ja käytäntö*, Yliopistopaino.

- Introduction to Pull Planning, Lean Construction Institute, verkkosivu. Saatavilla (viitattu 17.1.2017) <http://leanconstruction.org/media/docs/deliveryGuide/Appendix7.pdf>.
- Junnonen, J. (2010). Talonrakennushankkeen tuotannonhallinta, Helsinki, 148 p.
- Juntunen, J. (2015). Big Room suunnittelun ohjauksen työkaluna, Master of Science, Tampereen teknillinen yliopisto, 73 p.
- Kankaanpää, T. (2016). Yleisimmät suunnitelmapuutteet ja niiden vaikutukset korjausrakentamisessa, Insinööriyö, Metropolia AMK, 41 p.
- Kemmer, S., Koskela, L. & Nykänen, V. (2013). Towards a lean model for production management of refurbishment projects.
- Kerosuo, H., Mäki, T. & Korpela, J. (2013). Knotworking-A novel BIM-based collaboration practice in building design projects, Proceedings of the 5th International Conference on Construction Engineering and Project Management ICCEPM, 9 – 11, January 2013.
- Kivistö, G. & Ohlsson, H. (2013). Expanding Lean into Transportation Infrastructure Construction, Master of Science Thesis in the Quality and Operations Management Programme.
- Koga, J., Waldron, C. & Shoemaker, D. (2016). Engaging Front Line Team Members to Improve Workflow, Chicago, Lean Construction Institute, Presentation for the 18th annual LCI Congress, 33 p.
- Koskela, L. (1992). Application of the New Production Philosophy to construction, 72, CIFE, Stanford University, CA.
- Koskela, L. (2000). An exploration towards a production theory and its application to construction; Tuotannon teorian hahmottelu ja sen soveltaminen rakentamiseen, construction managementproductiondesigntheoryutilizationthesis. Saatavilla (viitattu 10.8.2017) <http://urn.fi/urn:nbn:fi:tkk-001187> [urn].
- Koskela, L. & Koskenvesa, A. (2003). Last Planner -tuotannonohjaus rakennustyömaalla, VTT Tiedotteita 2197, VTT, Espoo, 106 p.
- Koskela, L., Bølviken, T. & Rooke, J. (2013). Which are the wastes of construction? Proceedings for the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction. pp. 3 – 12.
- Kruus, M. & Kiiras, J. (2008). Suunnittelun ohjaus SUKE-mallissa, Rakennustieto Oy, Helsinki, verkkosivu. Saatavilla (viitattu 3.6.2017) <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK070203.pdf>.
- Kruus, M., Kiiras, J., Raveala, J., Saari, A. & Salmikivi, T. (2006). SUKE–Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa, Gummerus kirjapaino Oy, Helsinki. Rakennustieto Oy.
- Liker, J.K. (2004). The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer, McGraw-Hill, New York, xxii, 330 sivua p.

- Lindgren, M. (2016). Suunnittelun virtauttaminen, 8.12.2016, LCI Finland, Helsinki, pp. 26.
- Lindholm, M. & Junnonen, J. (2012). *Infrahankkeen tuotannonhallinta*, Helsinki: Suomen Rakennusmedia Oy.
- Lindstedt, L., Kärki, A., Palmu, T. & Junnonen, J. (2011). Teollisten korjausrakentamismenetelmien konseptointi, Aalto-yliopiston julkaisusarja TIEDE + TEKNOLOGIA 20/2011 Unigrafia Oy, Helsinki. Aalto-yliopiston Rakennustekniikan laitos. Rakentamistalous, 78 p.
- Macomber, H., Howell, G.A. & Reed, D. (2005). Managing promises with the last planner system: closing in on uninterrupted flow, 13th International Group for Lean Construction Conference: Proceedings, International Group on Lean Construction, pp. 13.
- Mattila, E. (2016). *Teolliset korjausrakentamismenetelmät*, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 116 p.
- Merikallio, L. & Haapasalo, H. (2009). Projektituotantojärjestelmän strategiset kehittämiskohdeet kiinteistö- ja rakennusallalla, Rakennusteollisuus Yhteisraportti.
- Mitropoulos, P. & Howell, G.A. (2002). Renovation projects: Design process problems and improvement mechanisms, *Journal of Management in Engineering*, Vol. 18(4), pp. 179 – 185.
- Modig, N. & Åhlström, P. (2012). This is lean: Resolving the efficiency paradox, *Rheologica*.
- Rain-teematyöpaja 3.3, LCI-Finland, verkkosivu. Saatavilla (viitattu 15.8.2017) http://lci.fi/wp-content/uploads/2016/05/RAIN-teematy%C3%B6paja-3_3.pdf
- Ratamäki, H. (2015). Moduulirakentaminen säästää aikaa ja rahaa Tampereen Rantatunnelissa, LCI-Finland, verkkosivu. Saatavilla (viitattu 3.1.2017) <http://lci.fi/blog/tuloskortti/moduulirakentaminen/>.
- Ristola, K. (2017). Aliurakoitsijoiden sitouttaminen rakentamisen projektiallianssiin, Master of Science, Tampereen teknillinen yliopisto, 55 p.
- Saarinen, S. (2016) Putkiremontti vasta kun vuodot herättävät, *Rakennustaito*, verkkosivu. Saatavilla (viitattu 3.7.2017) <http://rakennustaito.fi/mesta/putkiremontti-vasta-vuodot-herattavat/>.
- Sacks, R. (2014). BIM and Lean Construction - Can BIM remove waste from construction processes? Tekla European BIM Forum 2014, 13. - 14.2.2014, Berlin, pp. 66.
- Salminen, J. (2016). Tuotannon virtautus ja nopeutettu korjaaminen - Teoriaa, kokemuksia ja oppeja, 8.12.2016, LCI Finland, Helsinki, pp. 10.
- Soto, L. (2007). *Construction Design as a Process for Flow: Applying Lean Principles to Construction Design*, Master of Science, Massachusetts institute of Technology.
- Takim, R. & Akintoye, A. (2002). Performance indicators for successful construction project performance. 18th Annual ARCOM Conference (Vol. 2., pp. 545-555).

Toikkanen, S. & Kiiras, J. (1994). Toistuvan korjaustyön suunnittelu ja ohjaus, Teknillinen korkeakoulu, Rakentamistalouden laboratorio, 63 p.

Törnroos, N. (2014). Location-based planning as a production optimization technique in linear heavy construction, Master of Science, Aalto yliopisto, 124 p.

von Heyl, J. (2015). Lean simulation in road construction: teaching of basic lean principals, Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. July 2015, IGLC, Perth. Australia, pp. pp. 403 – 412.

Vuorio, V. (2016). Linjasaneerauksen pullonkaulat, Master of Science, Tampereen teknillinen yliopisto, 79 p.

Womack, J.P. & Jones, D.T. (2003). Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation, Simon and Schuster.

LIITE 1: HAASTATELTAVAT JA HEIDÄN EDUSTAMANSÄ NÄKÖKULMAT

Yritys	Toimenkuva
Granlund	Osastonjohtaja, sähkö
Granlund	Osastonjohtaja, LVI
Insinööritoimisto Leo Maaskola	Toimitusjohtaja
Sweco	Liiketoiminta-alueen johtaja
Ramboll	Kehitysjohtaja
Ramboll	Liiketoiminnan kehitysjohtaja
Consti	Kehitysjohtaja
Consti	Laatu- ja kehityspäällikkö
Fira Palvelut	Kehitysjohtaja
Fira	Työpäällikkö
Lemminkäinen Infra	Työpäällikkö
Lemminkäinen Infra	Kehitysjohtaja
SRV	Projekti-insinööri
YIT	Kehitysjohtaja

LIITE 2: HAASTATTELULOMAKE

- Perustiedot haastateltavasta: kuka olet ja mitä teet?
- Määrittymiset virtautukselle; mitä se on ja mitä ei?

Aiempi tausta:

- Millaisissa hankkeissa virtauttamista on kokeiltu?
- Kuinka pitkälle virtaututusta on viety erilaisissa hankkeissa?
 - Yksittäisiä pilotteja
 - Yleisempi tapa toimia
 - Alalla jo yleisesti käytössä
- Mitkä ovat ensiaskeleet virtautuksen käyttöönotossa?

Nykytila:

- Haastattelun tavoitteena on selvittää virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja kokemukset toteutetun tai toteutuksen alla olevien case-hankkeiden avulla. Alustavan suunnitelman mukaan caseihin liittyy hankkeisiin laadittujen tuotantosuunnitelmien analysointi ja haastattelu. Haastattelu toteutetaan teemahaastatteluna, eli melko joustavana keskusteluna ennalta määritettyyn teemaan (rakennushankkeen virtauttaminen) liittyen. Haastattelussa haastateltava kertoo oman näkemyksensä ja kokemuksensa tarkasteltavien case-hankkeiden virtauttamiseen liittyen.
- Missä osissa tuotantoa/suunnittelua virtauttamista on kokeiltu tai tehdään yleisemmin? Suunnitelmia näihin liittyen? (Soveltuu esim. rakennushankkeen koko prosessin läpiviemiseen, toistuvien työvaiheiden tuotantoon, loppudokumentation työstämiseen, tarjousvaiheen läpimenoajan lyhentämiseen, suunnitteluprosesseihin jne.)
 - Tuotannon suunnittelu
 - Tehtävien toteutus
 - Logistiikka
 - Oma porukka/aliurakoitsijat?
- Millaisia konkreettisia toimenpiteitä jonkin tuotannon/suunnittelun osan virtauttamiseksi on tehty?

- Kuinka virttaamisen kokeilut ovat menneet?
 - Onnistumisia
 - Epäonnistumisia
 - Miksi näin?

- Onko hankkeiden osapuolilta kantautunut korviisi palautetta tai kommentteja virtauttamiseen liittyen?
 - Miten työmaalla / suunnittelussa on otettu virtauttaminen vastaan?
 - Onko ollut vastarintaa?
 - Miten työmaahenkilöitä / suunnittelijoita on motivoitu asiassa?

- Onko hankkeen virtauttamisesta ollut mielestäsi (muiden mielestä) hyötyä? Missä asioissa on tullut onnistumisia?

- Onko virtauttamisen toteuttamisessa tai sen seurauksena ilmennyt haasteita tai ongelmia? Miten näitä on ratkaistu?

- Urakkamuodon merkitys virtauttamiseen liittyen?

Tulevaisuus:

- Millaiset tavoitteet alalla/yrityksessäsi on virtauttamiseen liittyen?

- Mitä pitäisi kehittää virtauttamisen näkökulmasta?

- Ajatuksia miltä tulevaisuuden virtautettu toiminta näyttää?

Tampereen teknillinen yliopisto
PL 527
33101 Tampere

Tampere University of Technology
P.O.B. 527
FI-33101 Tampere, Finland

ISBN 978-952-15-4081-3 (painettu)
ISBN 978-952-15-4082-0 (PDF)
ISSN 2489-5717