

LAPPEENRANNAN TEKNILLINEN YLIOPISTO

LUT School of Business and Management

Tuotantotalouden koulutusohjelma

**ASUNTORAKENTAMISEN VAKIOIDUT TEKNISET RATKAISUT
RAKENNETTAVUUDEN JA KUSTANNUSTEHOKKUUDEN
VARMISTAMISEKSI SUUNNITTELUNOHJAUKSESSA**

Työn tarkastajat:

Professori Timo Kärri

Yliopisto-opettaja Tiina Sinkkonen

Ohjaaja:

Diplomi-insinööri Ilkka Romo

Helsingissä 18.04.2016

Pasi Hämäläinen

TIIVISTELMÄ

Tekijä: Pasi Hämäläinen

Työn nimi: Asuntorakentamisen vakioidut tekniset ratkaisut rakennettavuuden ja kustannustehokkuuden varmistamiseksi suunnittelunohjauksessa

Vuosi: 2016

Paikka: Helsinki

Diplomityö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tuotantotalous.

81 sivua ja 17 kuvaa

Tarkastajat: Professori Timo Kärri ja yliopisto-opettaja Tiina Sinkkonen

Hakusanat: suunnittelunohjaus, rakennettavuus, vakiointi, kustannustehokkuus, asuntorakentaminen

Keywords: design management, constructability, standardization, pre-engineering

Rakennushankkeen suunnitteluvaiheen ratkaisut määrittävät merkittävästi hankkeen laatua, aikataulutusta ja kustannustasoa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää teknisten suunnittelualustojen ja vakioinnin käytön nykytilaa sekä kustannusvaikutuksia kohdeyrityksessä. Kirjallisuustutkimuksessa suunnittelualustat nähtiin työkaluna vakioinnin lisäämiseen suunnittelu-prosessissa ja hyvänä keinona suunnittelijoiden ohjaamiseksi.

Työ on tutkimusmenetelmiltään laadullinen tapaustutkimus, jossa teknisten ratkaisuiden vakiointipotentialia ja kustannustehokkuutta tutkittiin kolmessa erityyppisessä rakenneratkaisussa. Kohdeyrityksen kustannustiedon ja asiantuntija haastattelujen avulla vertailut rakenteet oli ilmastointi-konehuone, kylpyhuone ja parveke-elementti.

Tutkimuksen keskeisissä tuloksissa suunnittelualustan ratkaisuiden käyttö kohdeyrityksessä on varsin säännönmukaista ja valvottua alustan käytön integroitua osaksi suunnitteluprosessia. Vakioinnin ja esivalmistusasteen lisääminen tarjoaa potentiaalia parantaa rakennettavuutta ja laatua. Vakioinnin mahdollistama sarjavalmistuksen tehokkaampi hyödyntäminen ja vakioinnin volyymiedut ovat potentiaalinen keino alentaa yksikkökustannuksia. Vakioinnin ja esivalmistuksen aikataulu- ja kustannusvaikutus on merkittävä tuotannon aikasidonnaisten kustannusten pienentyessä ja pääoman käytön tehostuessa.

ABSTRACT

Author: Pasi Hämäläinen

Subject: Standardized technical solutions in design management process of residential construction - view of constructability and cost-effectiveness

Year: 2016

Place: Helsinki

Master's Thesis. Lappeenranta University of Technology, Industrial Engineering and Management.

81 pages and 17 figures

Supervisors: Professor Timo Kärri and University Lecturer Tiina Sinkkonen

Keywords: design management, constructability, standardization, pre-engineering

The aim of the thesis was to find out what is the current state of using technical design platforms and standardization in the company. Second research question was the cost impact of using technical design platforms and standardization. The literature review introduces key theories of technical design platforms, standardization and design management process. The conclusion of the literature review is that it's important to integrate technical design platforms as part of design process. Design platforms are also important equipment in design management and help communicating with the designers.

The aim of the second part was to evaluate cost-effectiveness of three different parts of structure built with different methods. These parts were air conditioning machine room, bathroom and balcony element. Using standardized structures effectively requires the integration of the solutions as part of the design platforms and design process. Increasing standardization results in better quality, more efficient schedule and decreased amount of disturbances.

Standardization and potential of mass production is important when trying to find solutions to cut unit costs. Standardization and prefabrication enables lower time-dependent production costs as schedules can be tightened. Shorter production time also makes use of working capital more efficient.

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tausta ja tavoitteet.....	7
1.2	Tutkimuskysymykset ja rajaukset	9
1.3	Menetelmät ja aineisto.....	10
1.4	Raportin rakenne	11
2	VAKIOINTIMENETELMÄT JA VAKIOINNIN TOTEUTUMINEN	13
2.1	Vakiointimenetelmät rakennusteollisuudessa	13
2.2	Tekniset suunnittelualustat suunnitteluprosessin pohjana.....	16
2.3	Esivalmistus ja tuotteistaminen rakennusalalla	18
2.4	Vakioinnin toteutuminen kohteissa	21
2.5	Hankinnat ja toimittajayhteistyö.....	22
3	VAKIONNIN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET.....	24
3.1	Vakioinnin vaikutus hankkeen tehokkuuteen ja taloudellisuuteen	24
3.2	Rakennuskustannusten hallinta suunnitteluvaiheessa	26
3.3	Käyttöpääoman käytön tehokkuus	33
3.4	Aikataulun tehokkuus	35
3.5	Rakentaminen ja takuutyöt	38
4	RAKENNEOSIEN VAKIOINTIPOTENTIAALI	41
4.1	Vakioitavien rakenneosien kustannusmallinnus ja vaihtoehtojen vertaaminen.....	41
4.2	Case: kylpyhuone-elementti	43
4.3	Case: parveke-elementti	50
4.4	Case: ilmanvaihtokonehuone-elementti	53
4.5	Case-tutkimuksen tulokset.....	58

4.5.1	Kylpyhuone	59
4.5.2	Parveke-elementti	59
4.5.3	Ilmastointikonehuone	61
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET	63
5.1	Tulosten tarkastelu.....	63
5.2	Tutkimusmenetelmän arviointi ja tulosten luotettavuus.....	67
5.3	Jatkotoimenpiteet ja suositukset.....	69
6	YHTEENVETO	72
	LÄHTEET	75

KUVALUETTELO

Kuva 1. Rakennuskustannusten nousu Tilastokeskuksen mukaan vuosina 2005-2015 (mukaiillen Tilastokeskus 2015).....	8
Kuva 2. Input-output kaavio työnrakenteesta	12
Kuva 3. Suunnitteluprosessi kohdeyrityksessä (Skanska, s.7)	13
Kuva 4. Projektin onnistumisen osatekijät (Chan & Chan 2004).....	24
Kuva 5. Rakennusprojektin vaiheet ja kustannusten määräytyminen (mukaiillen Hendrickson & Tung 1989, Skanska).....	27
Kuva 6. Rakennuskustannusten muodostuminen rakennuttajan näkökulmasta (Eloranta 2014)	28
Kuva 7. Laadun ja kustannusten välinen yhteys suunnitelmien kehityksessä (RT 10-10387).....	30
Kuva 8. Vakioinnin hyödyn mittaus	41
Kuva 9. Paikalla rakennetun kylpyhuoneen valmistusprosessin vaiheet.....	44
Kuva 10 Kylpyhuoneen rakennekustannukset paikalla tehtäessä	45
Kuva 11. Talotekniikkaurakoiden asuntokohtaiset kustannukset.....	46
Kuva 12. Parveke-elementit Tekla Tructures mallissa. (Tekla)	51
Kuva 13. Parvekkeen hankintakustannus elementtityypeittäin	52
Kuva 14. Ilmastointikonehuoneen leikkauskuva tietomallista (Skanska)	54
Kuva 15. Vesikattotyön aikataulu As Oy Espoon Iisin työmaalla ilmastointikonehuone-elementtiä käytettäessä.	56
Kuva 16. Ilmanvaihtokonehuoneen toteutusratkaisujen kustannusvertailu	57
Kuva 17. Case-tutkimuksen tulosten yhteenveto.....	58

1 JOHDANTO

1.1 Tausta ja tavoitteet

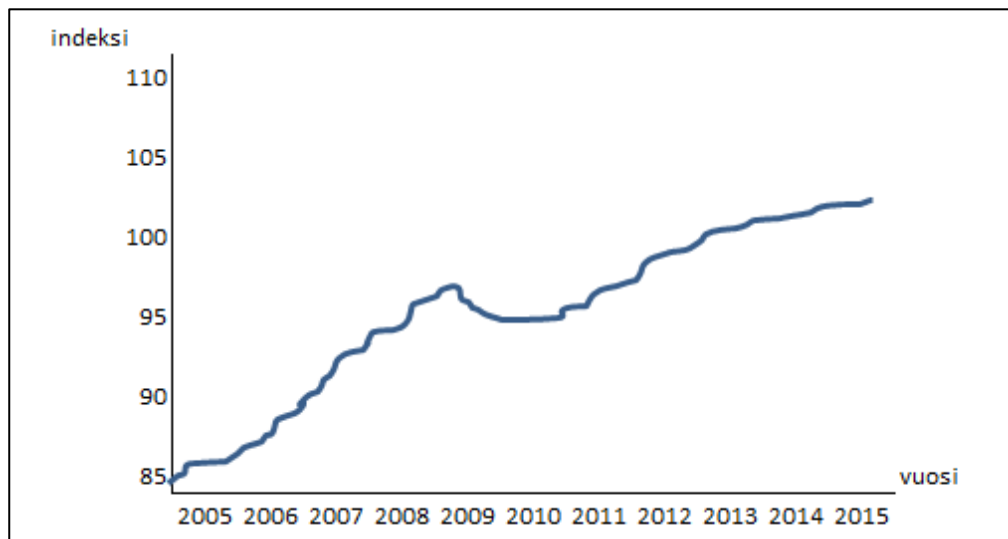
Rakennusyrityksissä Suomessa ja kansainvälisesti on nähty potentiaalia omaperustaisessa asuntotuotannossa ja urakointimalleissa, joissa rakentamisen lisäksi suunnittelu kuuluu rakentajalle. Näin suunnittelua pystytään ohjaamaan ja varmistamaan rakentamisen kannalta hyvät suunnitelmat. (Gibb 2001, s. 308, Jensen et al. 2012) Perinteisessä kilpailu-urakoinnissa rakentaja ei pysty vaikuttamaan suunnitteluun ja potentiaalia osaamisen, parhaiden toimintatapojen ja työmaateknisten ratkaisuiden hyödyntämiseen ei saada hyödynnettyä. Suunnittelun ohjauksen projektikohtaisen vaihtelevuuden johdosta monissa yrityksessä on päätetty lisätä suunnittelualustojen hyödyntämistä suunnittelijoiden ohjauksen apuvälineinä.

Suunnittelunohjauksen prosessin yhtenäistäminen, sekä vakioitujen suunnitteluratkaisujen käytön lisääminen nähdään mahdollisuutena parantaa rakentamisen kannattavuutta vähentämällä suunnitteluvirheiden tai suunnitelmiin tulleiden muutosten seurauksena syntyvien lisä- ja muutostöiden tarvetta. Haasteena on vakioratkaisujen tehokas integrointi käytännön suunnitteluprosessiin, sillä suunnittelualustojen tarkoitus on toimia pohjana ja ohjaavana työkaluna suunnittelussa antaen suunnittelijalle hyviä vakioratkaisuja suunnittelun pohjaksi. Vakioituilla ratkaisuilla voidaan hallita rakentamisen kustannuksia nykyistä paremmin.

Vakioinnin käytön lisääminen asuntorakentamisen suunnittelussa on nähty yhdeksi tärkeäksi strategiseksi kehityskohteeksi asuntorakentamisessa. Syitä vakioinnin kiinnostavuuteen voidaan nähdä rakentamisen laatukseskustelussa ja sen aiheuttamassa laadun kehittämistoimissa, sekä taloudellisen kilpailukyvyyn kehittämisessä. Suunnitelmien parantuminen vaikuttaa myös rakentamisen laatuun positiivisesti. Suunnitteluvaiheessa parhaat edellytykset kannattavuuden

kehittämiseen rakennettavuuden ja taloudellisuuden varmistamisella ja tällöin saavutetaan toteutuskelpoiset ja vaatimuksen mukaiset suunnitelmat.

Yritystoiminnassa toimialaan katsomatta pyritään kehittämään tehokkuutta poistamalla hukkaa, lyhentämällä läpimenoaikoja sekä parantamalla ja vakioimalla prosesseja. Toimintaa kehitetään mm. Lean-menetelmien avulla, joita sovelletaan menestyksekkäästi ympäri maailmaa monissa palvelu-, ja tuotantoympäristössä. Menetelmien avulla pyritään parempaan järjestelmällisyyteen, työturvallisuuteen, laatuun, ajallaan toimittamiseen, voittoon ja työntekijöiden sitoutumiseen. Asioiden ja toimintojen vakioiminen eli standardoiminen taas mahdollistaa toiminnan ylläpidon ja jatkuvan parantamisen (Productivity 1996, s. 98).



Kuva 1. Rakennuskustannusten nousu Tilastokeskuksen mukaan vuosina 2005-2015 (mukaiillen Tilastokeskus 2015).

Yhtenä merkittävänä tekijänä aiheen kiinnostavuuteen sekä tieteellisesti, että käytännössä on rakennuskustannusten jatkuva kasvaminen ja rakennusalan yritysten heikko tuottavuus suhteessa muiden alojen toimijoihin. Tämä näkyy noin 20 % kustannusten kasvuna viimeisen kymmenen vuoden aikana kuvassa 1. Tilastokeskuksen keräämästä aineistosta. Kustannusten kasvu on yleistä tulotason kasvua nopeampaa, jolloin kiinnostus hallita kustannuksia on lisääntynyt yritysten pyrkiessä tarjota kohtuuhintaista asumista. Toimialan tuottavuus sen sijaan on

pysynyt viime vuosikymmenet samalla tasolla kehittymättä käytännössä juuri lainkaan. (Tilastokeskus 2012) Vakiointia rakennusalalla on tutkittu kansainvälisesti etenkin 2000-luvulla helpottamaan tiukkoja aikataulu- ja kustannustavoitteita. Pohjoismaisista yliopistopisto tutkimusta aihepiiristä on tehty etenkin Tanskassa ja Ruotsissa yhteistyössä suurimpien rakennusalan yritysten kanssa. (Jansson et al., Thuesen & Hvam)

1.2 Tutkimuskysymykset ja rajaukset

Työssä tutkitaan vakioinnin tarjoamia mahdollisuuksia kannattavuuden kehittämiseksi. Suunnittelualustojen kehittäminen ja päivittäminen nähdään yhdeksi osaksi kannattavuuden parantamista. Tällä työllä haetaan osana suunnittelualustojen sisällön kehittämistä tietoa suunnittelualustojen ratkaisujen kustannuseroista, käytöstä ja käytön taloudellisista vaikutuksista. Lisäksi vakioitujen ratkaisuiden puolueeton tutkiminen on tärkeää vakioratkaisuiden käytön lisäämiseksi.

Työn ensisijaiset tutkimuskysymykset ovat:

1. *Mikä on suunnittelualustojen ja vakioinnin nykytila sekä kustannusvaikutukset?*
 - a. *Mistä kustannustehokkuus muodostuu?*
 - b. *Miten vakiointi toteutuu erityyppisissä kohteissa?*
2. *Mitkä vakioitavat rakennusosat ovat kaikkein potentiaalisimpia kustannusnäkökulmasta ja mitä niille pitäisi tehdä?*

Tutkimuksessa case-esimerkkeinä verrataan kolmea erityyppistä rakenneosaa:

Kylpyhuone-elementti ratkaisuja

Parveke-elementti ratkaisuja

Iv-konehuone-elementti ratkaisuja

Työ on rajattu tarkastelemaan asiaa taloudellisesta näkökulmasta, jolloin työssä vakioinnin sisällön kehittämiseen kuuluvat tekniseen toteutukseen liittyvät seikat ja tietomallinnus käsitellään vain välttämättömältä osalta. Työ tarkastelee aihetta tuotannon näkökulmasta näin ollen asunnonostajan saamaan asumiskokemukseen tai suunnittelijan esteettisiin näkökulmiin työ ei ota kantaa, vaikka erityisesti asiakkaiden kokemilla arvoilla on huomattavia taloudellisia ja myyntiin vaikuttavia merkityksiä erityisesti asuntorakentamisessa. Työssä aiheen käsittely on rajattuna asuntorakentamisen uudistuotantoon.

1.3 Menetelmät ja aineisto

Työn tutkimusmenetelmiä ovat kirjallisuustutkimus, kustannusmallinnus ja haastattelututkimus. Kirjallisuustutkimuksella käsitellään tutkimusongelmaa yleisemmällä tasolla ja etsitään pohjatiedot haastattelututkimuksen ja mallinnuksen taustaksi. Työ selvittää suunnittelualustojen ja vakioinnin käytön nykytilaa ja kustannusvaikutuksia yleisellä tasolla kirjallisuustutkimuksella, jonka aineistona toimivat aiheesta tehdyt tutkimukset, artikkelit ja kirjallisuus. Haastattelujen avulla saatavalla syvällisemmällä tiedoilla vakioinnin vaikutuksista kohdeyrityksessä voidaan paremmin ja kriittisemmin arvioida mm. kustannusmallinnuksessa saatavien tulosten oikeellisuutta.

Vakioinnin toteutumista voidaan myös arvioida case-tutkimuksen esimerkkien avulla saatavasta tapauskohtaisesta tiedosta ja tietoa täydennetään haastatteluin. Tapaustutkimuksen esimerkit on valittu niin että ne edustavat kolmea erityyppistä tapausta, joiden rakentamiseen on markkinoilla tarjolla erityyppisiä toteutusratkaisuja sekä esivalmistettuna että paikalla rakentaen. Case-esimerkkien kustannusmallinnusten data perustuu kohdeyrityksen kustannusdataan vuodelta 2015.

Teemahaastattelut nähdään tehokkaana tapana saada kvalitatiivista ja syvällistä tietoa tutkittavana olevasta aiheesta (Hirsjärvi & Hurme 2006, s.48). Tyypillisesti teemahaastattelujen uskotaan soveltuvat hyvin kvalitatiivisen tiedon keräämiseen,

mikä on tärkeää riittävän tarkan ja eritellyn laatukustannustiedon puuttuessa (Tampereen teknillinen yliopisto). Tarkoin kohdistettuna sopiviin alan asiantuntijoihin saadaan pienellä määrällä haastatteluja tukea kustannusmallinnuksen tuloksille ja tietoa tutkittavan aihepiirin nykytilasta yrityksessä. Työn haastattelut ovat teemahaastatteluja, jotka ovat puolistrukturoituja haastatteluita eli kysymysten muotoa ja järjestystä ei ole tarkkaan määritelty. Haastatteluiden yhteys toisiinsa on sama aihepiiri ja kysymysten samankaltaisuus, mutta muuten kysymyksillä haastattelua ohjattiin haastateltavan mukaan heidän omalle asiantuntemusalueelle aihepiiristä.

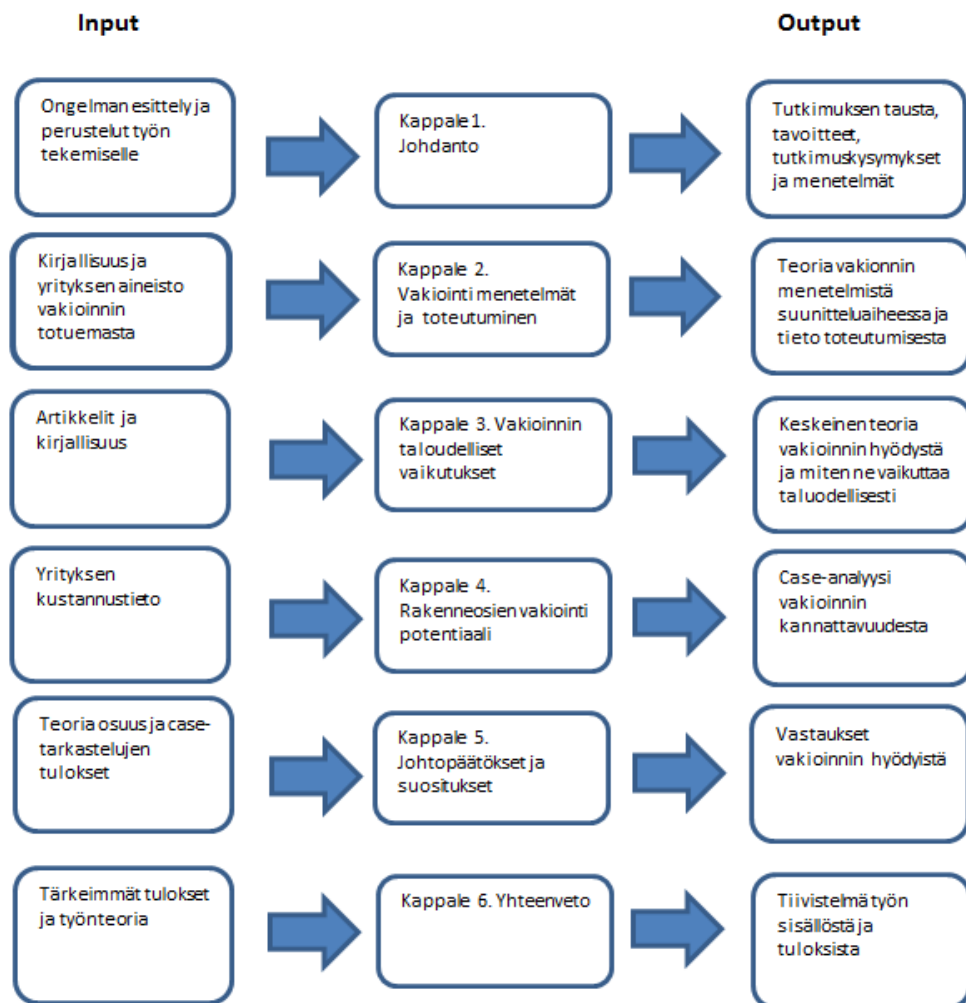
Kustannusmallinnuksella selvitetään siis vaihtoehtojen potentiaalia kohdeyrityksen tarjoamasta kustannusdatasta. Näin mahdollisia vakionnin hyötyjä voidaan tarkastella käytännön tasolla. Kustannusmallinnuksen tuloksia täydennetään teemahaastatteluin saadun tiedon perusteella. Kustannuksia mallintamalla analysoidaan vakioinnin kannattavuutta rakennusosatasolla yrityksen olemassa olevan kustannusdatan avulla ja luodaan vertailulaskelmien pohjaksi Excel-laskentapohja, jolla vastaavia tarkasteluja voidaan jatkossa toteuttaa pienemmällä vaivalla. Työn raporttiosassa käsitellään kustannusmallinnuksen tuloksia ja johtopäätöksiä ilman tarkkoja kustannuslukuja luottamuksellisen tutkimusaineiston johdosta.

1.4 Raportin rakenne

Työnrakenne koostuu kuudesta kappaleesta. Kappaleessa 1. Johdanto selvennetään työtaustaa ja tavoitteita. Lisäksi kappale sisältää työn tutkimuskysymyksien ja tutkimusmenetelmien kuvauksen. Kappale 2. Vakiointi menetelmät ja toteutuminen esittelee vakioinnin työkaluja alan kirjallisuuden ja artikkeleiden pohjalta. Lisäksi kappaleessa käsitellään yrityksen tämän hetkinen tilanne vakioinnin suhteen.

Kappale 3. Vakioinnin taloudelliset vaatimukset sisältävät työn teoreettisen osuuden vakioinnin kustannusvaikutuksesta suunnittelussa

kustannustehokkuuden, sidotunpääoman käytön ja aikataulutehokkuuden näkökulmista. Kappaleessa tutkimuksen kannalta keskeisin teoria on kasattu työn empiirisen osuuden pohjatedoksi. Kappale 4. Rakenneosien vakiointi potentiaali tutkitaan kolmea erityyppistä rakenneosaa vakioinnin kustannusvaikutusten osalta. Tutkittavat rakenteet ovat kylpyhuone, parveke ja ilmastointikonehuone. Kappale 5. Johtopäätökset ja suositukset sisältävät työn keskeisimmät päätelmät ja suositukset Kappale 6. Yhteenveto sisältää tiivistelmän työnsisällöstä ja tuloksista

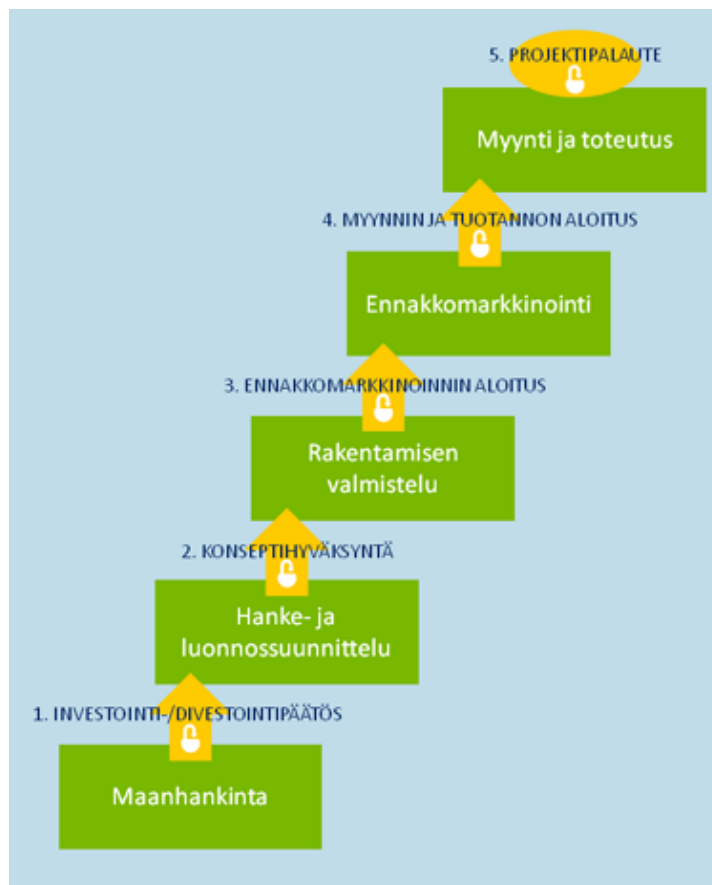


Kuva 2. Input-output kaavio työnrakenteesta

2 VAKIOINTIMENETELMÄT JA VAKIOINNIN TOTEUTUMINEN

2.1 Vakiointimenetelmät rakennusteollisuudessa

Rakennushankkeen suunnittelu kohdeyrityksessä on viisiportainen prosessi kuvan 3. mukaisesti. Prosessi alkaa maanhankinnalla, joka investointina sitoo yrityksen pääomaa merkittävästi suunnittelu- ja rakentamisvaiheiden ajaksi. Maanhankinnan jälkeen käynnistyy hanke- ja luonnossuunnitteluvaihe, jossa luodaan toiminnallisesti, teknisesti, taloudellisesti ja esteettisesti asiakkaita tyydyttävä tuote hankitun maa-alueen ja kaavamääräysten pohjalta. Hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa hankkeen kehittämiseksi ja vakioinnin hyödyntämiselle on parhaat mahdollisuudet ja näin vakioidut ratkaisut saadaan hyödynnettyä hankkeen toteutussuunnittelussa ja rakentamisessa. (Skanska, s.7)



Kuva 3. Suunnitteluprosessi kohdeyrityksessä (Skanska, s.7)

Asuntorakentamisessa kannattavuuden parantaminen on ollut yksi viimevuosien kehityskohteista koko toimialalla. Keinoja kannattavuuden lisäämiseen suunnitteluprosessissa on esimerkiksi vakioiminen ja tietomallipohjainen suunnittelu. Vakioinnin lisäämiseksi rakennusalalla on rakentajien ja rakennustuoteteollisuuden yhteinen päämäärä, jolla kaikki osapuolet pyrkivät parantamaan kannattavuutta ja toiminnan tehokkuutta. Vakioinnista saatavien hyötyjen realisoinniksi rakennusyriyksissä pyritään lisäämään tuotteistusta, esivalmistamista ja suunnitelmien samankaltaisuutta.

Hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa suunnittelunohjauksen suurimmat haasteet on viestiä suunnittelijoille millaista tuotetta yritys haluaa asiakkaille tarjota. Tässä työssä käsiteltävät suunnittelualustat ja vakioidut suunnitteluratkaisut helpottavat projektin vetäjiä ja mahdollistavat hankkeen suunnittelijoille selkeämmät lähtökohdat työn aloittamiseen. Tällöin suunnitteluresursseja voidaan kohdentaa enemmän kohteen vaatimaan erikoissuunnitteluun. Rakennusprojektien suunnittelussa ja tuotannossa on paljon samankaltaisuutta ja toistuvuutta, mutta toisaalta tuotteet ovat yksilöityjä tilaajan tarpeista, suunnittelijoista, tekijöistä ja määräysten muutoksista johtuen eri projekteissa. Näin samankaltaisuutta ei ole saatu hyödynnettyä parempana tehokkuutena (Thuesen & Hvam, 2011, s.346, Eloranta 2014).

Rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa päätetty kustannustaso, tekniset ratkaisut ja laatu määrittävät pitkälti hankkeen toteutusvaiheen ratkaisut. Lessingin (2006, s.393-394) mukaan vakioratkaisuiden hyödyntämisessä rakennusalalla on pyritty edistämään:

- suunnitteleamalla ja kontrolloimalla suunnittelu- ja valmistusprosesseja
- lisäämällä rakennustuotteiden ja rakennusosien esivalmistusta
- kehittämällä teknisiä ratkaisuja mm. tekniset suunnittelualustat ja detaljikirjastot
- integroimalla logistiikka osaksi rakennusprosessia
- lisäämällä ict-ohjelmistojen hyödyntämistä suunnittelussa

- solmimalla pidempiä yhteistyösopimuksia tilaajien ja toimittajien kanssa
- systemaattisella suorituskyvyn mittaamisella ja osaamisen jakamisella

Suomessa rakentamisen laatua ja tuottavuutta kritisoidaan, sillä rakennusalalla tuottavuus ei ole juurikaan kehittynyt parin viime vuosikymmenten aikana (Koskenvesa 2011, s.59, Hanninen 2015, s.18-20). Paikalla rakentamisessa ja esivalmistettuja elementtejä käytettäessä rakentamisen laatua ja tuottavuutta heikentää monesti hankalat ja vaihtelevat työmaaolosuhteet. Elementtirakentamisen tuotteistamisella on jo pitkät perinteet rakennusteollisuudessa, mutta samankaltaista esivalmistuksen ja teollisen valmistamisen hyödyntämistä ei muiden rakenneosien kohdalla ole käytössä (Kotilainen & Hedman 2015, s.28). Toimintatapojen vaihtelusta ja rakennushankkeiden ainutlaatuisuudesta johtuen onnistumisia on vaikea toistaa ja toimintaa parantaa. (Koskela 1992, s.4)

Toistuvuuden puutteeseen hankkeiden välillä ratkaisu olisi standardisoinnin lisääminen suunnittelussa ja toteutuksessa, mutta tällöin tulee varmistaa standardoitujen tuotteiden täyttävän asiakkaiden tarpeet ja vakioitujen ratkaisuiden tulisi tarvittaessa joustaa asiakkaita kohtaan. Hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheissa tulisi tällöin pystyä varmistamaan parhaat suunnittelukäytännöt laadun, hinnan, ajan ja tekijöiden ammattitaidon suhteen (Gao & Low 2013, s.12). Saurinin & Gonzalezin (2013) mukaan standardoitua valmistusta on kun valmistusprosessi on dokumentoitu ja työntekijät suorittaa prosessin vaiheet mahdollisimman yhdenmukaisesti. Standardointi ei tarkoita ettei työntekijät saa parantaa menetelmiä vaan heitä kannustetaan parantamaan ja kehittämään standardisoituja menetelmiä parhaiksi mahdollisiksi. (Gao & Low 2013, s.12)

Käytännöissä Koskelan (1992, s.4-6) mukaan rakennushankkeiden teollistaminen on monimutkaista ja haavoittuvaa johtuen rakennustyön suorittamisesta sekä tehtaalla esivalmistamalla komponentteja että työmaalla. Tämä johtaa siihen että tuotantoprosesseissa vaaditaan teollista valmistusta suurempaa joustavuutta.

Tällöin edellytetään myös suurempaa yhteistyötä suunnittelijoiden ja esivalmistettujen rakennustuotteiden valmistajien puolelta, jotta työmaalla tehtävä osuus sujuu häiriöttä ja lopputuloksesta tuulee laadukas ja virheetön.

Yhtenä merkittävänä ratkaisuna laadun parantamiseen ja tehokkuuden kasvattamiseen on esitetty esivalmistuksen lisäämistä, mutta sen on myös todettu aiheuttavan haasteita suunnitelmien yhteensovittamisessa. Esivalmistuksessa valmistusolosuhteet voidaan vakioda hyväksi ja tällöin voidaan poistaa mm. sään aiheuttamat ongelmat, sillä kosteuden hallinnalla on suurimerkitys rakentamisen laatuun. Lisäksi esimerkiksi puukerrostalorakentaminen on aikaansaanut rakennusteollisuuteen uutta kiinnostusta kehittää mm. tilaelementtirakentamista helpottamaan työmaavalmistamisen ongelmia ja tehostamaan toimintaa. Tilaelementtirakentaminen tarkoittaa esivalmistettujen kolmiulotteisten rakennuksen tilakappaleiden hyödyntämistä tuotannossa. (Kotilainen & Hedman 2015, s.28). Esivalmistuksen hyötyjen realisointi edellyttää suunnittelun onnistumista, jotta esivalmisteiset komponentit saadaan häiriöttömästi yhdistettyä kokonaisuudeksi työmaalla.

2.2 Tekniset suunnittelualustat suunnitteluprosessin pohjana

Asiakas vaatimuksiin vastaamiseksi ja teknisten ratkaisuiden kustannustehokkuuden, sekä valmistuksen joustavuuden varmistamiseksi monet suuremmat rakennusyrietykset ovat kehittäneet teknisiä suunnittelualustoja rakennussuunnittelun pohjaksi (Jansson 2010, s.1-2). Suunnittelualustoilla yritys voi hyötyä suunnitteluratkaisuiden standardoinnista, sekä yhden mukaistaa suunnitteluprosessia ja näin saada mittakaavaetuja hankinnoissa (Thuesen & Hvam 2011, s.352-353).

Aiemmissa tutkimuksissa on nähty suunnittelualustojen parantavan suunnitelmien yhteensopivuutta ja suunnittelualustojen käytön avulla voidaan kehittää tuotteita haluttuun suuntaan yrityksen omien strategisten päätösten ja osaamisen mukaisesti. Suunnittelualustat ovat hyviä ja helposti ymmärrettäviä dokumentteja

ulkopuolisten konsulttien ja suunnittelijoiden kanssa toimiessa. Rakentamisessa suunnittelijat vaihtuvat lähes joka hankkeessa ja tällöin suunnittelualustat toimivat tehokkaana pohjana suunnittelijoille, jotta he ymmärtävät millaista tuotetta yritys haluaa asiakkailleen tarjota (Jansson et al. 2013, s.94-98).

Tekniset suunnittelualustat sisältävät ohjeita rakennusosien detaljeista ja valmistusprosesseista. Suunnittelualustaa tulisi hyödyntää suunnitteluvaiheessa siten, että hankkeen perustana ovat suunnittelualustan ratkaisut. Tällä tavoin saavutetaan suunnitteluratkaisuiden tuotekehityksen edut, sekä varmistetaan parhaat ja sopivimmat ratkaisut tuotannon ja logististen prosessien kannalta. Lisäksi tällöin varmistetaan hyvä kommunikaatio hankkeen eri osapuolten välillä käytettävistä suunnitteluratkaisuista (Jansson et al. 2013, s.97-98, Lessing 2006, s.384).

Suunnittelualustan eri komponenttien muuttaminen vakioitujen ratkaisuiden mahdollisuuksissa mahdollistaa erilaisten lopputuotteiden tuottamisen samoin peruseriaattein. Näin varmistetaan tuotteiden sopivuus yhtiön tuotannolle ja tuotteen potentiaali vastata asiakaskysyntään. Vakioidut ratkaisut mahdollistaa eri tavaran toimittajien ja urakoitsijoiden käytön, mutta varmistaa tuotteen sopivuuden yrityksen laatuvaatimuksiin ja teknisiin ratkaisuihin. Suunnittelualustassa on tärkeää huomioida joustavuus standardoinnin ja asiakas vaatimusten välillä, sillä asiakkaiden kysyntään vastaamiseksi tulee voida muokata tuotetta asiakastarpeen mukaiseksi (Thusen & Hvam. 2011, s.341).

Suunnittelualustan komponenttien käytöllä tulisi pystyä minimoimaan suunnitteluongelmat, suunnitelmien ristiriitaisuudet ja erikoissuunnittelun määrä niin että suunnitteluvaiheen tehokkuus lisääntyisi. Suunnittelualustat on keino saavuttaa kompromissi vakioinnin ja yksilöllisyyden välillä. On tärkeää että vakioikomponenttien käyttö mahdollistaa riittävän yksilöllisyyden ja jokaisesta rakennushankkeesta tulee näin ainutlaatuinen. Vakioidun ratkaisun tulisi olla hyvä ja toteutuskelpoinen ratkaisu ja se tulisi suorittaa samalla tavalla riippumatta siitä kuka hoitaa sen. (Jansson et al. 2013, s.91).

Teknisten suunnittelualustojen tulisi perustua yhtiön tuotantoprosesseihin ja näin vakioitujen ratkaisuiden käytöllä voidaan tukea tuotantoa ja parantaa rakennettavuutta. Suunnittelualustojen käyttö tekee koko suunnitteluprosessista vakioidumpaa ja näin mahdollistaa sekä suunnitelmien teknisten ratkaisuiden, että suunnitteluprosessin kehittämisen (Lessing 2006, s.386). Perinteiset hankkeittain vaihtelevat uniikit suunnitteluratkaisut ovat tehneet ratkaisuiden ja toiminnan kehittämisen hyvin hankalaksi. Suunnittelualustan käytön integroiminen osaksi suunnitteluprosessia on hyvä tapa ohjata suunnitelmien sisältöä ja teknisten suunnitteluratkaisuiden totutetusta tuotannon kannalta edulliseen suuntaan ja mahdollistaa teknisten ratkaisuiden kehittämisen vastaamaan ääneneristys-, energiatehokkuus- ja esteettömyysmääräyksiä.

Suunnitelmien virheettömyys, suunnitelmien taloudellisuus ja suunnittelun oikea aikaisuus ovat merkittävimmät suunnittelunohjakselle asetetut tavoitteet ja päämäärät. Suunnittelunohjausvaiheessa on siis tärkeää varmistaa suunnitelmien laadukkuus, sillä suunnitteluvirheet aiheuttavat aina kustannuksia ja aikatauluongelmia työmaalla. Suunnittelualustojen ratkaisulla ja kohdekohtaisilla ohjeilla suunnittelijoita voidaan ohjata käyttämään kustannuksiltaan ja valmistusmenetelmältään haluttuja ratkaisuita. Suunnitelmien oikea-aikaisuus taas on edellytys häiriöttömälle tuotannolle, joten suunnittelu-aikataulujen valvonta on suunnittelunohjausvaiheessa suuressa merkityksessä. (RT 10-11107 2012)

2.3 Esivalmistus ja tuotteistaminen rakennusalalla

Rakennusalalla tuotteistaminen ja vakiointi eivät ole muun teollisen tuotannon kanssa samalla tasolla johtuen pitkälti mm. uniikeista lopputuotteista. Rakennusalalla valmistusmenetelmät ovat vaihtelevia ja useita valinnan varaisia. Lisäksi tuotanto tapahtuu samanaikaisesti hajautetusti useissa tuotantopaikoissa, joissa tuotanto-organisaatiot, aliurakoitsijat ja suunnittelijat vaihtuvat. Tuotantomenetelmien, tuotteiden ja tekijöiden vaihtuvuus rakennusalalla tekee vakioimisesta haastavaa ja vaikeuttaa tehokkaiden toimintatapojen integroimista

kaikkien projektien tarpeisiin ja kaikkiin tuotantopaikkoihin (Thusen ja Hvam 2011, s.340).

Osasta asuntotuotantoa on muodostunut vakioidumpaa ja kustannustehokkaampaa tuotantoa, joka on suunniteltu kuluttajille joiden prioriteetti on asunnon edullisuus. Tämän tyyppisessä vakioidussa tuotannossa mahdollisuus asukkaiden valintoihin ja muutostöihin on karsittu minimiin. Vakioituja asuntotuotteita edustaa mm. Skanskan BoKlok-konsepti, jossa asiakkaille tarjotaan vakioitua ja kustannustehokasta valmista vaihtoehtoa. BoKlok-projektien vakioidut suunnitelmat, vakioidut materiaalit ja vakioidut tuotantoprosessit mahdollistavat projektin edullisemman toteutuksen suhteessa perinteiseen asuntotuotantoon. (Patokoski 2012).

Teknisten suunnittelualustojen pohjalta suunnitellut hankkeet ovat vakiointiasteelta keskitasoa. Näissä käytetään vakioitua tuoterakennetta, jota muokataan tilauksesta. Rakennus-, rakenne- ja talotekninen suunnittelu pohjautuvat yrityksen teknisiin suunnitteluratkaisuihin suunnittelualustan mukaan, mutta niissä mahdollistetaan tilaajan ja suunnittelijoiden vaikutusmahdollisuudet suunnittelualustan ratkaisuiden valinnoilla. Lisäksi monissa hankkeissa mahdollistetaan ostajan tekemät muutokset ja materiaalivalinnat. Kohteissa mm. materiaalit ja varusteet pohjautuu yrityksen vakioituun mallistoon, mutta asukasmuutoksena mahdollistetaan lisähintaiset muutostyöt. (Jansson et al. 2013, s. 93).

Tavanomainen rakennustuotanto edustaa vähiten vakioitua tuoteryhmää vain normien ja asetusten määrittäessä hankkeen suunnittelua, mutta muuten tuote suunnitellaan tilaajan tarpeiden mukaisesti. Hankkeen suunnitteluvaiheessa suunnitelmien läpikäyminen ja yhteensovittaminen suunnittelukokouksissa vaatii runsaasti aikaa ja työtä. Tyypillisesti esimerkiksi urakkatuotanto tilaajan suunnitelmilla on rakentajalle haasteellista, sillä suunnitelmiin ei päästä vaikuttamaan suunnitteluprosessin aikana ja näin olleen suunnitelmien

rakennettavuus ja teknisten ratkaisuiden toimivuus ei välttämättä sovellu urakoitsijan tuotantotekniikkaan parhaalla mahdollisella tavalla.

Teollisessa tuotannossa tuotteistaminen, modulointi ja massaräätälöinti liittyvät merkittävästi tuotannon vakiointiin. Tuotteistuksella voidaan säädellä valmistuksen kustannustasoa ja saavuttaa massatuotannon etuja. Asuntorakentamisessa rakentajien on pyrittävä vastaamaan asunnon ostajien vaatimukseen mahdollisimman laajasti samalla tuotannon tehokkuudesta huolehtien. Massaräätälöinnillä voidaan tuottaa tuotekokonaisuus, joka tuotannon tehokkuuden huomioiden kattaa asiakkaiden tarpeet mahdollisimman laajasti. Massakustomoinnissa pohjana on perustuote, joka on jokaisessa tuotekokonaisuudessa samankaltainen. Massakustomoinnissa tuote räätälöidään asiakkaan tarpeiden mukaisesti säilyttäen osa tuotannosta tehokkaana massatuotantona. Massakustomoinnin menetelmät toimivat rakennusalan vakioinnin perustana. (Thuesen & Hvam 2011 s. 341 Williams 2003 s.4)

Rakennusosatasolla vakiointia on jo pitkään hyödynnetty mm. elementtirakentamisessa. Betonielementtirakenteet ovat merkittävimpiä tuotteistettuja rakenneosia jo 1960-luvulta lähtien asuntotuotannossa. Elementtirakentamisen yleistymisen myötä on pystytty tuottamaan rakennuksia tehokkaasti ja edullisesti perustuen työn parempaan tuttavuuteen ja pienempiin työmenekkeihin työmaalla (Hytönen & Seppänen 2009, s.11). Elementtirakentamisen etuja ovat tehokkaalla työmaatoiminnalla saavutettava rakennusajan lyhentyminen ja siitä saatava hyöty työmaan yleis- ja käyttökustannusten pienentymisenä.

Esivalmistuksen lisääntyessä suunnittelun ja suunnitelmien yhteensovittamisen rooli korostuu. Tilaelementtiratkaisuiden käyttö vaatii usein päätöksen toteutustavasta jo luonnossuunnitteluvaiheessa elementtirakentamisen vaatimusten huomioimiseksi toteutussuunnittelussa. Nykyaikainen elementtirakentaminen tarkoittaa yhä esivalmisteisempia ratkaisuita perinteisemmän elementtirunkorakentamisen lisäksi, kuten valmistilaelementit mm. kylpyhuone-

elementti ja ilmastointikonehuoneet. Lisäksi talotekniikka-asennuksia tehostetaan talotekniikkaelementeillä ja näin pyritään hakemaan ratkaisuita toteuttaa asennukset nopeasti ja vähemmällä työllä. Kaikki nämä mahdollistaa entistä teollisemman toteutuksen rakennuskohteessa, mutta myös asettaa vaatimuksia suunnittelijoille, toimittajille ja alihankkijoille, joiden tulee pystyä huomioimaan kohteen suunnitteluratkaisuiden vaatimukset. (Betoniteollisuus Ry 2010)

Teollisella rakentamistavalla varmistetaan hallitut tuotanto-olosuhteet, tehokkaampi valmistustekniikka ja tehostetaan materiaalien käyttöä tehtaassa ja näin mahdollistetaan parempi laadunvalvonta ja tehokkaampi tuotanto. Tällöin teollisesti valmistettu rakennusosa voidaan toimittaa kohteeseen laadukkaampana ja asentaa paikoilleen. Teollinen rakennusosien tuotanto perustuu usein standardisoiuihin järjestelmiin ja tuotteisiin, joiden yhteen sovittaminen työmaalla on nopeaa ja tehokasta. Parhaiten tuotteistettuja rakennusosia ovat betoniset runkorakenteet, joissa käytetään julkisivuelementtejä, väliseinäelementtejä, pilareita, palkkeja, parvekkeita ja ontelolaattoja. Betoniteollisuus Ry:n (2010) mukaan noin 74 % vuonna 2008 rakennetuista asuintalojen runkorakenteista oli betonielenettirakenteisia.

2.4 Vakioinnin toteutuminen kohteissa

Vakioinnin käyttöä valvotaan osana kohdeyrityksen suunnittelunohjausprosessia suunnittelun yhteensopivuutta suunnittelualustan ratkaisuihin vertaamalla. Tarkastuksessa varmistetaan suunnittelualustan ratkaisuiden päätyminen toteutussuunnitelmiin. Ennen hankkeen markkinoinnin aloittamista ja suunnittelun alkuvaiheessa kohdeyrityksessä hanketta käsitellään ohjausryhmäkäsittelyssä. Tällöin hankkeen projektipäällikkö esittelee hankkeen ja hakee hyväksynnän jatkamiselle. Ohjausryhmässä hanke saa kommentteja ja kehitysideoita ohjausryhmältä. Tässä yhteydessä tarkastetaan suunnittelun yhteensopivuuslista, jolla tarkastetaan noudattaako hankkeen suunnitelmat suunnittelualustan

ratkaisuja ja näin valvotaan suunnittelualustan mukaisten ratkaisuiden käyttöä. (Skanska, s.7)

Hankesuunnitteluvaiheessa valittavat vakioidut varustelutasot ovat hyvin käytössä omaperustaisessa asuntotuotannossa. Vakioidut varustelutasot määrittää hankkeen varusteiden laatutason ja lisäksi ohjaa kustannussuunnittelua halutunlaiseen laatuun ja lopputulokseen. Varustetason vakioiminen mahdollistaa laadultaan vakioidun tuotteen tarjoamisten asiakkaille.

Vakiointi ja suunnittelualustan ratkaisuiden toteuttaminen ei ole aina kannattavaa, vaan vakioinnin kannattavuuteen vaikuttaa rakennettavan kohteen maantieteellinen sijainti. Pitkät toimitusetäisyydet heikentää teollisesti valmistettujen rakennustuotteiden kannattavuutta paikalla rakentamiseen nähden. Tuotteiden toimitusvarmuus on kustannustehokkuuden lisäksi toinen merkittävä tekijä, joka tulee huomioida vakioitujen ratkaisujen käytössä. Esivalmistettujen rakennustuotteiden valmistajien vähäinen kilpailu Suomen markkinoilla ei mahdollista välttämättä riittävää toimitusvarmuutta vakioitujen rakennustuotteiden osalta. Ongelmia saattaa esiintyä volyymin merkittävästi kasvaessa, jolloin osassa kohteista tulee käyttää paikalla valmistamista toimitusongelmien varmistamiseksi. Teknisten suunnittelualustojen ratkaisuiden toteuttaminen vaatii suunnitteluvaiheessa tehtävien päätösten lisäksi suunnitelmien totutuskelpoisuuden varmistamisen mm. tilaelementtiratkaisuissa saatavuus ja hankintahinta tulisi vaikuttaa ratkaisuiden käyttöön jo suunnitteluvaiheessa.

2.5 Hankinnat ja toimittajayhteistyö

Toiminnan vakioimisen kannalta myös materiaalitoimittajien vakioiminen ja toimittajayhteistyö mahdollistaa toiminnan kehittämisen yhdessä aliurakoitsijoiden ja tavarantoimittajien kanssa. Rakennushanke koostuu kymmenistä eri osapuolista, jolloin toiminnan kehittäminen vain päätoteuttajan kohdalla mahdollistaa vain pienen osan parantamisen. Tavarantoimittajien ja alihankkijoiden kanssa tehtävä toiminnan kehittäminen vaatii pidempää

yhteistyötä, jotta molemmat osapuolet hyötyvät toiminnan kehittämisestä. (Lessingin 2006, s.393-394).

Hankintatoimen tehokkuuteen ja hankintojen kannattavuuteen voidaan vaikuttaa jo projektin suunnitteluvaiheessa. Suunnitelmien ohjaaminen hankintakustannusten kannalta edulliseen suuntaan onnistuu lisäämällä toistuvuutta ja käyttämällä samanlaisia ratkaisuja useissa kohteissa. Näin hankinnoista vastaavat voivat kilpailuttaa hankinnat suurempina kokonaisuuksina ja saada hintaneuvotteluissa mittakaavaetuja suuremmasta hankintavolyymista. Lessingin (2006) mukaan toimittajayhteistyö on osa siirtymistä teollisempaan rakennustuotantoon.

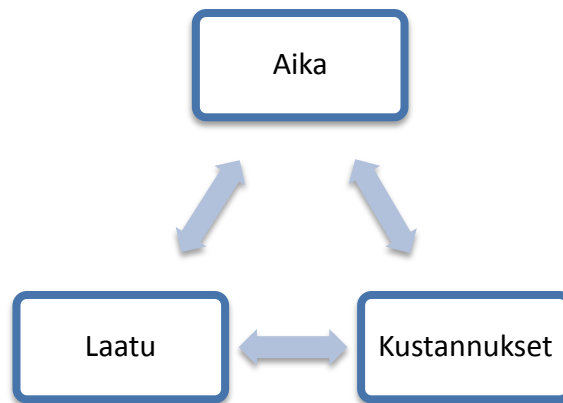
Toimittajan kannalta tasaisempi kysyntä ja suurempi volyymi lisäävät ostajan kiinnostavuutta ja tämä tarjoaa ostajalle pieniä hajautettuja hankintoja paremman neuvotteluaseman. Esivalmistusasteen nostaminen ja suurempien kokonaisuuksien hankkiminen vähentää hankintojen lukumäärää ja mahdollistaa paremman ajankäytön suurempien hankintakokonaisuuksien valmisteluun. Esivalmistaminen ja teollinen tuotanto parantavat mahdollisuuksia myös kansainvälisten toimittajien käyttöön paikalla rakentamista joustavammin.

Esivalmistettujen rakennusosien käyttöä Suomessa on rajoittanut toimittajien vähäinen määrä ja näiden suuri markkina-asema. Hankintamahdollisuuksien lisääntyminen myös kansainvälisillä markkinoilla mahdollistaa hankintojen paremman kilpailutuksen ja siitä saatavat kustannussäästöt. Toimitusvarmuus on yksi tärkeimmistä tavarantoimittajille asetetuista vaatimuksista. Toimitusten tärkeys kasvaa esivalmistuksen myötä, jolloin toimituksen myöhästyminen on merkittävä häiriö. Esivalmistuksen lisääntyessä toimitusvarmuuden varmistaminen on oleellista, sillä tällä hetkellä Suomen rakennustuotemarkkinoilla on rajallisesti toimittajia ja kysynnän vaihtelut rakennusteollisuudessa suhdannevaihtelujen seurauksena merkittäviä.

3 VAKIONNIN TALOUDELLISET VAIKUTUKSET

3.1 Vakioinnin vaikutus hankkeen tehokkuuteen ja taloudellisuuteen

Talonrakennushankkeen taloudelliseen kannattavuuteen voidaan vaikuttaa vaikuttamalla hankkeen kustannuksiin suunnitteluvaiheessa, rakennuskustannuksiin, hankkeen rakennusaikaan ja hankkeen takuutyökustannuksiin. Yleisesti projektin onnistumiseen liitetään kolme osatekijää kuvan 4. mukaisesti aika, kustannukset ja laatu riippumatta tarkastelijan näkökulmasta. Osatekijät ovat kaikki toisistaan riippuvaisia, kuten vaikka laadun kasvattaminen vaikuttaa rakennusaikaan pidentävästi ja kustannuksiin negatiivisesti (Chan & Chan 2004).



Kuva 4. Projektin onnistumisen osatekijät (Chan & Chan 2004)

Osatekijöistä aikaan voidaan vaikuttaa hankkeen suunnittelu- ja rakentamisvaiheissa vaikuttamalla projektinvaiheiden keston. Suunnittelunkeston negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä on suunnitelmien kompleksisuus ja erikoissuunnittelun määrä, sekä suunnittelukierrosten ja suunnittelunohjauksen tarve. Suunnittelun keston positiivisesti voidaan vaikuttaa vakioitujen ratkaisuiden hyödyntämisellä, suunnittelualustoilla ja toistuvuudella. Hankkeen rakennusaikaan vaikuttavia tekijöitä suunnitteluvaiheessa on suunnitelmien virheettömyys, suunnitelmien oikea-aikaisuus ja suunnitelmien rakennettavuus.

Suunnitelmien virheettömyys ja oikeellisuus on myös laadun kannalta keskeisiä tekijöitä. Suunnitelmien laadun mittaaminen on osatekijöistä haastavinta, sillä laatutekijöiden arvostaminen vaihtelee eri osapuolien kohdalla. Arkkitehtuuria ja estetiikkaa voidaan pitää suunnittelussa yhtäläillä tärkeänä kuin rakennettavuutta ja kustannustehokkuutta. Laatutekijöiden arvostaminen vaihtelee osapuolien kohdalla ja suunnittelun haasteena on yhdistää osapuolten näkemykset hyväksi kompromissiksi.

Vakioinnin volyymiedut mahdollistavat yksikkökustannusten alenemisen ja sarjavalmistus mahdollisuuden monien nimikkeiden kohdalla. Vakioinnin hyödyt lisääntyvät suurien hankintavolyymien myötä etenkin bulkinimikkeiden kohdalla, joiden tuotannossa toimittaja hyötyy toistuvuudesta ja vakioiduista detaljeista. Vakioitujen nimikkeiden kohdalla voidaan solmia kattavampia sopimuksia toimittajien kanssa ja varmistaa kilpailukykyisempi hankintahinta.

Valmistuksessa vakioinnin ansiosta tapahtuva oppimiskäyrä-ilmiö lisää materiaalitoimittajien ja rakentajien tuotannon tehokkuutta sillä samanlaisuus mahdollistaa toimintatapojen kehittämisen ja tehostamisen. Vakioitujen ratkaisuiden tuottaminen suuressa volyymissa aiheuttaa tehokkuuden nousua ja näin yksikkökustannuksia laskevia volyymietuja saavutetaan valmistuksessa. Oppimiskäyrä-ilmiöllä tarkoitetaan volyymin kasvamisesta johtuvaa toiminnantehostumista, jolloin esimerkiksi 80 % oppikäyrällä valmistusvolyymin kaksinkertaistuessa valmistuskustannukset putoavat 20 % alkuperäisestä. (Pedersen & Slepnirov 2016, s.42)

Vakioinnin hyödyntäminen vaatii usein tehokkaampaa sarjavalmistusta yksittäisen ja uniikkien tuotteiden sijaan, mikä on tyypillistä mm. betonielementtiteollisuudessa. Samalla tavalla sarjatyöllä ja samanlaisuudella voidaan nostaa muidenkin rakennusosien tuotannon tehokkuutta, mutta muiden rakenteiden kohdalla monesti valmistusratkaisuiden vaihtavuus ja vähäinen monistettavuus estävät sarjavalmistusta.

3.2 Rakennuskustannusten hallinta suunnitteluvaiheessa

Rakennusteollisuudessa on haettu vuosikymmenten ajan keinoja lisätä tuottavuutta ja vähentää rakennuskustannuksia mm. esivalmisteluasteiden nostamisella ja elementtirakentamisella. Tällöin kustannussäästöjä pyritään saavuttamaan rakennusajan nopeutuksella työmaan käyttö- ja yleiskustannuksista. Nykyään kaikki suuremmat rakennusyhtiön käyttävät suunnittelun lähtökohtana jonkinlaista suunnittelualustaa, jolla varmistetaan suunnitteluratkaisujen soveltuvuus yrityksen liiketoimintaan ja saadaan hyödynnettyä vakioitujen ratkaisuiden hyötyjä. (Lessing et al. 2015, s. 289)

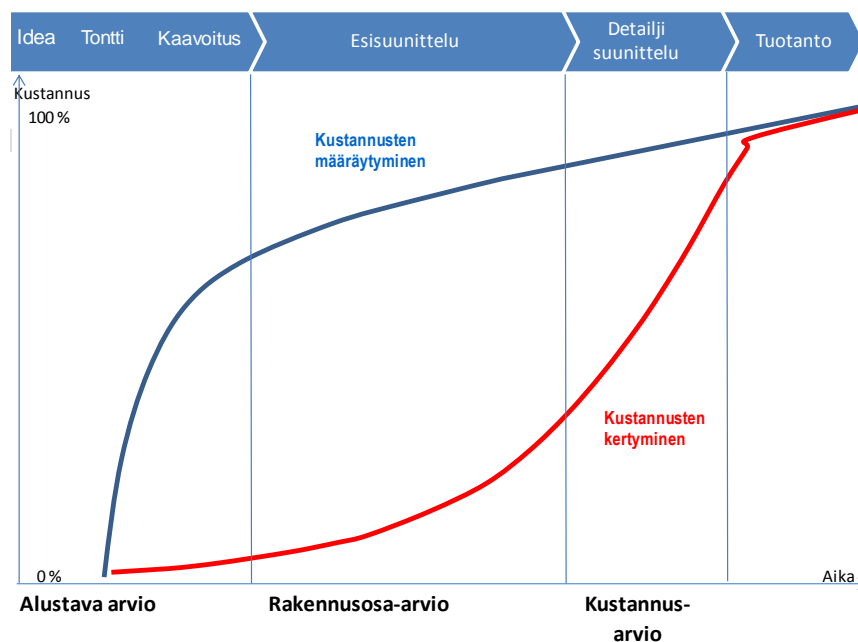
Omaperustainen asuntotuotanto tarjoaa mahdollisuuden yrityksille hyödyntää suunnittelunohjauksen potentiaalia kustannustehokkuuden, laadun ja rakennettavuuden varmistamiseen. Omaperusteisessa tuotannossa myös rakentaja voi vaikuttaa suunnitelmiin suunnittelunohjausprosessin aikana tekemällä yhteistyötä suunnittelijoiden ja tilaajan kanssa ja saada heidät hyödyntämään hyviä vakioituja ratkaisuja. Tällöin rakentamisvaihe voidaan toteuttaa tehokkaammin, turvallisemmin ja laadukkaammin ottaen suunnittelussa huomioon taloudellisesti kannattavat vakioidut ratkaisut ja työmaateknisesti hyvät ratkaisut.

Kustannushallinta ja ohjaus mahdollisuudet hankkeen erivaiheissa vaihtelevat suuresti. Kustannuksista noin 80-90 % sidotaan hankkeen alussa, joten kustannusvaikutusmahdollisuudet rakentamisen aikana ovat melko pienet. Hankkeen suunnitteluvaiheessa vaikutusmahdollisuudet rakentamiskustannuksiin on laajat, sillä tällöin voidaan vaikuttaa laajasti hankkeen suunnitteluratkaisuihin, aikataulutukseen ja toteutukseen. Hankkeen määrätietoinen johtaminen kohti laadullisesti ja kustannusteknisesti hyvää ratkaisua jo suunnitteluvaiheessa on siis tärkeää suunnitteluvaiheessa tehtävien päätösten tärkeydestä johtuen. (Hendrickson & Tung 1989)

Rakennusten suunnittelun perustuessa tilaajan tarpeeseen tulee näiden tarpeiden täyttäminen olla suunnittelun tärkein lähtökohta. Tilaajan asettamat rajoitukset

rakennuskustannuksille, materiaaleille ja ratkaisuille on huomioitava suunnittelussa. Vakioinnilla pyritään tuomaan muun teollisuuden tehokkuutta rakennusteollisuuteen, vaikka rakentamisessa jokainen tuote suunnitellaan erikseen. Tällöin keinot vakioinnin toteuttamisessa tulee olla joustavia, jotta menetelmät soveltuisivat mahdollisimman moneen projektiin.

Rakennushankkeen kustannukset eli hankkeen kokonaishinta koostuu rakennuskustannuksista ja tonttikustannuksista. Rakennuskustannukset koostuvat rakennusteknisistä töistä, lvis-töistä, rakennuttajan kustannuksista ja rahoituskuluista. Tonttikustannukset muodostuvat tontin hinnasta tai vuokrasta, lohkomiskustannuksesta, kunnallisteknisistä liittymismaksuista ja mahdollisista alueellisista liittymismaksuista mm. aluepysäköinti, väestönsuoja tai imuputki. (Eloranta 2014, Kiviniemi 1996)

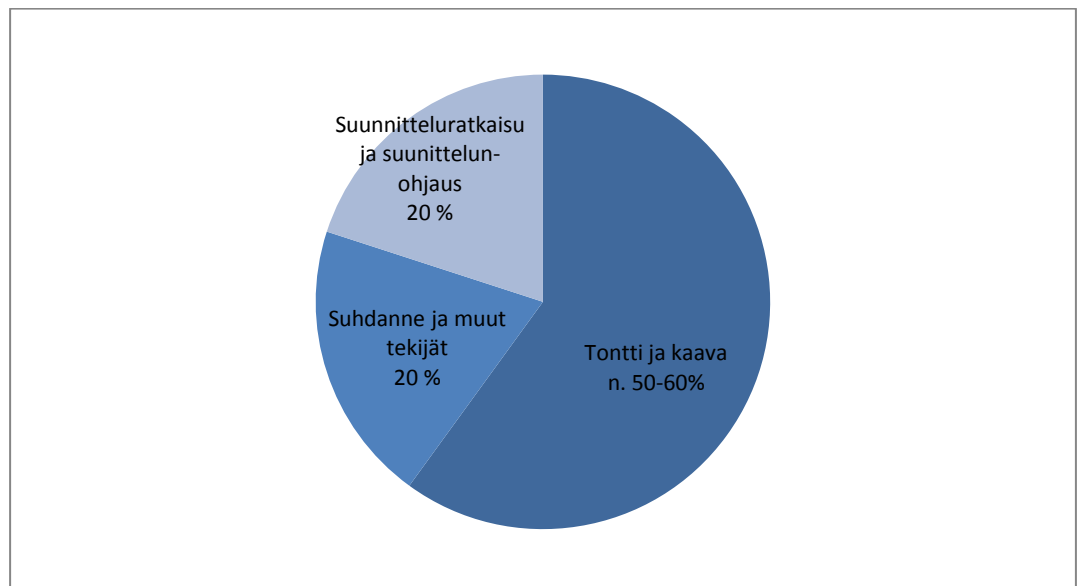


Kuva 5. Rakennusprojektin vaiheet ja kustannusten määräytyminen (mukaillen Hendrickson & Tung 1989, Skanska)

Projektin kustannusohjauksen keinot hankkeen eri vaiheissa on esitetty kuvan 5 alaosassa. Ideointi ja tontin hankintavaiheessa hankekehityksellä ja projektipäälliköllä on alustava arvio toteutettavasta hankkeesta, jonka perusteella

mm. tontti-investointi tehdään. Esisuunnitteluvaiheessa projektipäällikkö laatii alustavia rakennusosa-arvioita hankkeen suunnittelun tueksi ja varmistaakseen suunnitteluratkaisuiden kustannustason. Esisuunnittelun loppuvaiheessa kustannuslaskijat ja projektipäällikkö laativat rakennusosa-arvion. Koko suunnitteluvaiheen loppupuolella projektin toteutussuunnittelun ollessa jo pitkällä laaditaan kustannusarvio. Kustannusarviolla sidotaan rakentamisen kustannukset suunnitellun mukaisiksi, joten suunnitteluvaiheessa kustannusten ohjauksen rooli hankkeen taloudelliseen onnistumiseen on suuri. (Skanska Oy, s.7, Kiviniemi 1996)

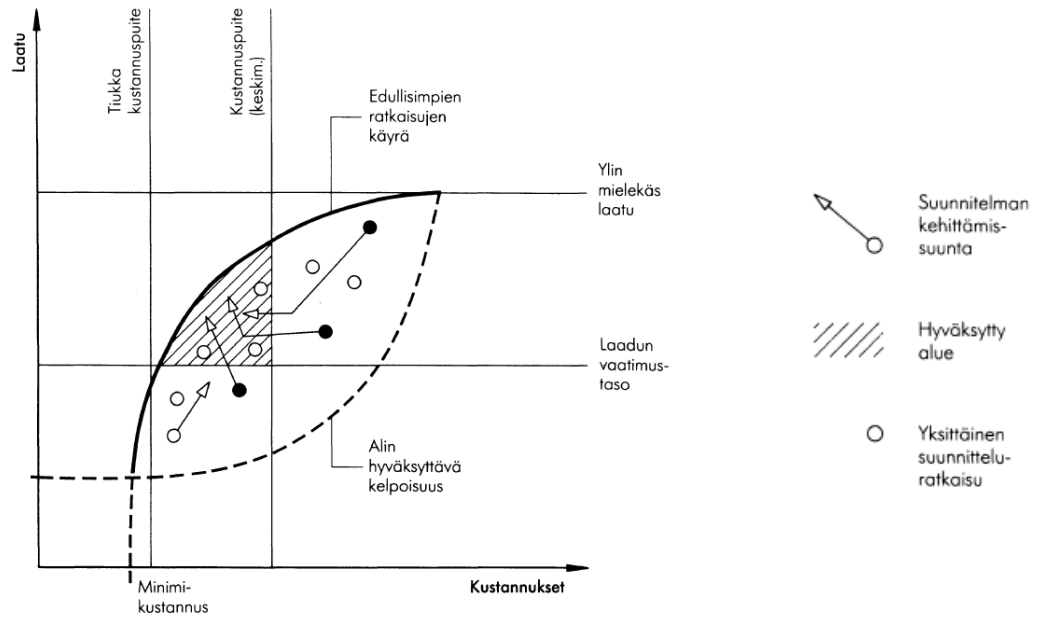
Suunnitteluratkaisuiden ja suunnittelunohjauksen kustannusvaikutukset hankkeen kokonaiskustannuksiin on kuvan 6. mukaisesti noin 20 % hankkeen kokonaiskustannuksista, joten rakentajan kustannusvaikutukset hankkeen lopullisiin kustannuksiin on pieni. Loppuosa hankkeen kustannuksista muodostuu rakentamisen ajankohdan, kaavamääräysten, tontin ja muiden tekijöiden perusteella. Tontti ja kaava mitoittavat hankkeen koon, kerrosluvun ja rakennusoikeuden määrän sekä kaavalla määrätään rakennuksen tyyppi, muoto ja vaatimukset paikoituksesta (Eloranta 2014, Rakli 2015).



Kuva 6. Rakennuskustannusten muodostuminen rakennuttajan näkökulmasta (Eloranta 2014)

Suunnitteluratkaisuiden ja suunnittelunohjauksen suurimmat vaikutusmahdollisuudet kustannuksiin ovat vaikuttaa hankkeen laajuuteen ja tilojen tehokkuuteen eli tilaohjelmaan. Tällöin asuntohankkeessa on mahdollista tarkastella asuntoalan määrän suhdetta yleisiin tiloihin ja pyrkiä maksimoimaan myytävä pinta-ala. Asuntojen keskipinta-ala ja yleiset tilat tulee olla asuntomarkkinoiden ja potentiaalisten käyttäjien tarpeiden mukaiseksi suunniteltuja myytävyyden varmistamiseksi. Tilankäytön tehokkuutta tulee tarkastella suunnittelunohjausvaiheessa tehokkuuslukujen kautta ja tarkastelemalla porrassyötön tehokkuutta. Suunnitteluratkaisuiden ja suunnittelunohjauksen yksi keskeisiä tehtäviä on materiaali ja varustelutason määrittäminen hankkeelle sopivaksi ja kustannustehokkaaksi. (Eloranta 2014, Skanska).

Tontti ja kaava määräävät pitkälle rakentamiskustannuksia. Tontin perustamisolosuhteet määrittävät pitkälti perustamistavan ja pohjarakentamisen kustannukset, joilla voi olla suurivaikutus hankkeen kustannuksiin. Rakennusoikeuden määrä määrittää hankkeen koon ja myös paikoituksella on merkittävä kustannusvaikutus, sillä paikoituksen maanpäällinen järjestäminen ei monessakaan tapauksessa ole mahdollista kaupunkialueella. Tällöin ratkaisuna on rakenteellinen paikoitus, jolloin kustannukset moninkertaistuvat (Eloranta 2014, Rakli 2015). Kaavamääräykset määrittävät mm. talotyypin, rakennusalat, ulkoseinäateriaalin, runkomateriaalin, kerrosmäärän ja kattomuodon. Kaava määräykset määrittää vahvasti millainen hankkeesta tulee ja näin kaava on tärkeä rakennussuunnittelun lähtökohta (Rakli 2015).



Kuva 7. Laadun ja kustannusten välinen yhteys suunnitelmien kehityksessä (RT 10-10387)

Suunnitelmien kehittäminen vastaamaan tilaajan tarvetta, varmistamaan tuotannon onnistuminen ja rakennettavuus sekä suunnitelmien oikea kustannustaso ovat suunnittelunohjauksen tavoitteita. Suunnitelmien kustannuksia pyritään ohjaamaan haluttuun lopputulokseen, että suunnitelmilla varmistetaan haluttu laatutaso ja suunnitelmien mukainen toteutus on taloudellisesti mahdollinen. Ehdotus- ja luonnossuunnitteluvaiheissa suunnitelmia pyritään ohjaamaan kuvan 7. mukaisesti kustannuksiltaan ja laadultaan oikealle välille (kuvassa raidoitettu alue). Suunnitelmien laatutason varmistaminen on rakennuksen toteutus- ja takuutyökustannusten kannalta merkittävää, sillä suunnitteluratkaisut määrittävät lopputuloksen ratkaisuiden kustannukset ja laadun. (RT 10-10387)

Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään hankkeen laajuus ja sen perusteella laaditaan tavoitteet kustannuksista suunnitteluvaiheen lähtökohdaksi. Hankesuunnittelussa taloudelliset lähtökohdat määritetään kohteen koon yms. suurien linjojen suhteen. Hankesuunnitteluvaihe on koko hankkeen kustannuksien kannalta merkittävin, sillä hankkeen tavoitehinta ja budjetti luodaan tässä vaiheessa rakennussuunnittelun lähtökohdaksi. (RT 10-10387, s. 23)

Hankesuunnitteluvaiheessa määriteltävän hankeohjelman ja laajuuden määräytyminen tilaajan tarpeiden mukaan on hankkeen tilaajan kannalta merkittävä vaihe, jotta hankkeen onnistuminen varmistetaan ja hankkeelle asetetut tavoitteet täytyvät. Hankesuunnitteluvaiheessa ja etenkin rakennussuunnitteluvaiheessa pitää huomioida hankkeen tilaajan asettamat vaatimukset hankkeen kestolle tai valmistumiselle, sillä nämä tulee huomioida hankkeen toteutusratkaisuja suunnitellessa. (RT 10-10387, s.23).

Rakennussuunnitteluvaiheessa ehdotus- ja luonnossuunnittelun avulla pyritään hakemaan parhaat suunnitteluratkaisut hankkeen toteuttamiseksi. Ehdotus- ja luonnossuunnittelun avulla pyritään määrittämään tilaajan tarpeiden, laatutason ja kustannusten mukainen suunnitteluratkaisu. Kustannuksia ohjataan laatimalla luonnosten perusteella alustavia rakennusosa-arvioita. Kustannuksia ohjataan tämän jälkeen vaihtoehtolaskelmin kohti laadultaan ja kustannuksiltaan sopivaa toteutusratkaisua. Suunnitelmien on täytettävä vaadittu laatutaso, mutta suunnitteluratkaisuiden hinta tulee pysyä säädetyn kustannustason alapuolella.

Ehdotus ja luonnossuunnitteluvaiheessa on hyvät mahdollisuudet ohjata suunnittelua käyttämään vakioituja suunnitteluratkaisuita ja parantaa rakentamisen tehokkuutta kehittämällä suunnitelmia rakennettavuudeltaan paremmiksi (RT 10-10387 s.23, Kiviniemi 1996). Hankkeen laajuutta tarkastellaan nettoalaa ja bruttoalaa vertaamalla ja pyritään saamaan suunnitelmista tilankäytöltä tehokkaita. Esimerkiksi asuntokohteissa maksimoidaan asuntopinta-alat ja minimoidaan asunnon ulkopuoliset yleiset tilat niin, että tilaajan kannalta tuottava asuntoala olisi mahdollisimman suuri. Hankkeen työpiirustusten perusteella rakennussuunnitteluvaiheessa laaditaan rakennusosa-arvio, joka on rakennusosakohtainen kustannusarvio hankkeen kustannuksista (RT 10-10387, s.23).

Vakioiduilla suunnitteluratkaisuilla laadun ja kustannusten yhteys on paremmin tiedossa kuin uniikeilla suunnitteluratkaisuilla. Tällöin pienennetään kustannusriskejä rakentamisvaiheessa ja pystytään suunnittelemaan

rakennuskustannukset paremmin ja tarkemmin. Tarkkakustannusten tuntemus on etu urakkatuotannossa, jossa kustannus ylitys tarkoittaa tappiollista työtä. Hyvää laatutasoa ja tunnettuja suunnitteluratkaisuja käyttämällä varmistetaan takuutyökustannusten pysyminen alhaisena.

Rakennushankkeen suunnitteluvaiheen tehokkuustunnusluvuilla voidaan hankkeen suunnitteluvaiheessa mitata suunnitelmien onnistumista. Suunnittelussa pyritään estämään kaikki ylimääräiset kustannukset, jotka eivät tuo hankkeelle lisäarvoa ja näin vie kannattavaan lopputulokseen. Hyviä tehokkuuden tunnuslukuja ovat rakennusoikeuden käyttötehokkuus, joka kuvaa käytetyn kerrosalan (kem^2) suhdetta huoneistoalaan (htm^2). (Eloranta 2014, Skanska)

Laskentakaava:

$$\text{rakennusoikeuden käyttötehokkuus} = \frac{kem^2}{htm^2} \quad (1)$$

Huoneistoalatehokkuus kuvaa bruttoalan (brm^2) suhdetta huoneistoalaan (htm^2) ja kertoo tilankäytön tehokkuudesta. Huoneistoalan ollessa tuottavaa pinta-alaa tilaajalle, joten sen maksimointi on tehokkuuden kannalta merkittävää. (Eloranta 2014, Skanska)

Laskentakaava:

$$\text{huoneistoalatehokkuus} = \frac{brm^2}{htm^2} \quad (2)$$

Ulkoseinämäärä kertoo rakennuksen piirin juoksumetriä (jm) määrän suhteen huoneistoalaan (htm^2) ja on kuvaava tunnusluku tarkastellessa hankkeen pohjan muotoa ja sen taloudellisuutta. Ulkoseinät ovat yksi rakennuksen kalleimmista rakenteista ja niiden määrän minimointi kustannustehokkuuden kannalta

merkittävää. Ulkoseinämäärään negatiivisesti vaikuttaa rakennuksen kulmien lukumäärä, sisäänvedot ja ulokkeet. (Eloranta 2014, Skanska)

Laskentakaava:

$$\text{ulkoseinämäärä} = \frac{jm}{htm^2} \quad (3)$$

Suunnitteluvaiheen teknistä tehokkuutta kuvaavilla tehokkuusluvuilla suunnitelmien teknisten ominaisuuksia kehittäminen on mahdollista ja tällöin kehittämistä voidaan mitata vertaamalla vaihtoehtojen tunnuslukuja. Suunnitelmakatselmuksot toimivat työkaluna, joissa suunnittelijoiden toimintaa voidaan ohjata ja yhteen sovittaa suunnittelua. Suunnitelmien taloudellista kannattavuutta voidaan arvioida suunnittelun erivaiheissa laadittujen rakennusosa-arviolaskelmien pohjalta. Rakennushanketta ohjaa tilaajan tarpeiden ja toiveiden lisäksi myös mm. maankäyttö- ja rakennuslaki ja asetus, Suomen rakentamismääräyskokoelma, kaavan vaatimukset, erilaiset ohjeet, laadun ja hinnan tasapaino ja hyvän rakentamistavan toteutuminen (Eloranta 2014).

3.3 Käyttöpääoman käytön tehokkuus

Taloudellinen tehokkuus liiketoiminnassa vaatii pääomien käytön tehokkuutta. Käyttöpääoma mittaa yrityksen toimintaan sitoutuvan rahan määrää ja näin samalla pääoman käytön tehokkuutta. Käyttöpääoman rahoitus tapahtuu lyhytaikaisella ja pitkäaikaisella vieraalla pääomalla sekä omalla pääomalla. Pääoman sitoutuminen vaihtelee projektin eri vaiheissa, johtuen rahasiirtojen viiveestä suoritteeseen nähden. Pääomaa sitoutuu esimerkiksi vaihto-omaisuuteen eli keskeneräiseen projektiin sijoitettuun pääomaan ja myyntisaamisiin. Pääomansitoutumista tapahtuu mm. asuntoprojektikehityshankkeissa, tonttivarannoissa ja tuotantomalleissa, joissa rakentaja rahoittaa itse rakentamista (Yritystutkimus ry 2011, s.68). Käyttöpääoma määritetään:

$$\text{Käyttöpääoma} = \text{vaihto-omaisuus} + \text{myyntisaamiset} + \text{sisäiset myyntisaamiset} + \text{osatuloutuksen saamiset} - \text{ostovelat} - \text{sisäiset ostovelat} - \text{saadut ennakot} \quad (4)$$

Toisaalta rakennustoiminnassa yritys saa ostovelailleen maksuaikaa ja suoritteiden tehdystä usein käyttöönsä ennen varsinaista maksutapahtumaa. Kassavirran ollessa positiivinen tilaaja rahoittaa meneillään olevaa rakennustoimintaa ja lisäksi positiivisella kassavirralla pystytään rahoittamaan kiinteistökehitystä ja omaperusteista rakennustoimintaa. Käyttöpääoma ilmoittaa siis rakentamisesta aiheutuvan käyttörahoituksen tarpeen.

Käyttöpääoman tarvetta ja käyttöä voidaan mitata mm. käyttöpääomasyklin avulla. Käyttöpääomasykli kuvaa tuotannon tekijöiden virtaa käyttöpääomaerien kautta ja mittaa siis kuinka kauan rahat on sitoutuneena käyttöpääomaan. Käyttöpääomaerien jatkuvasti muuttuvasta kassavirrasta johtuen kassaan syntyy yli- tai alijäämää riippuen pääomaerien liikkeistä (Niskanen & Niskanen 2000, 352–353). Yleinen käyttöpääomasyklin määritelmä on:

$$\text{Käyttöpääomasykli} = \text{vaihto-omaisuuden kiertoaika} + \text{myyntisaamisten kiertoajat} - \text{ostovelkojen kiertoaika} \quad (5)$$

Käyttöpääoman sitoutuminen ja näin ollen sen tarve riippuu käyttöpääomasyklin pituudesta. Mitä pidempi on käyttöpääomasykli, sitä enemmän tarvitaan käyttöpääomaa. Käyttöpääomasyklin ollessa negatiivinen yritys saa maksun työstään ennen kuin joutuu itse maksamaan tavarantoimittajilleen. Sitoutuneen pääoman määrään ja käytön tehokkuuteen on mahdollista vaikuttaa lyhentämällä projektin läpimenoaikaa ja näin pienentämällä sitoutuvan pääoman määrää, maksuehdoilla, etupainotteisella maksuerätaulukolla ja tehokkaalla kassavirran hallinnalla. Jo yhden kuukauden säästö hankkeen suunnittelu- ja rakentamisvaiheen kestossa tarkoittaa tyypillisessä asuinkerrostalohankkeessa noin 3-4 % lyhyempää hankkeen kokonaiskestoa ja näin mm. tonttiin sidottu pääoma vapautuu yhtä paljon nopeammin muun liiketoiminnan tarpeisiin.

Rakennusteollisuudessa tuotannon pitkistä läpimenoajoista johtuen vaihto-omaisuuden hallinnalla ja tehokkaalla kassavirranhallinnalla on merkittävä vaikutus yrityksen likviditeettiin. Tontit ja maa-alueet rakennustoimintaa varten muodostavat merkittäviä vaihto-omaisuuseriä, joiden vaikutus kestää maa-alueen hankinnasta aina perustaja urakoinnissa tontin siirtymiseen perustettavalle asuntotai kiinteistöosakeyhtiölle. Merkittäviä vaihto-omaisuus eriä muodostavat myös puolivalmiit hankkeet ja perustajaurakointia harjoittavan rakennusurakoitsijan vaihto-omaisuutta ovat myös asunto- ja muiden kiinteistöosakeyhtiöiden osakkeet. (Kukkonen & Korhonen 2008)

Tonttiomaisuuden likviditeettivaikutus on yrityksen kannalta merkittävästi suurempi kuin esimerkiksi vaihto-omaisuuden korkovaikutukset. Markkinoiden tämän hetkinen alhainen korkotaso ja pääkaupunkiseudulla asuntotonttien nopea noin 5 % hintakehitys vaikuttaa suopeasti asuintontti-investointeihin. Merkittävämpää tällöin on hankkeiden nopea läpimeno, sillä puolivalmiiden hankkeiden kohdalla asuntojen arvonnousua ei merkittävästi kompensoi vaihto-omaisuuteen sitoutuneiden pääomien heikkoa tuottoa yrityksen laskentakorkoon verrattuna. Erityisesti tuotantomalleissa joissa yritys suunnittelee, rahoittaa ja rakentaa kohteen valmiiksi ennen kuin tilaaja maksaa kauppahinnan pääoman sitoutumisen hankkeeseen tulee huomioida ennen hankkeeseen ryhtymistä. Yleisesti merkittäviksi rahoitusriskien hallintakeinoksi nähdään likviditeetin seuraaminen ja sijoitetunpääomantuottoasteen seuraaminen. (Väänänen & Ärölä, 64)

3.4 Aikataulun tehokkuus

Aika on kustannusten ohella tärkeä indikaattori rakennusprosessin tehokkuudelle. Ajallinen tehokkuus määrittää kuinka nopeasti valmis rakennus saadaan luovutettua tilaajan käyttöön, mikä puolestaan on oleellinen osa tilaajan tulevaisuuden suunnitelmia. (Chan & Chan 2004.) Tyypillinen kerrostalohankkeen kesto suunnittelun alkamisesta rakentamisen päättymiseen on noin 2-3 vuotta. Kestoa lyhentämällä voidaan saavuttaa säästöä sitoutuneen

pääoman nopeampana kiertona ja rakennusajan lyhentyessä aikasidonnaisissa työmaan käyttö- ja yleiskustannuksissa. Projektin läpimenoaikaan voidaan vaikuttaa monin eri tavoin mm. lisäämällä esivalmistusastetta ja hyödyntämällä elementtirakentamisesta saatavia aikataulusäästöjä sekä tehostamalla tuotantoa vakioimalla rakenteita, tuotantoprosesseja ja menetelmiä.

Suoraan aikasidonnaisia kustannuksia ovat työnjohto, työmaatilat ja työmaapalvelut välillisine kustannuksineen, sekä monet työmaatekniset kustannukset ovat ainakin osittain aikasidonnaisia mm. laitteet ja koneet. Aikasidonnaisia työmaan käyttö- ja yleiskustannuksia syntyy tyypillisen kokoisessa kerrostalohankkeen noin 40 000-60 000 € kuukaudessa, jolloin rakennusajan säästöllä on suuri vaikutus projektin kannattavuuteen. Hankkeen läpimenoajasta aikataulusäästöjen hakeminen vaatii toiminnan tehostamista, jossain tuotannon vaiheessa niin että hanke valmistuisi suunniteltua aikaisemmin. (Kiviniemi 1996)

Rakennushanke koostuu hankkeen suunnitteluvaiheesta, hankkeen toteutusvaiheesta ja sitä seuraavasta käyttövaiheesta. Aikataulusäästöjen mahdollisuus suunniteltuvaiheen tai rakennusvaiheen kestoa lyhentämällä on toteuduttava niin, että hankkeen todellinen kesto lyhentyy. Rakentamisvaiheessa syntyvät hyödyt vakioinnista tulee varmistaa jo suunnittelussa. Rakennusvaiheittain eriteltynä runkovaiheen tehostaminen vaatii, että suunnitteluvaiheessa mahdollistetaan esivalmistuksen ja tehokkaiden valmistusprosessien hyödyntäminen rakennusvaiheessa. Runkovaihe vaihtelevista tuotanto-olosuhteista johtuen on yksi hankkeen häiriöherkimmistä vaiheista, jolloin tuotannon onnistuminen luotettavasti ja suunnitelmallisesti on pyrittävä varmistamaan. Runkotyön tehokkuus laskee etenkin talvella ja kuivumisajat ovat paikalla rakentaessa pitkiä. Tällöin esivalmistetut rakennusosat mahdollistavat paikalla rakennettavia vaihtoehtoja tehokkaamman toteutuksen.

Vakioimalla tuotantomenetelmiä ja suunnitteluratkaisuja osataan tällöin ratkaisut toteuttaa paremmin ja laadukkaammin, sillä samanlaisia rakenteita on ennenkin

valmistettu ja päästään hyödyntämään kokemuksen tuoma tehokkuus. Runkovaiheen häiriöherkkyys vaikuttavat hankkeen aikatauluun pahimmillaan niin, että valmistusajankohtaa ei uskalleta luotettavasti määrittää oikeaan ajankohtaan vaan hankkeen aikatauluun lisätään häiriöpuskureita, jolloin hankkeen rakennusaika venyy ja aikasidonnaiset kustannukset kasvavat (Kiviniemi 1996).

Sisävalmistusvaiheen alkamisen mahdollistava vedenpitävyys on yksi kriittinen tekijä aikataulun tehostamisessa. Vesikattovaiheen tehokkuuteen voidaan vaikuttaa tehostamalla työvaihetta esivalmistuksella mm. käyttämällä ilmastointikonehuone-elementtiä, jolloin vesikatolla tapahtuvat asennustyöt saadaan minimoitua ja veden pitävyys saavutetaan nopeasti. Vakioitu ilmastointikonehuone-elementti mahdollistaa toimivuuden testaamisen jo tehtaassa ennen toimitusta ja esisäätöjen asettamisen, jolloin toimintakokeiden ja säätöjen tarve työmaalla vähenee.

Sisävalmistusvaihe sisältää monia työtehtäviä, jotka kaikki ovat riippuvaisia edeltävästä työtehtävästä. Sisävalmistusvaiheen tehokkuus riippuu paljon töiden häiriöttömästä yhteensovittamisesta ja työvaiheiden tarkasta aikataulusuunnittelusta. Sisävalmistusvaiheessa aikataulutehtävien määrä on suuri, jolloin säästäminen rakennusajassa on mahdollista käyttämällä esivalmistusta. Tilaelementtien avulla on mahdollista yhdistää useita työvaiheen tehtäviä yhdeksi ja näin vähentää aikataulupuskureiden tarvetta työvaiheessa. Hyvä esimerkki tehokkaasta keinosta tehostaa sisävalmistusvaiheetta on kylpyhuone-elementti.

Kylpyhuone-elementtiä käyttämällä useita työtehtäviä voidaan tehdä tehdasolosuhteissa etukäteen ja näin saavuttaa tilaelementin käytön parhaat hyödyt yhdistämällä monia työvaiheita yhdeksi kokonaisuudeksi ja poistetaan häiriöitä aiheuttavia rakennusfysikaalisia tekijöitä mm. rakenteiden kuivuminen. Luovutusvaihetta on mahdollista tehostaa mahdollistamalla luovutusvaiheen tarkastusten ja säätöjen mahdollisimman aikainen alkaminen. Luovutusvaiheeseen

jätetään usein puskuria hankkeen aikataulu viivästyksille, joka voidaan minimoida vähentämällä aikatauluriskiä edeltävissä vaiheessa. Näin hankkeen luovutusajankohta voidaan sopia tarkemmin.

3.5 Rakentaminen ja takuutyöt

Suunnitteluratkaisuiden vakioiminen ja toistuvuuden lisääminen suunnittelussa mahdollistaa ratkaisuiden kehittämisen. Näillä keinoilla voidaan mahdollistaa hankkeen rakennusvaiheen tehokkaampi ja laadukkaampi toteutus. Suunnitteluratkaisut joiden valmistamisesta on kokemusta ja tekijöillä osaamista ovat uusia ratkaisuja ja menetelmiä helpompi toteuttaa. Lisäksi suunnitteluvirheiden eliminointi onnistuu tehokkaasti toistuvien rakenneratkaisuja käytettäessä. Rakennettavuuden kehittämällä mahdollistetaan näin häiriötön rakentaminen. Lisä- ja muutostöistä aiheutuvia kustannuksia syntyy suunnitteluvirheiden ja muutosten seurauksena ja huonot suunnitelmat heikentävät rakentamisen kannattavuutta.

Hankkeen luovutuksen jälkeisten takuutyökustannusten minimointi koetaan tärkeäksi ja näin rakentamisen laatu tulee huomioida suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Halvin ratkaisu ei ole aina paras vaan rakenneratkaisuiden kokonaistaloudellisuutta tulee arvioida laajasti. Esivalmistuksen etuja ovat esimerkiksi vastuukysymysten selkeys, mutta hankkeen päätoteuttajan kantaessa vastuuta ratkaisuiden valinnasta ja laadusta tulee ratkaisun laadukkuutta silti tarkastella kriittisesti, sillä huonojen toteutusratkaisuiden vaikutukseen yrityksen imagoon on huomioitava. (Forsbacka 2016)

Åkermanin (2010, s.47-50) diplomityön tulosten perusteella kylpyhuoneiden kaatolattiat ovat toiseksi suurin systemaattinen virhe kohdeyrityksen tuotannossa. Tästä voidaan päätellä työmaaolosuhteissa sään armoilla suoritettavien lattiavalujen olevan epätarkkoja ja haastavia toteuttaa. Kylpyhuone-elementtien kohdalla tehdasolosuhteissa kaatolattioiden laatu on merkittävästi työmaalla tekemistä parempi. Kylpyhuoneiden lattiavalujen virheiden korjaukset ajoittuvat

hankkeen rakentamisen aikaan, joten niiden merkitys seuraavan työvaiheen alkamisaikaan on merkittävä häiriö tuotannossa sekä aikataulullisesti että taloudellisesti.

Lattiakaatojen korjaus on tarkkaa käsityötä, joten sen tekeminen työmaalla vaatii ammattitaitoa ja aikaa. Heikkoa työnjälkeä ja niistä aiheutuvia korjauksia ei välttämättä edes tunnisteta häiriöksi, vaan ajatellaan korjausten kuuluvan osaksi työvaihetta. Takuutöistä kylpyhuoneissa vain vähäinen osuus on kaatojen korjauksia, sillä työmaan aikaisilla vesikokeilla kaatojen toimivuuden varmistaminen on varsin yleinen toimintatapa.

Takuuvastuun aikaisista asunnonostajien palvelupyynnöistä noin 2,5 % osuus on laatoituksiin liittyviä (Paavola 2015, s.43). Merkittävä osuus kylpyhuoneiden takuuajaisista korjauksista on vain esteettisiä virheitä mm. naarmuuntuneita tai lohjenneita laattoja tai huonoja saumauksia, mutta niiden korjaaminen asutussa asunnossa on ongelmallista. Laattojen korjaaminen aiheuttaa aina riskin, kun vedeneristys rikkoontuu laattaa vaihdettaessa. Elementtivalmistajan tuotevastuu märkätilaelementtien kohdalla vähentää takuutöiden riskiä ja valmistuksen merkittävästi paremmat olosuhteet ja menetelmät tehtaalla jo vähentävät osaltaan riskiä takuukorjauksista.

Ilmastointikonehuoneiden takuutyöt on merkittävästi märkätiloja pienemmät, mutta konehuoneen liittyessä vesikatteeseen sen vedenpitävyys on merkittävä ja työaikana varmistettava asia. Kaikissa vesikatteen lävistävissä rakenteissa syntyy merkittävä riskitekijä vesivuodoille. Niiden välttämiseksi vedeneristysdetaljit rakenteiden liittymistä tulee varmistaa huolella tehdyiksi asiantuntijoiden toimesta, jotta veden pitävyys saadaan varmistettua. Ilmastointitekniikan kehittyessä yhä teknisesti monimutkaisemmaksi sisältäen monessa kohteessa huoneistokohtaisen ilmastoinnin säädön ja viilennyksen järjestelmien sisältämän automatiikan määrä lisääntyy.

Järjestelmän eri osien yhteensopivuus ja toimivuus on merkittävä tekijä suunnitellun lopputulokseen aikaan saamiseksi. Yhteensopivuuden varmistaminen on hankalaa projektikohtaisesti vaihtelevien toteutusratkaisuiden johdosta. Ilmastointitekniikkaan liittyvät takuuajaiset virheet johtuvat monesti säätöjen virheellisyydestä, mutta asunnoton ostajien yhä tiukemmat vaatimukset asunnon sisäilmasta on saanut mm. viilennystekniikan lisääntymään ja näin asunnon sisäilma koetaan helpommin virheelliseksi kuin ennen. Tyytymättömyys ilmanvaihdon toimivuuteen näkyy myös kohdeyrityksen asunnon ostajien vikailmoituksissa, joissa ilmastointi on neljänneksi suurin virheryhmä 8 % osuudella kaikista virheilmoituksista (Paavola 2015, s.43).

Parveke-elementtien kohdalla parvekkeet ja pihat on viidenneksi suurin asukkaiden virheilmoitusten lähde 7,6 % osuudella kaikista virheistä (Paavola 2015, s.43). Varsinaisesti parveke-elementteihin kohdistuvia virheitä on melko vähän, mutta yleisempinä mm. ulokeparvekkeiden hiipuma aiheuttaa ongelmia parvekelasitusten toimintaan. Valinnoilla eri rakenneratkaisuiden välillä voidaan vaikuttaa riskiin mitä ratkaisun käytöstä syntyy rakentamisen ja takuuajan kuluessa. Rakenneratkaisuiden oikea valinta on merkittävä osa riskien hallintaa, jolla voidaan välttää monia työnaikaisia häiriöitä ja takuuajaisia ongelmia.

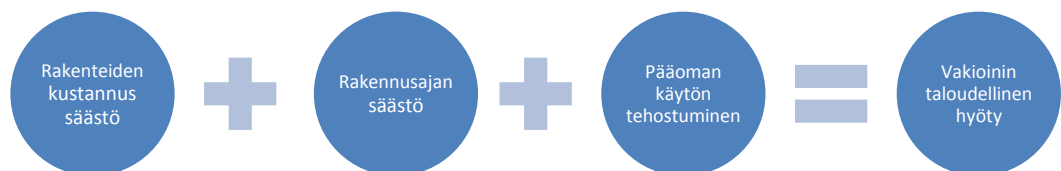
Laadunvarmistus työmaaolosuhteissa on merkittävästi hankalampaa kuin teollisessa tuotantoprosessissa, joten työmaalla tehtävässä työssä laadunvarmistus on suuressa roolissa ja on osa vastuunkantoa oman työ laadukkuudesta. Kirjalaisen (2015) mukaan rakennusvirheet muodostaa jopa 4,8 % osuuden rakennuskustannuksista eli rakennusvirheillä on merkittävä rooli eri rakenneratkaisuiden kustannustehokkuutta arvioidessa.

4 RAKENNEOSIEN VAKIOINTIPOTENTIAALI

4.1 Vakioitavien rakenneosien kustannusmallinnus ja vaihtoehtojen vertaaminen

Rakenneosien vakioinnissa tärkeä tekijä on mahdollisuus rakenteen teolliseen tuotantoon. Työmaalla toteutettavissa ratkaisuisa tärkeäksi muodostuu mahdollisuus vaikuttaa edullisesti tuotteen paikalla valmistamiseen ja näin ollen parantamalla rakenneratkaisun kustannustehokasta ja laadukasta toteuttamista. Yleisesti esivalmistettujen rakennusosien hankintakustannukset ovat paikalla tekemistä korkeammat, mutta työn laadukkuus ja nopeutuminen työmaaolosuhteissa muodostaa säästöä.

Suurimmista hankintanimikkeistä talotekniikkaaurakat ja elementtihankinnat muodostaa merkittävän osan hankintojen kokonaisarvosta. Suurimpien hankintanimikkeiden kannattavuuden tarkastelulla ja kehittämisellä voidaan vaikuttaa koko hankkeen kannatettavuuteen merkittävästi. Vakioitujen suunnitteluratkaisuiden kehittäminen on näin tuottoisinta nimikkeissä, joiden kustannusmerkitys hankkeen kokonaiskustannusten kannalta on merkittävä. Elementti- ja talotekniikkaaurakan hankinnoissa jo 3 % säästö tarkoittaa noin 1 % säästöä koko hankkeen kustannuksista, joten näiden nimikkeiden potentiaali hankkeen kannattavuuden parantamiseen on merkittävä. Arvontaa pienempien hankintanimikkeiden kohdalla projektikohtainen vaihtelu ei vaikuta merkittävästi hankkeen taloudelliseen tulokseen, mutta niillä voidaan mahdollistaa hankkeen suunnittelussa uniikit ratkaisut.



Kuva 8. Vakioinnin hyödyn mittaus

Rakennuskustannusvertailulla materiaalin ja työn osalta saadaan selville vaihtoehtojen materiaalin käytön tehokkuus sekä asennustyön tehokkuus. Pelkällä materiaalikustannusten ja työkustannusten vertailulla ei vaihtoehtojen vertaaminen ole relevanttia vaan vaihtoehtojen arvot, hyödyt ja tuotot on arvioitava laajemmin. Elementinratkaisuilla saavutetaan monesti korkeampien hankintakustannusten kompensatioksi säästöjä työstä työmaaolosuhteissa sekä aikasäästöä, jolloin projektin aikataulua on mahdollista kiristää sillä esivalmistus vähentää työmaaolosuhteissa valmistamisen tuomia aikatauluriskejä. (Kiviniemi 2006). Luotettavampi tuotanto mahdollistaa luovutusajankohdan sopimisen aikaisempaan ajankohtaan, jolloin tilaaja hyötyy nopeammasta tuottojen alkamisesta ja rakentaja saa tuotot työstään nopeammin. Ajallinen hyöty merkitsee myös, että projektiin sitoutuneita käyttöpääomia saadaan vähennettyä projektin lyhentyessä.

Kustannusvertailu eri toteutusvaihtoehtojen välillä on haastavaa ja vertailujen toteutus vaatii ajanmukaista ja oikeaa kustannustietoa. Kustannusvertailuissa urakkahintojen vertailukelpoisuus on lyhyt, sillä rakentaminen kausivaihtelevana alana aiheuttaa urakkahintoihin suurta kausittaista vaihtelua kysynnän kasvaessa ja heikentyessä nopealla syklillä. Vertailuajankohdan ja hintatietojen tuoreuden lisäksi vertailuun vaikuttaa vertailtavien vaihtoehtojen vaihtelevat hankintavolyymit ja toimittajien vertailukelpoisuus.

Suurella volyymillä tällä hetkellä hankittavat rakenneratkaisut tarjoavat vähemmän potentiaalia kustannusparannukseen kuin vähemmän käytetyt ratkaisut, sillä tällä hetkellä vallitsevasti käytössä olevat ratkaisut ovat hankintahinnaltaan kilpailutettuja ja ratkaisuiltaan pitkälle kehitettyjä. Esimerkiksi kylpyhuoneiden paikalla rakentaminen on urakoitsijoiden ja materiaalitoimittajien osalta pitkälle kilpailutettua ja hankintojen volyymit ovat suuret. Kylpyhuone-elementti hankinnat ovat sen sijaan yksittäisiä volyymiltään pieniä hankintoja, jolloin volyymin vähyys näkyy hankintahinnoissa verrattaessa yksikköhintoja suurella volyymillä hankittaviin kausisopimustuotteisiin. Vertailulaskelmat osoittavat ratkaisuiden edullisuuden tapauskohtaisesti verrattaessa, mutta suuremmalla mittakaavalla toimintatapoja kehitettäessä

ratkaisuiden potentiaalin arvioinnissa tulee asiaa tarkastella laajemmin huomioiden mm. takuutyöt, hankintojen volyymin vaikutuksen yksikköhintoihin, rakennettavuuden parantumisen ja vähentyneet häiriöt tuotannossa.

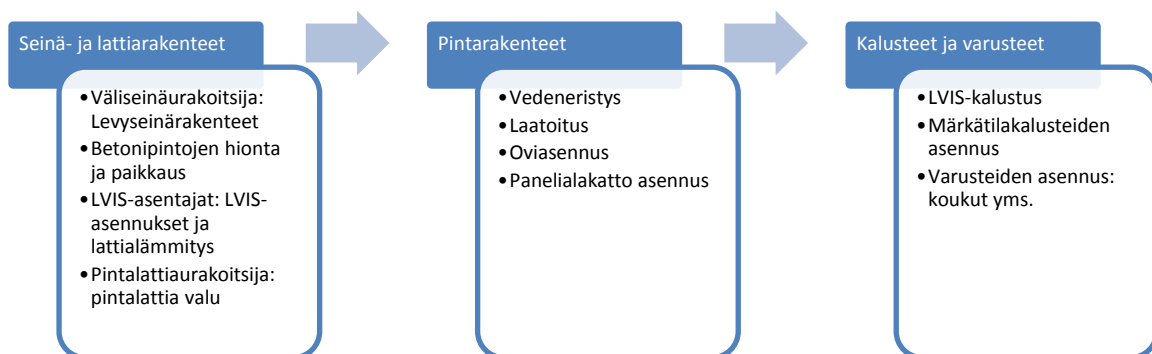
4.2 Case: kylpyhuone-elementti

Kylpyhuone on kerrostaloprojektin hitaimmin paikalla rakennettaessa toteutettava huone, jolloin tämä suurelta osin tahdittaa muiden sisävalmistusvaiheen tehtävin suoritusta. Paikalla rakennettaessa kylpyhuoneen valmistusprosessi jakaantuu pieniin eri osapuolten toteuttamiin osiin, joista jokainen on riippuvainen edellisen vaiheen onnistumisesta. Kylpyhuoneen totuttamiseen vaaditaan jopa kymmenen aliurakoitsijaa ja useita tavarantoimittajia. Urakan pirstaleisuus tekee paikalla tehtävän kylpyhuoneen toteutuksesta haastavaa hankinnan, laadunvarmistuksen, logistiikan ja tehokkaan tuotannon kannalta. Lisäksi paikalla tehtäessä eri tuotantomalleja ja rakenneratkaisuita työn toteuttamiseen on lukuisia. Käytettävien menetelmien ja materiaalien projektikohtainen vaihtelu hankaloittaa työn laadunvalvontaa, työmenetelmien ja rakennedetaljien kehittämistä.

Tässä työssä kylpyhuoneiden kustannusvertailu suoritettiin As Oy Vantaa Valuraudan ja As Oy Vantaan Karoliinan märkätilojen toteutuskustannuksia vertaamalla. As Oy Vantaa Valurauta on 5-6 kerroksinen kaksi porrashuoneinen elementtirakenteinen kerrostalo, jossa on 62 asuntoa. Kohteen kylpyhuoneet ovat paikalla rakennetut. As Oy Vantaan Karoliina on 8 kerroksinen kaksi porrashuoneinen elementtirakenteinen kerrostalo, jossa on 64 asuntoa. Kohteen kylpyhuoneet ovat märkätilaelementtejä. Kohteet edustavat kooltaan hyvin tyypillistä 5-8 krs asunkerrostalokohdetta pääkaupunkiseudulla (Skanska).

Hankintojen kannalta elementtirakenteinen kylpyhuone on helppo ja selkeä sisältäen elementtitoimittajan, asennusurakoitsijan ja LVIS-urakoitsijat, jolloin vastuu ja laatuksymyksetkin ovat selkeämpiä. Työvaiheen kustannukset koostuu materiaali- ja työkustannuksista, logistisista kustannuksista,

työnjohtokustannuksesta, virhe/takuutöiden-kustannuksesta, sekä mahdollisten työvaiheen häiriöiden kustannuksista.

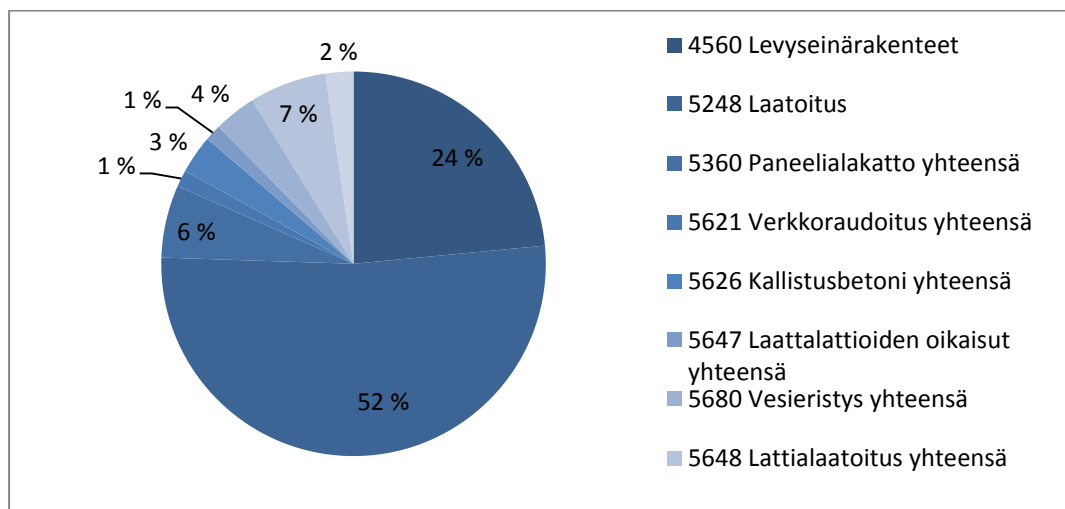


Kuva 9. Paikalla rakennetun kylpyhuoneen valmistusprosessin vaiheet

Paikalla rakennetun kylpyhuoneen toteutuksessa vaaditaan siis noin kymmenen osapuolta enemmän kuin elementtiratkaisun toteutuksessa, jolloin vastuu työstä ja materiaaleista jakaantuu useille osapuolille kuvan 9 mukaisesti aiheuttaen helposti ristiriitoja mm. työnsuorituksessa ja takuukysymyksissä. Paikalla rakennettaessa eri osapuolten töiden yhteensovittaminen ja aikataulutus on todella tärkeässä roolissa hyvän lopputuloksen kannalta. Tällöin pääurakoitsijan työnjohdon rooli on suuri, jotta kukin osapuoli on juuri oikeaan aikaan oikeassa paikassa ja tarvittavat laadunvarmistustoimenpiteet tulee toteutetuksi.

Paikalla rakennetun kylpyhuoneen kustannukset koostuvat rakenneteknisistä kustannuksista, kalusteista, varusteista, talotekniikasta ja työmaan käyttö- ja yleiskustannuksista. Paikalla rakennetun kylpyhuoneen rakennustekniset kustannukset jakaantuvat kuvan 10. mukaisesti eri nimikkeille. Kylpyhuoneen seinärakenteet huomioitiin laskelmassa levyrakenteisena. Levyseinät muodosti paikalla rakennettaessa noin 24 % kaikista kylpyhuoneen rakennuskustannuksista. Laatoitus ja vedeneristys muodostavat merkittävimmän kustannuserän noin 52 % osuudella rakenneteknisistä kokonaiskustannuksista. Vesieristys on aikaa vievä ja hidas työvaihe, jossa työ- ja materiaalikustannukset on korkeita.

Vedeneristyksessä ja laatoituksessa käytettävät materiaalit on kustannuksiltaan arvokkaita ja työvaihe on häiriö herkkä rakenteiden kuivumisajoille ja edeltävillä työvaiheilla.

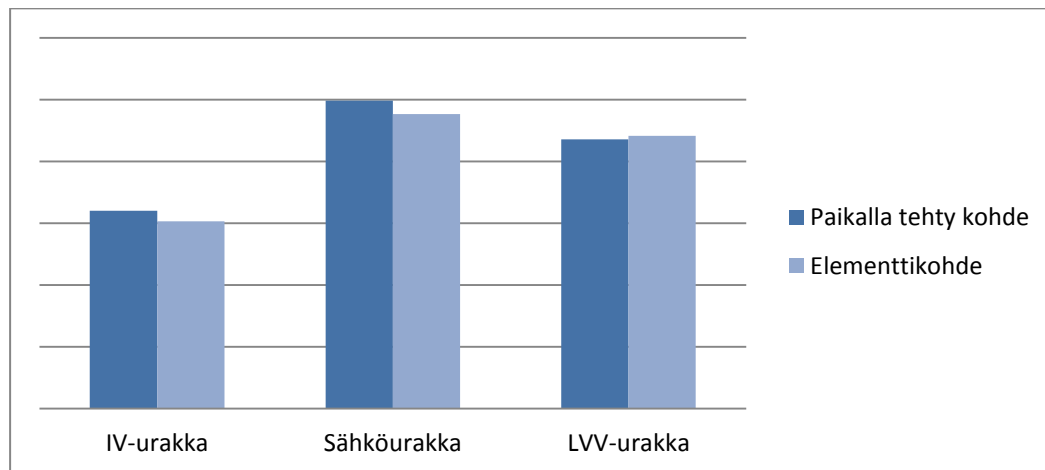


Kuva 10 Kylpyhuoneen rakennekustannukset paikalla tehtäessä

Talotekniikkakustannuksien vertailun tuloksissa case-kohteissa näkyy kuvassa 11, että talotekniikkaurakoiden hinnan pysyttelevän molemmissa vaihtoehdoissa lähes samansuuruisena. Paikalla rakennettavan kylpyhuoneratkaisun taloteknisten kustannukset, jotka sisältävät putkiurakan, ilmastointiurakan ja sähköurakan asuntokohtaisten kustannusten ero elementtiratkaisun hyväksi oli alle 3 %. Vertailukohteen kustannuksista säästöt elementtikylpyhuonetta käytettäessä syntyi kuvan 11. mukaisesti sähkötoista ja ilmastointiasennuksesta.

Talotekniikkaurakkahintojen vertailukelpoisuutta heikentää yrityksen oman talotekniikkaosaston osaamisen hyödyntäminen hankkeen suunnitteluvaiheessa ja urakoiden antaminen talotekniikkaosastolle ilman urakkakilpailua (Sipilä 2016). Näin yrityksen talotekniikkaosaston taloteknisten töiden urakkahinnat eivät ole suoraan vertailukelpoisia kilpailutettuihin aliurakkahintoihin. LVV eli putkityöurakan heikko vertailukelpoisuus case-tapauksessa kuvan 11. mukaisesti vääristää vertailulaskelmaa, sillä LVV-urakan osalta paikalla rakennettavassa

kohteessa urakkakilpailutettiin ulkopuolisten urakoitsijoiden kesken ja elementtikohteessa urakoitsijaksi valittiin yrityksen talotekniikkaosasto.



Kuva 11. Talotekniikkaurakoiden asuntokohtaiset kustannukset

Kokonaisuudessaan taloteknisten töiden hinnoittelussa ero elementtikylpyhuoneiden ja paikalla toteutuksen välillä on vähäinen, vaikka elementtiratkaisussa lattialämmitys, viemäröinnit, ilmastointikanavat, sähköt ja vesiputket ovat valmiiksi asennettuna elementissä. Märkätilojen talotekniikka-asennusten osuuden ollessa merkittävä asunnon talotekniikka-asennuksista säästyneen työmäärän ei voida katsoa siirtyvän suoraan urakkahintoja alentamaan.

Käyttö- ja yleiskustannus erot eri toteutusvaihtoehdoissa ovat merkittävät, sillä rakennusmateriaalien logistiikka, työnjohto ja laadunvalvontakustannuksissa säästäminen esivalmistuksella vaikuttaa merkittävästi toteutusvaihtoehtojen kustannustehokkuuteen. Paikalla rakentaminen on logistisesti hankala toteutusvaihtoehto, sillä kerrokseen siirrettäviä materiaalinimikkeitä on monia. Materiaalien nostot runkotyövaiheessa on logistisesti helpoin vaihtoehto, mutta tällöin materiaalien varastointi kerroksissa on haastavaa mm. pintalattiatöistä johtuen.

Työnjohdon työmäärään vaihtoehtoilta on suuri merkitys, sillä paikalla rakentaminen aiheuttaa työnjohdolle materiaalin hankintaa, tarkastuksia, työnvalvomista noin yhden tunnin jokaista kylpyhuonetta kohti. Koko vertailukohteen kokoisessa kerrostalossa työnjohdon suuremman työmäärän kustannus on noin 1,5 viikon palkka- ja sosiaalikulujen summa. Lisäksi työmäärällä voi olla vaikutuksia kohteen resursointiin, sillä sisäestarin työmäärä kiireellisimpien sisävalmistusvaiheen tehtävien aikana voi kohota suureksi ja näin yhden työnjohtajan sijaan vaaditaan kaksi. Työnjohdon lisäresurssien tarpeella on tällöin pelkkää kylpyhuoneen työvaiheen työmäärää suurempi kustannus.

Kokeet ja katselmukset on merkittävä osa työvaiheen laadunvalvontaa ja paikalla valetun lattiabetonin kuivuminen ja tästä aiheutuvien kosteusmittausten tulokset tahdittavat monesti koko työvaihetta. Lisäksi paikalla tehtäessä työnjohtoa työllistää materiaalien määränlaskenta ja urakoitsijoiden laadun valvonta ja urakkalaskutuksen oikeellisuuden ja määrien tarkastaminen yksikköhintaurakoissa. Elementtikylpyhuoneen edut ovat suurimmat kohteissa, joissa muut sisävalmistusvaiheen tehtävät etenevät nopeasti. Tämä edellyttää paremman vedenpitävyyden saavuttamista rakennuksen vaipan osalta runkovaiheen päätyttyä ja näin periaatteessa mm. paikalla valetut välipohjat lisäävät elementtikylpyhuoneen potentiaalia nopeuttaa sisävalmistusvaiheen tehtävien kestoa.

Putkosen ja Savolaisen (2015) mukaan elementtikylpyhuoneiden käyttö pienentää sisävalmistus vaiheen aikatauluongelmia ja lisää tuotannon varmuutta. Toimittajan toimitustäsmällisyys ja nopea asennusaika ovat mahdollistaneet täsmällisen aikataulun. Ongelma elementtikylpyhuoneiden käytössä on monesti mm. liian pienet asennustoleranssit ja sääsuojaus. Asennustoleranssien vähyys aiheuttaa toistuvia häiriöitä asennusvaiheessa. Elementtirunkoisessa rakennuksessa elementtien valmistustoleranssit ovat suuret etenkin varauskolojen osalta, jolloin ontelolaattatoimittajan toleranssien täyttymisen valvominen on oleellista.

Vaihtoehtojen rakennuskustannuksien vertailu osoittaa paikalla rakennettavan kylpyhuoneen olevan noin 15 % elementtiratkaisua edullisempi kuin elementtiratkaisun edut on huomioitu laajasti. Vertailun lopputuloksessa LVV-urakan kustannustaso elementtivaihtoehdossa on muutettu vertailukelpoiseksi urakkahinnan osalta ja sisävalmistusvaiheen aikataulusäästönä saavutettaisiin kuukauden etu paikalla rakentamiseen. Vertailutilanne muuttuu merkittävästi jos aikataulussa saavutettava aikataulusäästö olisi yhden kuukauden sijasta kaksi kuukautta, niin ero paikalla rakentamisen hyväksi putoaa vain 5 %, mutta kahden kuukauden aikasäästö on hankalasti saavutettavissa. Paikalla rakentamista voidaan pitää näin yleisesti edullisempänä vaihtoehtona.

Takuutyökustannusten ja vastuukysymysten kannalta tarkastellen elementtiratkaisun vastuu- ja takuukysymysten selkeys on etu, sillä märkätilojen kaatolattia korjaukset ovat yleinen takuutyö paikalla rakennettavissa kylpyhuoneissa. Pelkästään märkätilojen laatoituksien aiheuttavat kohteiden takuutyökustannukset vuonna 2015 ovat yli 250 000 € yrityksen yhdessä tulosyksikössä ja kaikista takuukustannuksista märkätilojen laatoituslitteran korjauskustannukset oli yli 15 %. Tyypillisiä märkätilojen takuutöitä ovat mm. lattioiden kaatokorjaukset ja laattakorjaukset (Forsbacka 2016).

Toteutusvaihtoehtojen riskit tulee huomioida jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, jolloin toteutusratkaisut määritetään. Asennusvaiheen yleinen ongelma on riittääkö kololaatassa syvyys riittäviin asennustoleransseihin. Ontelolaatan kolon syvyys on rajallinen laatan kantokyvyn varmistamiseksi ja näin ollen elementtiasennuksen toleranssi on tarkka. Ontelolaattojen valmistustoleranssien vaihdellessa on tavallista, että ennen elementtiasennusta laattaa joudutaan madaltamaan oikean asennuskoron saavuttamiseksi (Putkonen & Savolainen, 2015).

Työnaikaisen suojauksen varmistaminen on myös tärkeää, sillä elementin eristeet ovat herkkiä kastumaan ja kastumisesta aiheutuvat lisätyöt tyypillisiä elementtiä käytettäessä. Toimittajan sääsuojauksen osittainen poistaminen on asennettaessa

välttämätöntä elementin sivuilta, joilta suojan poistaminen jälkikäteen on mahdotonta näin riski kastumiseen kasvaa.

Riskinä on lisäksi onnistutaanko hyödyntämään elementtiratkaisun potentiaali sisävalmistusvaiheen aikatauluissa niin, että saadaan aikataulu hyötyä realisoitua. Aikataulutehtävien vähentyminen tarjoaa potentiaalia aikasäästöihin vähintään poistuneiden tehtävien aloitusvälin verran ja lisäksi tehtävien limittäminen helpottuu. Aikataulusäästön saavuttaminen elementtirungon tapauksessa on haasteellista, koska sisävalmistusvaiheen työt eivät voi käynnistyä ennen vesikaton vedenpitävyyttä. Hyvien toteutusvaihtoehtojen puuttuminen estää hyödyn märkätilaelementtiratkaisua käytettäessä kohteissa, joissa paikalla valettavan välipohja. Paikalla valettava välipohja mahdollistaisi vedenpitävyydeltään ontelolaattavälipohjaa parempana nopeamman sisävalmistusvaiheen käynnistämisen ja näin selkeitä aikataulullisia hyötyjä.

Toimittajan toimitusongelmat ja toimituskapasiteetti kysynnän kasvaessa muodostaa riskin, joka pitää huomioida elementtiratkaisun käytössä. Kansainvälisten materiaalitoimittajien löytäminen voisi olla mahdollisuus, mutta muodostaa myös riski täyttääkö materiaali Suomalaiset määräykset vedeneristevahvuuksissa, lattian kaadoissa ja taloteknisissä asennuksissa. Kansainvälisten materiaalitoimittajien kanssa takuutöiden toimivuus tulee huomioida. Elementtitoteutuksen sopivuus kohteeseen tulee huomioida suunnittelussa jo varhaisessa vaiheessa, sillä kylpyhuone-elementtien käyttäminen asettaa rajoituksia rakennussuunnitteluun ja etenkin kylpyhuoneiden sijoitteluun. Esivalmistettujen kylpyhuone-elementtien toimitusaikojen ollessa pitkiä aiheutuu asukasmuutostöiden toteuttamiseen haasteita. Vertailukohteissa ei ollut kylpyhuoneiden materiaalimuutoksia.

Kylpyhuoneiden elementti toteutuksesta on laadittu useita laskelmia eri yritysten tarpeisiin. Ulvila, Jokivuori ja Syrjäläinen (2014) olivat päätyneet asuntorakennushankkeiden märkätilaelementin kannattavuuteen liittyvissä vertailulaskelmissa yhdenmukaiseen lopputulokseen elementtiratkaisun

kustannuksiltaan suuremmasta toteutushinnasta verrattuna paikalla rakentamiseen. Paikalla rakentaminen nähtiin 2-16 % elementtiratkaisua edullisemmaksi. Tiina Myyrän (2012) laatimat laskelmat hotellihankkeen märkätiloista osoittaa, että aikataulusäätön ollessa huomattava elementtiratkaisu on noin 10 % edullisempi kohteessa, jossa elementtien määrä ja ratkaisuiden toistuvuus on suurta.

Hotellihankkeissa märkätilojen lukumäärä, toistuvuus ja kylpyhuoneen osuus sisävalmistusvaiheen työmäärästä puoltaa esivalmistamista ja näissä lähes poikkeuksetta elementtiratkaisu on nähty taloudellisemmaksi vaihtoehdoksi. Vertailulaskelmissa ei ole huomioitu mahdollisista hankintavolyymien kasvamisesta ja vakiointiasteen lisäyksestä syntyvää kustannussäästö potentiaalia, mutta näiden vaikutus pienentää eri toteutusvaihtoehtojen välistä kustannuseroa.

4.3 Case: parveke-elementti

Parveke-elementit ovat väliseinäelementtien lisäksi tyypillisin nimike runkorakentamisessa, joiden hankinnoissa vakioinnilla on suuri vaikutus. Parveke-elementti tyypit voidaan jaotella rungon ulkopuolisiin ja rungon sisäpuolisiin parvekkeisiin sijainnin mukaisesti. Parveke-elementtien kustannustehokkuuden kannalta kriittisiä tekijöitä ovat kaavamääräykset ja arkkitehtisuunnitelmat, joiden perusteella parveke-elementtien hintaan vaikuttavat tekijät määräytyy. Parveke-elementtien kustannuksiin merkittävästi vaikuttavia tekijöitä ovat:

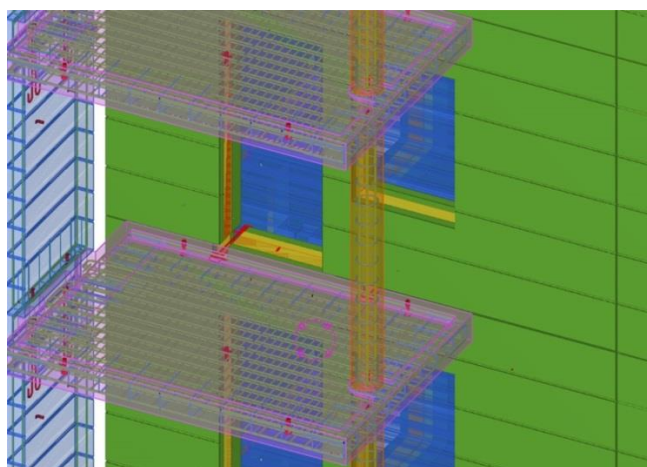
- Kannatustapa
- Elementti koko, muoto ja mahdollinen esijännitys tarve
- Pintamateriaali: Pesubetoninen pinta vai sileä muottipinta

Parveke-elementin kiinnitys ja tuenta ovat kriittisiä tekijöitä tarkastellessa parvekkeiden toteutusta rakennettavuuden kannalta. Rakennettavuuteen vaikuttaa myös parvekkeiden koko, sillä parvekelaatta on monesti nostokalustoa mitoittava tekijä. (Betoniteollisuus Ry 2010) Parvekkeiden kannatustapa on suurin

yksittäinen kustannuksiin vaikuttava tekijä ja parvekkeen kannatustapa määrittyy suuresti arkkitehtisuunnitelmien antamien lähtökohtien mukaisesti, jolloin rakennesuunnitteluvaihe on kannatustavan valinnan kannalta myöhäinen ajankohta.

Parveke-elementtien sijoittelu vaikuttaa hankkeen rakennuskustannuksiin merkittävästi. Rungon sisäpuoliset parvekkeet lisäävät julkisivun määrää, joka on yksi kalleimmista rakenteista ja aiheuttaa työläitä ja riskialttiita liitoksia enemmän. Rungon ulkopuoliset parvekeratkaisut mahdollistavat näin seinäpinta-alan minimoinnin ja rakenneteknisesti helpommat ja riskittömämmät liitokset.

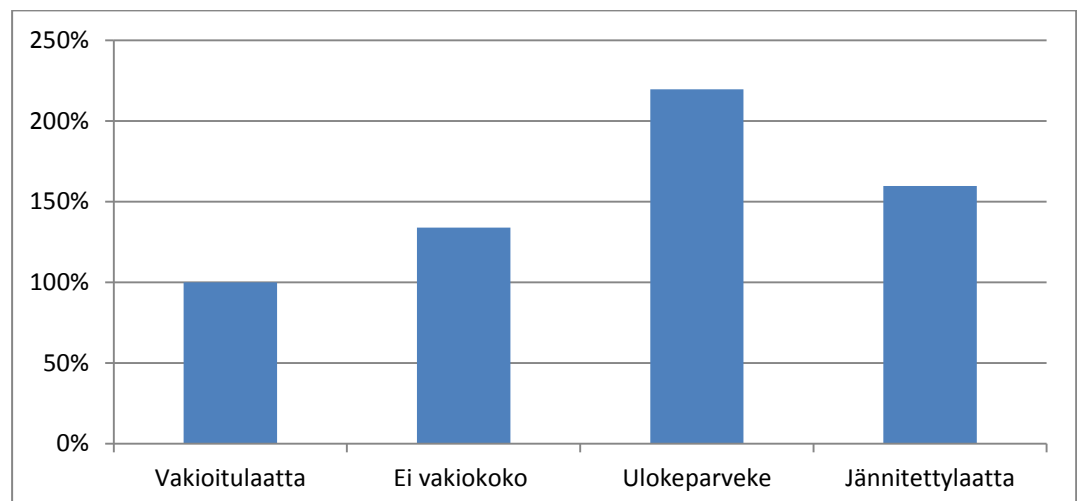
Parveke-elementtien koko vaikuttaa yksikkökustannuksia nostavasti valmistusprosessin hankalantuesssa, esijännitys tarpeen syntyessä ja elementtien logistiikan hankalantuesssa aiheuttaen kuljetuksiin kiertokustannuksia tai erityisleiveitä kuljetuksia. Parvekkeiden jännemitan kasvaessa suureksi syntyy tarve esijännitykselle, jolla on merkittävä kustannuksia nostava vaikutus. Parveke-elementin leveyden kasvattaminen vastaamaan asunnon levyttä on monesti syy jännevälin kasvattamiseen. Betoniteollisuus Ry (2010, s.6) määrittää normaalisti raudoitettun elementin maksimi jänneväliksi 6000 mm. Tämän jännevälin ylittyessä parveke-elementtien esijännittäminen on keino kasvattaa elementin leveyttä. Elementti koon kasvaminen vaikuttaa merkittävästi nostokaluston mitoitukseen.



Kuva 12. Parveke-elementit Tekla Tructures mallissa. (Tekla)

Parveke-elementtien kannatustavat voidaan jakaa kahteen tyyppiin kuvan 12 mukaan ulokekannatukseen, sekä piellelementtien tai pilareiden avulla kannatettuihin. Elementtien päältä kannatettu parveke-elementti on yleisesti huomattavasti ulokkeena kannatettua elementtiä edullisempi toteuttaa kuvan 13 mukaisesti, mutta kannatusratkaisun kustannukset pienentää vaihtoehtojen kustannuseroa. Ulokeparvekkeiden toteutus rakennettavuuden osalta on merkittävästi hankalampi ulokeparvekkeiden vaatimasta työnaikaisesta tuennasta ja hitaudesta johtuen.

Työnaikainen tuenta vaatii runsaasti vuokratilustoa, tuennan suunnittelua ja työtä. Kaikki ulokeparvekkeet tulee tukea maasta alkaen siihen saakka, kun ylimpien parveke-elementtien kiinnityksen lujuudesta voidaan varmistua ja työnaikaisen tuennan purkamiseen saadaan lupa suunnittelijalta. Parveke-elementtien muoto on yksi elementtivalmistukseen ja kustannuksiin vaikuttava tekijä. Parveke-elementin muodon poiketessa suorakaiteen muotoisesta elementtivalmistajan muottityö hankaloituu ja käsityön osuus lisääntyy, mikä nostaa elementin valmistuskustannuksia ja näkyy tarjoushinnassa.



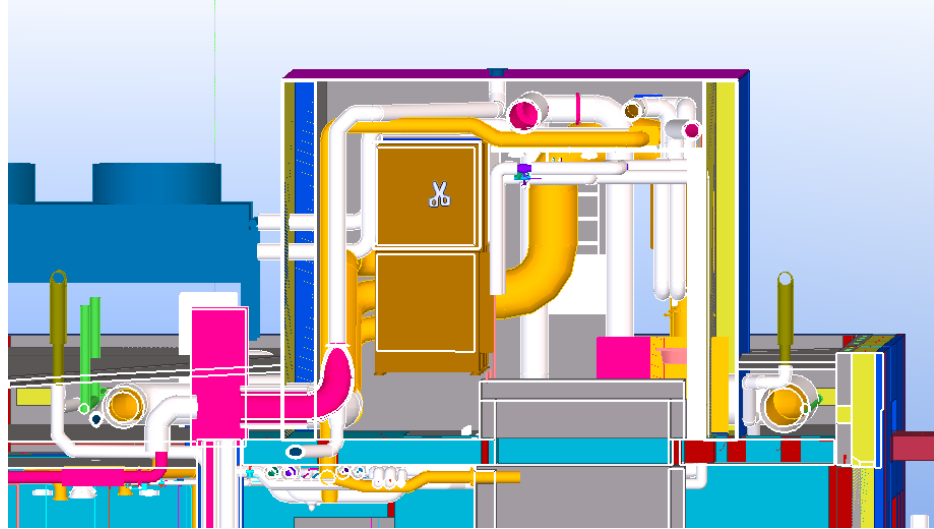
Kuva 13. Parvekkeen hankintakustannus elementtityypeittäin

Parveketyyppi vaikuttaa paljon parvekkeen asennuskustannuksiin ja asennusaikaan. Ulokeparvekkeiden tukeminen ja asentaminen on hitaiden tukitornirakenteiden johdosta hidasta ja kallista. Parvekkeiden väliaikainen tuenta vaatii kantavuudeltaan hyvän alustan ja koko runkovaiheen ajaksi tuentakaluston parvekelaattojen työnaikaiseksi tueksi.

Pieli- tai pilarielementtien päältä kannatettu parvekeratkaisusta aiheutuu kustannuksia elementtihankinnasta ja elementtienkannatukseen tarvittavista perustuksista. Betonielementtien kustannus suhteessa ulokeparvekkeiden kiinnitysosien kustannukseen on merkittävä. Ulokeparvekkeet eivät vaadi elementtejä tuentaan on niiden kokonaiskustannukset ovat pilarien päältä kannatettua laattaa hieman korkeammat. Ulkoparvekkeiden työnaikainen tuenta on hidasta ja aiheuttaa vuokratkustannuksia, jotten työnaikaisen tuennan kustannusmerkitys tulee myös tarkastella ulokeparvekevaihtoehdon kohdalla. Ulokeparvekkeiden riskit rakenteen hiipumisen on merkittävä ja tätä tulee tarkastella ainakin parvekelasitusten kohdalla tarkasti.

4.4 Case: ilmanvaihtokonehuone-elementti

Asuntorakentamisessa keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä on tyypillinen ratkaisu toteuttaa ilmanvaihtojärjestelmä kerrostalokohteissa. Keskitetyssä ilmanvaihdossa yhden portaan tai yhden talon ilmanvaihto toteutetaan yhdellä ilmanvaihtokoneella keskitetysti. Keskitettyä ilmanvaihtokonetta käytettäessä ilmanvaihtokonehuone voidaan toteuttaa käyttämällä paikalla rakennettua konehuonetta, jonne asennetaan ilmastointikone, käyttämällä esivalmistettua tilaelementtiä, jonne asennetaan ilmastointikone ennen työmaalle toimittamista tai käyttämällä valmista esivalmistettua ilmastointikonehuonetta, johon on integroitu ilmastointikone. Ilmastointikonehuoneleikkauksen kuva 14 kaltaisesti konehuonetta mitoitetaan tekniikan ehdoilla ja valmistetaan normaalisti metallirunkoisena. Elementtiratkaisuissa huomioidaan elementin nostettavuus, mutta paikalla rakennettavissa ilmastointikonehuoneissa rakenneratkaisuiden vaihtelevuus on suurta.



Kuva 14. Ilmastointikonehuoneen leikkauskuva tietomallista (Skanska)

Nykyinen vaihtoehto ilmastointikonehuoneen toteutuksessa on hankkia ilmastointikonehuone esivalmistettuna tilaelementtinä ja toimittaa elementtitoimittajalle ilmastointikone, joka asennetaan elementtitehtaassa tilaelementin sisään. Hyvä puoli vaihtoehdossa on jos konehuone-elementtiä ei ole saatavilla työmaalla saavutetaan samat hyödyt tehostuneena aikatauluna mm. vesikattotöissä ja logistisesti järjestely helpottaa työmaatoimintaa, sillä sekä tilaelementti että kone voidaan nostaa yhdellä nostolla.

Haittana nykyisessä vaihtoehdossa on ilmastointikonehuoneiden ja koneiden projektikohtainen vaihtelevuus ja tästä aiheutuvat ongelmat. Talotekniikkaurakoitsijan hankinnassa olevan koneen detaljit muuttuvat monesti hankintojen kilpailutuksen seurauksena kun ilmastointikone tyyppiä muutetaan hankintahinnaltaan edullisimpaan. Muutoksesta seuraa monesti koneen fyysisten mittojen muutos ja näin ilmastointikonehuoneen tilaelementin mittoja joudutaan muuttamaan, jolloin muutos vaikuttaa muihinkin vesikattorakenteiden suunnitelmiin.

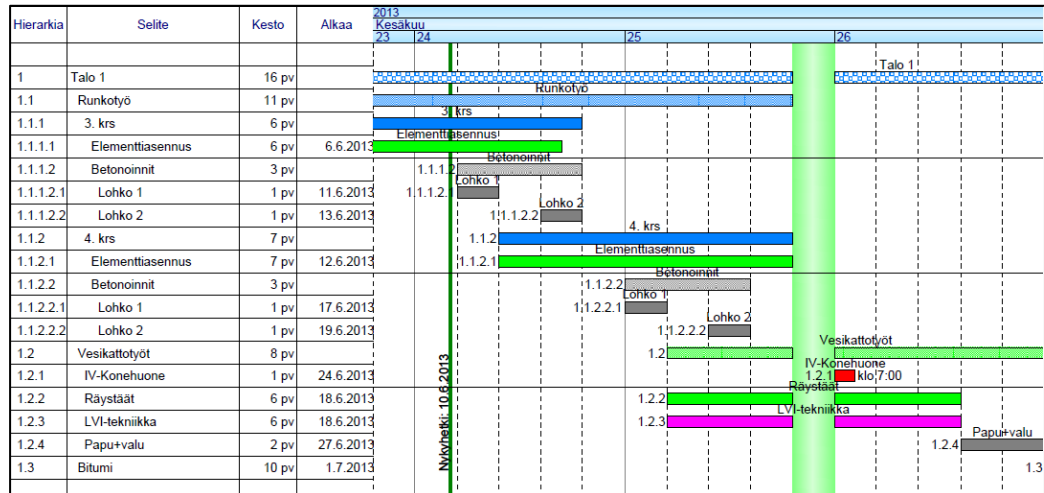
Taloteknisten hankintojen aikataulun sijoittuessa projektin toteutusvaiheeseen muutoksista aiheutuu monesti lisäkustannuksia rakennusurakkaan ja suunnitelmamuutoksista lisäkustannuksia suunnittelijoilta. Suunnitellusta ilmastointikoneesta poikkeaminen taas saattaa aiheuttaa ongelmia ilmastointijärjestelmän toimivuudessa ja säädettävyydessä. Ilmastointikonehuoneen sijainti vesikatolla aiheuttaa sen, että ilmastointikonehuone on aikataulutettava tekijä vesikattotyövaiheelle, sillä ennen ilmastointikonehuoneen asennusta ei päästä aloittamaan sisävalmistusvaiheen kannalta kriittistä vesikattotyövaihetta.

Elementtiratkaisujen hyödyt siis vaikuttaa koko sisävalmistusvaiheen aloitus ajankohtaan, joten työvaiheen keston lyhentyminen ja esivalmistusasteen nostaminen on merkittävä kustannus ja aikataulu mielessä. Ilmanvaihtokonehuoneen toteutusratkaisuiden vähäinen määrä markkinoilla ja elementin valmistajien vaikutusvalta kilpailun puuttuessa nostaa elementtiratkaisujen hintaa ja aiheuttaa toimituksiin riskejä korvaavien toimittajien puuttuessa.

Toinen vaihtoehto toteuttaa ilmastointikonehuone on ilmastointikonehuonetoimittajien konehuonepaketit, joissa valmistaja integroi konehuone-elementtiin ilmastointikoneen. Ilmastointikonehuoneen ja koneen yhdistelmien tarjoaminen on Suomen markkinoilla melko harvinaista ja vähän kilpailtua. Ratkaisussa saadaan hyödynnettyä teollisen esivalmistuksen parhaat puolet ja saavutetaan etua tehostuneena työmaatoteutuksena. Vaihtoehtoissa vastuukysymykset ovat selkeimpiä, sillä konehuoneen toteutukseen ei osallistu kuin yksi toimittaja. Näin järjestelmän toimivuus ja yhteensopivuus on toimittajan vastuulla.

Nykyaikaisen ilmastointitekniikan kehittyessä yhä monimutkaisemmaksi sisältäen myös viilennystä, säätömahdollisuuksia ja energiatehokkuus määräysten kiristyessä järjestelmän toimivuus ja osien yhteensopivuus ovat tärkeitä asioita. Ilmastointikoneen ja konehuoneen yhdistelmällä mahdollisuudet järjestelmän

vakiointiin on parhaat. Ilmastointikone koon mukaisesti valittava valmis konehuonepaketti on saatavuudeltaan vaikein vaihtoehto hankkia tällä hetkellä ja näin ollen sopivien ja hankintakustannuksiltaan toimittajien puuttuessa lähes kokonaan markkinoilta muut toteutusratkaisut ovat käytetympiä.

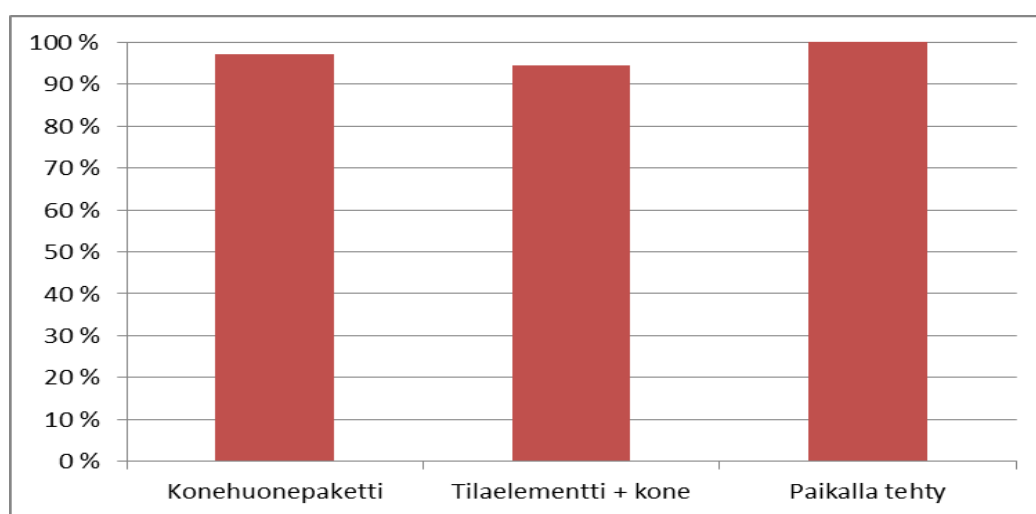


Kuva 15. Vesikattotyön aikataulu As Oy Espoon Iisin työmaalla ilmastointikonehuone-elementtiä käytettäessä.

Molemmilla elementtiratkaisuilla toteutettaessa ilmastointikonehuone-elementti voidaan aikatauluttaa juuri runkotyön päätyttyä asennettavaksi ja näin maksimoidaan asennusaika taloteknisten asennusten ja työaika vesikatton puutöiden osalta. Elementtivalmisteisen ilmastointikonehuoneen avulla vesikatolla tapahtuvat asennustyöt voidaan minimoida noin 3-5 työvuoroon kuvan 15. mukaisesti. Näin elementtiratkaisulla saavutetaan noin 5-10 työvuoroon aikataulusäästö paikalla rakentamiseen verrattuna.

Kohdekohtainen paikalla rakennettava ilmastointikonehuone on rakennusteknisesti haastavin toteutusmalli. Ilmastointikonehuoneen suunnittelussa vaaditaan tällöin rakennus-, rakenne- ja talotekniikkasuunnittelijoiden yhteistyötä, jotta talotekniset järjestelmät saadaan asennettua asianmukaisesti järjestelmän vaatimaan tilaan ja rakennus- ja rakennesuunnittelijoiden on suunniteltava hyvin työmaatoteutukseen soveltuva konehuonerakenne.

Paikalla tekeminen soveltuu kohteisiin, jossa ilmastointikoneen sijoittaminen nelikulmaiseen tilaelementtiin katolle ei ole mahdollista tai toteutukselle asetetaan muita teknisiä vaatimuksia. Ratkaisu on vertailun toteutus vaihtoehtoista joustavin ja muunneltavin. Paikalla rakennettaessa materiaalitoimittajien määrä on muita vaihtoehtoja laajempi ja näin mahdollistaa paremman hankintojen kilpailutuksen ja suhteessa alhaisemmat hankintakustannukset. Hyvä kilpailuttamisen mahdollisuus tässä tuotantomallissa on myös ilmastointikoneen kohdalla.



Kuva 16. Ilmanvaihtokonehuoneen toteutusratkaisujen kustannusvertailu

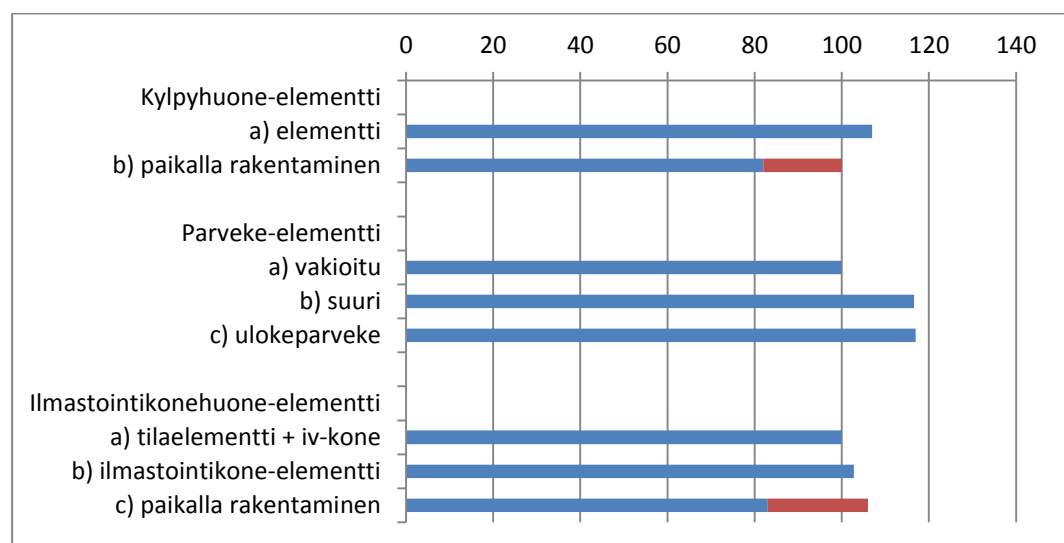
Toteutukseltaan elementtiratkaisuilla saavutetaan aikatauluetua ja vähennetään tuotannon riskejä. Paikalla tehty ratkaisu soveltuu, silloin kun pidempi asennusaikataulu ei aiheuta ongelmaa sisävalmistusvaiheen töiden alkamisessa tai kun kohteen ilmastointikonehuoneen toteutus on valmiilla elementtiratkaisulla vaikeaa esimerkiksi arkkitehtuurisesti. Tilaelementtiin sijoitetulla ilmastointikoneella saavutetaan työmaatoteutuksessa elementtivalmistuksen edut, mutta joustavuus koon ja konevaihtoehtojen suhteen on valmista elementtivaihtoehtoa paremmat. Elementtiratkaisuilla voidaan saada noin 5-10 työvuoron etu rakennusaikaan, mutta elementtiratkaisut ovat paikalla rakentamista kalliimpia, joten aikataulusäästön realisointi elementtiä käytettäessä on tärkeää.

Hankintakustannusten kasvu tulee siis kompensoida aikasidonnaisista kustannuksista saatavilla säästöillä.

4.5 Case-tutkimuksen tulokset

Vakioinnin kannattavuutta vertailtiin kolmessa erityyppisessä rakenteessa. Vertailun rakenneosista parveke-elementti oli betonielementtinä tyypillinen materiaalityyppi, jossa vakiointi hyöty perustuu vakioratkaisuihin valmistusdetaljien osalta ja tehokkaan tuotannon varmistamiseen. Suurempaan volyyymiin perustuvissa nimikkeissä vakioinnilla saavutettava pienikin säästö on merkittävä säästön toistuessa monissa projekteissa.

Kylpyhuone ja ilmastointikonehuone vertailuissa vertailtavina olivat esivalmistusasteeltaan korkea elementtiratkaisu ja paikalla toteuttaminen. Vakioidumpaa ja esivalmistetumpaa ratkaisua vertailuissa edusti esivalmisteinen kylpyhuonetilaelementtinä ja esivalmisteinen ilmastointikonehuoneratkaisu. Ilmastointikonehuone vertailussa verrattiin myös esivalmisteista tilaelementtiä ja erikseen hankittavaa elementtitehtaalla asennettavaa ilmastointikonetta, joka ratkaisuna on tällä hetkellä yleisin totutusvaihtoehto.



Kuva 17. Case-tutkimuksen tulosten yhteenveto

4.5.1 Kylpyhuone

Esivalmistetun kylpyhuone-elementin kohdalla hankintahinta korreloi elementtiratkaisun kannattavuuteen vahvasti, mikä on yleinen päätelmä aihetta tutkittaessa. Elementin käytöllä saavutettava etu työmaan aikatauluun ja käyttö- ja yleiskustannuksiin on suuressa merkityksessä kannattavuutta tarkastellessa. Kuvan 17 mukaisesti paikalla rakentaminen on 5-15 % edullisempi vaihtoehto riippuen ratkaisun vaikutuksesta hankkeen aikatauluun vaikka elementtiratkaisun edut huomioidaan laajasti.

Kylpyhuone-elementtihankintojen pieni hankintavolyymi vaikuttaa hankintahintaan mahdollisesti nostavasti vertailulaskelmassa. Volyymien kasvattaminen ja tiiviimpi yhteistyö elementtitoimittajien kanssa mahdollistaisi hankintojen tehostamisen ja ratkaisun käyttö tulisi saada kannattavaksi taloudellisesti, jotta hankesuunnitteluvaiheessa suunnitelmia ohjattaisiin elementtiratkaisun mukaiseksi. Elementtiratkaisun käytön yleistymisen vaatisi kehitystyötä toimittajien kanssa, jotta asennusvaiheen ongelmat saataisiin korjattua.

Rakennettavuuden kannalta elementtien huomioiminen suunnittelussa on tärkeää, sillä elementtiasennuksen riittämättömät toleranssit ovat merkittävä häiriötekijä elementtiä käytettäessä. Hankinnallisesti kylpyhuone-elementti on paikalla tehtyä yksinkertaisempi ratkaisu vain yhdestä toimittajasta johtuen. Tämä selkeyttää vastuukysymyksiä ja takuuvastuuta. Korkean hankintahinnan ja pienten hankintavolyymien lisäksi kylpyhuone-elementin käytön kannattavuutta heikentävät talotekniikan kalliimmat toteutuskustannukset suhteessa paikalla rakentamiseen. Taloteknistentöiden aliorakkahinnoissa paikalla rakentamista vähäisempi ja tehokkaampi toteutus eivät tällä hetkellä vaikuta hintatasoon.

4.5.2 Parveke-elementti

Parveke-elementtien kohdalla vakiointi tuo sarjatyön edut materiaalitoimittajalle ja näin tarjoaa potentiaalia hintaneuvotteluissa alhaisempaan hankintahintaan.

Tehokkaan tuotannon ja tasaisen hankintavolyymien tarjoaminen toimittajalle on merkittävä taloudellinen etu kummallekin osapuolelle. Parveke-elementeissä vakioinnin kannalta keskeisiä seikkoja on laattakoko ja kannatusratkaisu. Koko vaikuttaa valmistuksen, logistiikkaan ja rakennettavuuteen, sillä laattakoon kasvaessa laatan valmistuskustannukset nousevat ja mahdollisesti syntyy tarve esijännitykselle.

Parvekelaatat ovat tyypillisesti hankkeen painavimpia elementtejä ja niiden koko mitoittaa monesti työmaan nostokaluston koon. Lisäksi elementtikoon kasvu vaikuttaa merkittävästi logistiikkaan kuljetuskoon kasvun vaikeuttaessa toimituksia. Elementtisuunnittelun lähtötiedoiksi tulee huolehtia kohdekohtaiset logistiset erityispiirteet ja kohteeseen suunnitellun nostokaluston kapasiteettitiedot toteutusvaiheen ongelmien välttämiseksi.

Elementtikoon pitäminen tuotannon kannalta optimaalisissa mitoissa ja vakioitujen detaljien käyttäminen on taloudellisesti kannattavaa nimikkeen suuresta hankintavolyymista johtuen. Tällöin säästöpotentiaali on noin useita prosentteja hankintojen arvosta. Parveke-elementin vakioiminen on ratkaisuna siis kannattava ja vakioinnilla saavutetaan taloudellista hyötyä. Parveke-elementtien vakioinnin lisäksi parvekkeen kannatusratkaisuilla on merkittävää vaikutus kustannuksiin ja näin merkittävä potentiaali kustannustehokkuuden kehittämiseen. Vakioinnin kannalta merkittävimpiä esteitä ovat kaavamääräykset ja hankkeen arkkitehtisuunnittelu, jos suunnittelija ei huomioi ratkaisun taloudellista merkitystä.

Parveke-elementtien kannatusratkaisuista erityisesti ulokeratkaisut ovat hankalia toteuttaa ja heikentävät rakennettavuutta ja sujuvaa työmaatoimintaa merkittävästi. Parveketyypin muutos ulokeparvekkeeksi nostaa parveke-elementin hankintahintaa, mutta säästää elementtikustannuksissa sillä pieli- ja pilarielementtien poistaminen on merkittävä kustannussäästö. Tästä johtuen esimerkiksi Schöck-kannatusratkaisulla toteutettavien ulokeparvekkeiden kokonaiskustannukset ovat kuvan 17. mukaisesti hieman kalliimpi.

4.5.3 Ilmastointikonehuone

Esivalmistetun ilmastointikonehuoneen avulla vesikattovaiheen talotekniset asennukset pystytään toteuttamaan tehokkaammin ja nopeammin. Vesikattotyön nopeutuminen mahdollistaa sisävalmistusvaiheen tehtävien aiemman alkamisen ja vaikuttaa positiivisesti projektin luovutushetkeen. Esivalmistettu elementti suojaa ilmastointikoneita ja tekniikkaa säältä, jolloin rakenteet eivät pääse kastumaan. Ilmastointikonehuoneen esivalmistaminen on tarkastelun mukaan noin 15-17 % paikalla valmistamista kalliimpi vaihtoehto, mutta merkittävä aikataulusäästö vesikattotöiden nopeutumisena tekee ratkaisusta paikalla valmistamista kokonaiskustannuksiltaan noin 6 % kannattavamman kuvan 17 mukaisesti.

Tilaelementtiin tehtaalla asennettava ilmastointikone on tällä hetkellä kustannustehokkain ratkaisu. Ratkaisulla saavutetaan työmaalla esivalmistamisesta johtuva hyöty paremman rakennettavuuden ja tehokkaamman logistiikan muodossa. Ilmastointikonehuoneen työmaatoteutus on hankala ja logistisesti haastava paikalla rakentaen, sillä konehuoneen koko optimoidaan koneen mukaan, jolloin asennustilaa konehuoneessa on niukasti.

Nykyisessä vaihtoehdossa ongelmia tuottaa ratkaisun vähäinen vakiointiaste, jolloin ilmastointikoneet vaihtelevat paljon projektikohtaisesta kilpailutuksesta johtuen ja elementtikokoa joudutaan vaihtelemaan. Vakioimattomuus aiheuttaa yhteensopimattomuus ongelmia ja ylimääräisiä muutuskustannuksia. Nykyisessä mallissa ilmastointikone sisältyy ilmastointialiuurakkaan ja tilaelementti pääurakkaan, jolloin aliuurakoitsijan ilmastointikoneeseen hankintaa kilpailutettaessa tekemät muutokset saattavat aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia pääurakaan.

Ilmastointikonehankintojen keskittämien ja koneiden tyyppien vakioiminen tarjoaa säästöpotentiaalia moneen tavanomaiseen kerrostalohankkeeseen. Näin vakioituilla ilmastointikoneen ja konehuoneen yhdistelmillä mahdollistettaisiin nykyistä virheettömämmät ja rakennettavuudeltaan paremmat totutusratkaisut. Vakioinnista ja keskittämisestä saatavan säästön kanssa vakioitu ratkaisu voidaan

arvioida kustannuksiltaan kilpailukykyiseksi nykyiseen vaihtoehtoon verrattaessa. Vakiodun ilmastointielementtiratkaisun tarjoaminen edellyttää kooltaan useamman ilmastointiratkaisun vakiointia kohteen koon mukaisesti, jotta näin saataisiin katettua suurempi osa tuotannosta vakioratkaisuilla.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

5.1 Tulosten tarkastelu

Asuntotuotannon suunnittelunohjaksessa vakioinnin lisääminen vaatii vakioitujen suunnitteluratkaisuiden tehokkaan hyödyntämisen osana suunnittelunprosessia. Tekniset suunnittelualustat ovat tehokas keino ohjata suunnittelua yritykselle sopivaksi ja saada suunnitelmista tehokkaampia. Suunnitteluvaiheen päätökset vaikuttavat merkittävästi hankkeen rakennusvaiheen kustannuksiin ja näin suunnitteluvaiheen vakioinnin tulokset konkretisoituvat pääasiassa vasta kustannusten toteutuessa rakennusvaiheessa.

Vakioiduilla suunnitteluratkaisuilla mahdollistetaan tuotekehityksen vaatima toistuvuus ja näin esimerkiksi laadun kehittäminen vakioitujen suunnitteluratkaisuiden laatua parantamalla on mahdollista. Lisäksi vakioratkaisuiden kustannustehokkuuden kehittämiseksi ja rakennettavuuden parantamiseksi tehtyjen panostusten hyödyt ovat suuremmat kuin yksittäisen projektin kodalla niiden toistuessa useammassa hankkeissa.

Työn case-tarkastelut osoittavat betonielementtien ja tilaelementtien potentiaalin vakioinnin ja esivalmistamisen lisäämisessä. Elementtihankintojen ollessa arvoltaan hankkeen suurimpia hankintanimikkeitä niiden taloudellinen merkitys on suuri ja näin potentiaali kannattavuuden kehittämiseen on näiden nimikkeiden vakiointia parantamalla merkittävä. Vakioinnilla mahdollistetaan teollisen esivalmistuksen lisääminen ja sillä saavutettava hankkeen suunnittelu- ja rakentamisvaiheen keston lyhentymisen vaikuttaa suoraan hankkeen kustannuksia alentavasti.

Työn ensimmäinen tutkimuskysymys selvitti suunnittelualustojen ja vakioinnin käytön nykytilaa ja kustannusvaikutuksia. Teknisen suunnittelualustan käyttö on varsin järjestelmällistä monissa hankkeissa. Teknisen suunnittelualustan ratkaisut päätyvät säännön mukaisesti käyttöön suurelta osin omaperusteisessa asuntotuotannossa. Suurimpina poikkeuksina suunnittelualustojen sisällöstä

voidaan poimia märkätilaelementtien käyttämättömyys ja märkätilojen lattialämmityksen toteutusratkaisuiden muutokset.

Suunnittelualusta poikkeamissa useimmiten muutetaan mukavuuslattialämmityksen toteutusratkaisua paikallavalukohteissa, joissa vesikiertoisen lattialämmityksen toteuttaminen tulisi sähkökäyttöistä kustannuksiltaan kalliimmaksi. Elementtikohteissa kylpyhuone-elementin käytöstä luopuminen on suurin poikkeamien aiheuttaja. Kylpyhuone-elementin käytön kustannustehokkuuden kehittäminen on oleellista, jotta ratkaisu voidaan ottaa osaksi kustannustehokasta valmistusprosessia.

Elementtiratkaisun käytön esteenä on hankintakustannusten korkea taso, jolloin työläämpi ja hitaampi paikalla rakentaminen on hankkeen kustannustehokkuuden kannalta vielä tarkastelussa edullisempi. Betonielementtihankintojen kohdalla vakioidut ratkaisut ovat hyvin käytössä elementtisuunnittelussa ja tällä saavutetaan taloudellista säästöä mm. parveke-elementtien kohdalla useita prosentteja hankintakustannuksista.

Suunnittelualustojen käyttöprosentti on tällä hetkellä hyvä. Suunnittelualustoissa runsas valinnan mahdollisuus toteutusratkaisuihin aiheuttaa, että tällöin toistuvuuden ja vakioinnin ansiosta merkittävien kustannushyötyjen saavuttaminen on hankalaa. Teknisten suunnittelualustojen merkitys suunnittelunohjauksessa on suuri, sillä alustan ratkaisut toimivat suunnittelutyön pohjana. Hankkeen kustannusohjauksen kannalta suunnittelualustojen teknisten ratkaisuiden kustannustehokkuus ja teknisten ratkaisuiden vaatimustenmukaisuus tulee tuntea hyvin.

Tietomallinnuksella ja suunnittelualustoilla voidaan tehostaa merkittävästi suunnitteluprosessi. Tietomallinnuksen merkittäviä etuja on suunnitelmien yhteensovittaminen ja tämä edistää rakenneosien esivalmistuksen käyttöä. Suunnitelmien tietomallinnuksen myötä eri suunnittelijoiden suunnitelmien, sekä esivalmistettujen ja paikalla rakennettavien rakenneosien yhteensovittaminen

helpottuu ja tarkentuu. Vakioitujen ratkaisuiden käytön kannalta ohjausryhmävaiheen vakiointisääntöjen noudattamisen tarkastus on tärkeä osa yrityksen suunnitteluprosessissa. Sääntöjen noudattamisen valvominen mahdollistaa suunnitelmien keskitetyn ohjaamisen vakioidumpaan suuntaan. Vakiointia tulee pyrkiä edistämään hankkeen koko suunnittelu- ja tuotantovaiheessa hyötyjen saamiseksi.

Rakennushankkeen kustannustehokkuus muodostuu hankkeen hyvästä suunnittelusta ja tehokkaasta toteutuksesta. Hankkeen lähtökohtien tehokas huomioiminen ja lähtökohtien mukainen suunnittelu on tärkeää. Suunnittelun lähtötietojen mukaisesti hyvin suunniteltu ja oikea aikainen hanke on taloudellisesti kannattavin eli suunnitellaan oikeanlaisia hankkeita oikeaan paikkaan. Hanke- ja luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään hankkeen kannalta suurimmat taloudelliset valinnat ja näiden kustannusohjauksen onnistuminen on hankkeen kustannustehokkuuden kannalta suuressa merkityksessä.

Suunnitteluvaiheen päätösten vaikutukset hankkeen kustannuksiin tulee tuntea ja tällöin suunnitteluratkaisuiden kustannusten oikea arviointi ja tarkkuus korostuvat. Vakioitujen rakenneratkaisuiden kustannukset tunnetaan kokemukseen perustuen uniikkeja ratkaisuja paremmin, jolloin niiden käyttö on kustannussuunnittelun kannalta varmempaa. Tekninen suunnittelualusta helpottaa suunnittelijoiden ohjausta ja viestintää projektin suunnittelijoiden suuntaan. Aikataulutehokkuus on yksi vakioinnin ja esivalmistuksen etu, sillä esivalmistamalla rakennustuotteet teollisesti pidemmälle ennen työmaalle toimitusta tehostetaan työmaatoteutusta. Vakioitujen suunnitteluratkaisuiden vaikutus rakennusaikaa lyhentävästi ei ole itsestään selvää vaan aikataulusuunnittelulla on iso rooli hyötyjen konkretisoitumisessa, mutta vakioidut suunnitteluratkaisut tarjoavat potentiaalia hankkeen aikataulusäästöille.

Suunnitteluprosessin tehostuessa vakioratkaisuiden käytöllä mahdollisuus aikataulusäästöön syntyy jo suunnitteluvaiheen lyhentymisenä. Teknisten ratkaisuiden kehittämisellä ja esivalmistamisella taas mahdollistetaan

aikataulusäästö rakennusvaiheessa. Aikataulusäästöillä mahdollistetaan mm. tonttiin sidotun käyttöpääoman nopeampi vapautuminen ja pääomankierto tehostuvat.

Rakennettavuuden parantuminen on työmaatoteutukseen kannalta merkittävää. Sen kehittäminen vaikuttaa tuotannon tehokkuuteen paremmin toteutettavissa olevien rakenneratkaisuiden johdosta. Rakennettavuus vaikuttaa myös takuutyö- ja laadukustannuksiin alentavasti, kun ratkaisut saadaan toteutettua paremmin ja laadukkaammin esimerkiksi esivalmistettuina hyvissä tuotanto-olosuhteissa.

Rakennettavuuden varmistaminen esivalmisteisten rakenneosien kohdalla vaatii tarkkaa suunnitelmien yhtensovittamista ja virheettömyyttä. Tässä hyvänä työkaluna toimii tietomallintaminen, jonka avulla suunnitelmien yhteensopivuus parantuu ja suunnitelmien tarkastus helpottuu. Vakioinnin hyödyt konkretisoituvat parhaimmillaan hankintojen tehostumisena, parempina kustannusarvioina, kustannussäästöinä suunnitteluratkaisuissa ja pääomien käytön tehostumisena. Vakioinnilla voidaan vaikuttaa rakenneratkaisuiden tekniseen sekä taloudelliseen tehokkuuteen.

Toistuvuuden ja vakioinnin konkreettisten kustannushyötyjen saavuttaminen edellyttää suunnitteluratkaisuiden yhdenmukaisuutta useissa kohteissa, jotta säästöt suunnittelussa ja hankinnoissa näkyvät hankkeiden taloudellisessa tuloksessa. Vakioinnin lisääminen on mahdollista paremmalla suunnittelunohjauksella ja integroimalla vakioinnin toimintatavat osaksi suunnitteluprosessia. Selkein kustannustehokkuuden parannus vakioinnilla saavutetaan suuri volyymin materiaalien kohdalla, jotka ovat kopioitavissa ja toistettavissa monissa projekteissa. Laadun ja rakennettavuuden kehittäminen on yksi merkittävimmistä vakioinnin ja esivalmistuksen hyödyistä. Toimiviksi todettujen vakiodetaljien käyttö vähentää suunnitteluvirheitä ja parantaa rakenneosien yhteensopivuutta.

Tutkittaessa rakenneosien vakiointipotentialia vertailtiin case-esimerkkeinä kolmea erityyppistä rakenneosaa. Vakioiduilla suunnitteluratkaisuilla vaikutetaan hankkeen kannattavuuteen jo suunnitteluvaiheessa. Kaikissa kolmesta tutkituista rakenneosista vakioinnilla oli vaikutuksia toteutuksen laatuun, aikatauluun ja kustannuksiin. Erityisesti suuri volyyymisten materiaalien kohdalla kuten betonielementit vakioinnilla oli suuri merkitys kustannustehokkuuteen, sillä vakioidut detaljit mahdollistaa elementtien tehokkaamman tuotannon. Vakioinnilla voidaan vaikuttaa myös betonielementtien laadukkuuteen ja virheettömyyteen ja näin varmistaa tuotannon häiriöttömyys työmaalla.

Ilmastointikone-elementin toteutuksessa esivalmistuksen hyödyt osoittautuivat kustannuksia suuremmiksi. Ratkaisun vakioinnilla mahdollistettava valmistuksen tehostuminen teollisessa tuotannossa tarjoaa potentiaali kustannusten alenemiseen. Vakioidumpi esivalmistettu vaihtoehto tarjoaa myös laadun ja riskien kannalta varmemman ratkaisun.

Kylpyhuone-elementti vertailussa esivalmistuksen hyödyt eivät samalla laajuudella näy elementtimenetelmän parempana kustannustehokkuutena, jolloin vakioimalla mahdollistettava sarjavalmistuksen edellyttämä suurempi sarja ja tuotantotehokkuus tulee huomioida paremmin hankintahintojen madaltamiseksi. Elementtimenetelmän potentiaali sisävalmistusvaiheen tehostamiseen on merkittävä ja potentiaalia kustannussäästöihin vakioiduilla esivalmisteisilla rakenneratkaisuilla on. Menetelmän käytön volyyymia kasvattamalla ja käytön häiriöt poistamalla menetelmä on parhaimmillaan potentiaalinen ratkaisu päästä nykyisillä rakennuskustannuksilla laadukkaaseen ja teollisesti hyvissä olosuhteissa valmistettuun lopputulokseen. Näin hankalat vastuukysymykset selkeytyvät ja tämä tarjoaa mahdollisuuden säästää takuutyökustannuksissa.

5.2 Tutkimusmenetelmän arviointi ja tulosten luotettavuus

Tutkimustulosten ja menetelmien kriittinen tarkastelu on tärkeää etenkin tutkimuksen osissa, joissa tulokset perustuvat teemahaastatteluun tai tutkimuksen

lähdeaineisto on suppea. Tutkimuksen reliabiliteetti eli luotettavuuden arviointi on tulosten käyttökelpoisuuden kannalta merkittävää. Suppeaa lähdeaineistoa käytettäessä tulosten validiteetti aiheen aikaisempaan tutkimukseen ja haastateltavien asiantuntijoiden tietoon on olennaista.

Tapaustutkimus antaa kapea-alaisia ja tapauskohtaisia tutkimustuloksia, jolloin niiden yleistettävyyden ja monistettavuus eivät välttämättä ole hyvällä tasolla. Reliabiliteettia on tällöin tarkasteltava ja tähän on useampia menetelmiä mm. kongruenssi eli yhdenmukaisuus. Tutkimustiedon samankaltaisuus useammasta lähteestä tarkasteltuna lisää tutkimustiedon vakuuttavuutta. Tutkimuksen reliabiliteettiä pyrittiin parantamaan arvioimalla lähdeaineistoa kriittisesti ja käyttämällä useampaa lähdettä. (Hirsjärvi & Hurme 2006, 186) Tutkimuksen case-osassa tulosten luotettavuutta voidaan arvioida vertaamalla tulosta yrityksessä aiemmin tehtyihin kustannusvertailuihin ja tarkastella kriittisesti muutosta edellisiin tuloksiin.

Tapaustutkimuksen tulokset kylpyhuone-elementin kustannustehokkuuden kannalta vastasi hyvin aikaisempia tutkimustuloksia ja kustannuslaskelmia samasta aiheesta, joten työn johtopäätöstä elementin hieman kalliimmasta kustannuksesta suhteessa paikalla rakentamiseen voidaan pitää luotettavana. Ilmastointikonehuone-elementin kalliimpi hankintahinta, mutta kokonaiskustannuksiltaan edullisempi kustannus vastasi myös aikaisempien tutkimustulosten johtopäätöksiä. Parveke-elementtien kohdalla kustannustehokkuudeltaan parhaat ratkaisut noudatti Betoniteollisuus ry (2010) määrittämiä taloudellisen parveke-elementin koko rajoituksia ja tuentaratkaisun suhteen aikaisempien oletusten mukaista lopputulosta.

Tutkimuksen tulokset ovat yleistettävissä menetelmien ja teorian osalta myös kohdeyrityksen ulkopuolelle. Vertailuajankohdan kustannustaso määrittää kustannusmallinnuksen tuloksia, mutta laskentamenetelmän pääperiaatteet toimivat koti- ja ulkomailla vastaavaa vertailua suoritettaessa. Luotettavien

tulosten saamiseksi Vertailtavien rakenneosien määräysten mukaisuus ja saatavuus tulee tarkastella.

Aiheen kustannustarkastelujen ollessa case-tutkimuksia tulosten yhdenmukaisuus muuhun tutkimukseen on paras keino varmistaa tulosten oikeellisuutta tulosten osalta. Teoreettisen osan kohdalla luotettavuuden arviointia voidaan tehdä vertaamalla tuloksia kirjallisuuteen ja asiantuntijoiden haastattelun tuloksiin. Tulosten validius taas tarkastelee vastaavatko tutkimuksen tulokset asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Tutkimustulosten tulisi olla linjassa aiheen aikaisemman tutkimustiedon ja teorian kanssa. (Hirsjärvi & Hurme 2006).

5.3 Jatkoimenpiteet ja suositukset

Vakiointia integroidaan voimakkaasti osaksi kohdeyrityksen suunnittelu- ja tuotantoprosesseja. Aiheeseen liittyvää tutkimus- ja kehitystoimintaa yrityksessä on ollut useiden vuosien ajan. Teknisten suunnittelualustojen ratkaisut tulee kehittää vastaamaan yrityksen haluamiin vaatimuksiin teknisten ratkaisuiden osalta. Näin suunnittelua voidaan kehittää haluttuun suuntaan lisäämään laadukkuutta, riskittömyyttä ja taloudellisuutta.

Kylpyhuone-elementti on rakenneratkaisuna laadukas, vastuukysymyksiltään selkeä ja ratkaisu tehostaa työmaatoimintaa. Tällä hetkellä kustannustehokkain vaihtoehto on kylpyhuoneen toteuttaminen paikalla rakentaen. Elementin käytön lisäämiseksi ja kannattavuuden parantamiseksi tulee kylpyhuoneiden vakioimista parantaa ja lisätä yhteistyötä toimittajien kanssa, jotta ratkaisun ongelmia voidaan poistaa, saavuttaa sarjavalmistuksesta etua ja saadaan elementtien hankintahintaa alhaisemmaksi. Kansainvälisten elementtitoimittajien mahdollisuudet kannattaa myös kartoittaa yksikköhintojen alentamiseksi ja toimitusvarmuuden varmistamiseksi.

Elementin käytön asettamat vaatimukset asukasvalinnoille tulee tällöin huomioida esivalmisteisten tuotteiden pidemmästä toimitusajasta johtuen. Elementtiä

käytettäessä jo hankesuunnitteluvaiheessa kylpyhuoneiden samanlaisuuteen tulee kiinnittää huomiota ja varmistaa suunnittelussa elementinkäytön onnistuminen ja esivalmistuksen tehokkuus.

Ilmastointikonehuoneen toteuttaminen tilaelementistä on osoittanut tehokkuutensa ja on vallitseva käytäntö tällä hetkellä. Projektikohtainen vaihtelevuus tilaelementeissä ja ilmastointikoneissa on suurta, joten kustannustehokkuudeltaan vielä potentiaalisempi vaihtoehto olisi käyttää pidemmälle tuotteistettua konehuoneen ja ilmastointikoneen yhdistelmää. Tuotteistamalla elementtiratkaisua pidemmällä saavutetaan suunnittelijoille selkeä vaihtoehto, valmistajille vakioinnin myötä enemmän sarjatyötä ja rakentajille vielä pidemmälle esivalmistettu ja toimivampi elementtiratkaisu. Tuotteistaminen mahdollistaa yksittäisen ilmastointikoneen tai tilaelementin sijasta suuremman hankintakokonaisuuden kilpailuttamisen ja suuremmalla hankintavolyymillä on potentiaalia neuvotella yksikköhintoja nykyistä alhaisemmiksi.

Parveke-elementtien vakioinnissa vakiodetaljien käyttäminen ja parveketyyppien vakiointi mahdollistaa hankintojen kustannusedut. Hankintojen keskittäminen ja suuremman ominaisuuksiltaan vakioidun tilausvolyymien mahdollistaminen näkyy merkittävästi alhaisempina yksikköhintoina. Betonielementtihankintojen suuremmat volyymit verrattuna kahteen muuhun työssä vertailtuun rakenneosaan tarjoaa suuremmat mahdollisuudet vakioinnilla saataville kustannussäästöille. Suunnitteluvaiheessa parvekkeiden toteutusratkaisuille on useita vaihtoehtoja ja parveketyypin valintaa ohjaavat ominaisuudet, kustannustehokkuus ja määräykset.

Kustannustehokkuus tulee tukia parvekeratkaisun kokonaiskustannusten kautta, sillä eri vaihtoehtojen kustannusrakenteet eroavat merkittävästi toisistaan. Parveke-elementin kustannuksen lisäksi tarkastelussa tulee huomioida ainakin ulokeparvekkeiden työnaikaisen tuennan kustannukset sekä mahdollisten piilien ja pilareiden kustannus. Rakennettavuuden arvioiminen on myös merkittävää ja ratkaisun vaikutus elementtiasennuksen työsaavutukseen tulee huomioida lisääntyneen elementtimäärän tai hitaan työnaikaisen tuennan osalta. Parveke-

elementti hankinnoissa vakiointi ja keskittäminen ovat tällä hetkellä hyvin käytössä, joten hankintahinnat eivät tarjoa samanlaista säästöpotentiaalia kuin vakioimattomat rakenteet vaan potentiaalia kehittää kustannustehokkuutta todennäköisesti löytyy vakioimalla parveketyyppejä samanlaisiksi.

Rakennusteollisuudessa suhdannevaihtelut ovat suuria ja rakentamisen volyymien vaihtelu voimakasta. Suhdannevaihtelut vaikuttaa merkittävästi materiaalien ja työurakoiden kustannustasoon ja saatavuuteen. Korkean suhdanteen aikana saatavuus heikkenee ja hintataso nousee, joten esivalmistettujen rakennusosien saatavuudella kotimaan markkinoilla esiintyy merkittäviä vaihteluita.

Työn jatkotutkimus mahdollisuutena olisi selvittää suhdannevaihteluiden vaikutusta vakioitujen ja esivalmistettujen rakenneratkaisuiden saatavuuteen ja kustannustasoon. Suhdanteet tahdittaa lisäksi merkittävästi myös asuntokauppaa, joten voidaan selvittää myös suhdannevaihteluiden vaikutusta asunnonostajien ostopäätöksiin ja vakiointiasteen merkitystä eri markkinatilanteissa. Vaikuttaisiko vakiointiasteen nostaminen ja alhaisempi hintataso positiivisesti asuntokauppaan heikossa markkinatilanteessa?

6 YHTEENVETO

Vakioituilla teknisillä ratkaisulla voidaan hankkeen kustannuksia hallita tarkemmin jo hankkeen suunnitteluvaiheessa, sillä vakioitujen ratkaisuiden kustannusvaikutukset tunnetaan uniikkeja paremmin. Vakioinnilla saavutetaan säästöpotentiaalia rakennuskustannuksissa etenkin nimikkeiden kohdalla, joiden valmistuksessa saavutetaan etua sarjatyöstä ja samanlaisuudesta. Vakioituilla teknisillä ratkaisulla, kuten teknisillä suunnittelualustoilla saavutettava hankkeiden suunnitelturatkaisuiden yhdenmukaisuus mahdollistaa suuremmat hankintavolyymit ja potentiaalia keskittämiseen ja parempaan toimittajayhteistyöhön. Tällöin hankintakustannuksia voidaan saada alhaisemmaksi ja toimituksia kehitettyä. Vakiointi ja keskittäminen hankinnoissa tarjoaa potentiaalia kehittää tuotetta ja toimintaa yhteistyössä toimittajan kanssa.

Suunnitelmien laadukkuuteen voidaan vaikuttaa käyttämällä suunnittelussa vakioituja teknisiä ratkaisuja, joiden laatu tunnetaan. Teknisen suunnittelualustan merkitys hankkeen suunnittelun lähtökohtana on suuri ja sen avulla suunnittelijoille saadaan viestitettyä tehokkaasti, millaisia rakennuksia yritys haluaa tuottaa ja tarjoaa suunnittelijalle selkeän pohjan yrityksen haluamista suunnitelturatkaisuihin. Suunnittelualustalla mahdollistetaan suunnitelmien parempi yhtenäisyys eri suunnittelijoiden välillä ja myös eri hankkeiden välillä yhdenmukaisuus suunnitelturatkaisuihin lisääntyy. Vakioidut ratkaisut mahdollistaa toistuvuutensa ansiosta tehokkaan toiminnan parantamisen ja kehittämisen verrattuna kohdekohtaisiin uniikkeihin suunnitelmiin.

Teknisen suunnittelualustan johdonmukainen käyttö yrityksessä on keskeinen keino vakioida suunnitelturatkaisuja. Suunnittelualustan mukaisista ratkaisuihin poiketaan vain satunnaisesti. Kohdeyrityksen suunnittelualustat tarjoavat tällä hetkellä suunnittelijoilla laajat valinnan mahdollisuudet teknisten ratkaisuiden toteutuksessa, jolloin hyötyä vakioinnin lisääntymisenä ja sen hyötyjen realisoina alhaisempina kustannuksina ei välttämättä toteudu. Suunnittelualustan käytön hyödyt realisoiduvat tällöin suunnitelmien laadun kontrolloitavuutena suunnittelualustan hyvien ja teknisesti toimivien suunnittelu-

ratkaisuiden myötä. Vakiointi tarjoaa potentiaalia parantaa materiaalihankintojen esivalmistusastetta, kehittää rakennettavuutta ja lisätä työmaalla tehtävän työn tehokkuutta. Esivalmistus yleisesti nostaa rakenneratkaisuiden yksikköhintoja, mutta hankintahintaa kompensoivat esivalmistuksen aikataulusäästöt ja työmaatuotannon riskien pieneneminen ja laadukkaampi lopputulos.

Kylpyhuoneratkaisuista kustannustehokkain vaihtoehto on toteuttaminen paikalla rakentaen. Elementin käytön lisäämiseksi ja kannattavuuden parantamiseksi tulee kylpyhuoneiden vakioimista parantaa ja lisätä yhteistyötä toimittajien kanssa, jotta ratkaisun ongelmia voidaan vähentää, saavuttaa sarjavalmistuksesta etua ja saadaan elementtien hankintahintaa alhaisemmaksi. Kylpyhuone-elementti on potentiaalinen keino parantaa toteutuksen laatua, hankkia aikataulusäästöä ja vähentää kuivumisajoista johtuvia riskejä. Elementtiratkaisun kustannustehokkuutta heikentää hankintavolyymin alhaisuus ja hankkeiden erilaisten kylpyhuoneiden suuri lukumäärä mikä pakottaa valmistussarjat pieniksi nostaen valmistuksen yksikkökustannuksia. Kylpyhuoneratkaisuiden vaikutukset rakennussuunnitteluun ja asukasmuutoksiin on huomioitava.

Ilmastointikonehuoneen toteuttaminen tilaelementistä on tehokkuutensa johdosta vallitseva käytäntö tällä hetkellä. Esivalmistuksen kustannukset maksaa itsensä takaisin vesikattotyön aikataulussa ja vaikuttaa koko sisävalmistusvaiheen aikatauluun. Ratkaisuiden projektikohtainen vaihtelevuus tarjoaa potentiaalia tuotteistuksella ja vakioinnille. Elementtiratkaisun paremmalla tuotteistuksella saavutetaan selkeyttä suunnitteluratkaisuihin, parannetaan yhteensopivuutta ja saavutetaan potentiaalia pienentää yksikköhintoja suuremman hankintavolyymin myötä.

Parveke-elementtien vakioidut valmistusdetaljit ja hankintojen keskittäminen tarjoaa säästöpotentiaalia hankintahinnoissa. Parveke-elementtien kustannustehokkuutta määrittää kannatusyyppi, laatan koko ja valmistusdetaljit. Kustannustehokkuutta tarkastellessa tulee huomioida parvekkeen kannatusratkaisujen suuri kustannus- ja toteutustekninen merkitys.

Ulokeparvekkeen laatan kalliimpaa hankintakustannusta ja työmäärältään huomattavaa työaikaista tuentaa kompensoi pieli- ja pilarielementtien hankintahinnan suuruinen kustannussäästö.

Työn tuloksena laaditut Excel-laskentapohjat mahdollistavat kolmen rakennusosan rakennevaihtoehtojen tehokkaamman kustannusvertailun hankkeen suunnitteluratkaisuja vertailtaessa. Rakennerratkaisuiden tapauskohtainen arviointi on kustannustehokkuuden kannalta merkittävää ainakin tarjoushintojen ja kustannustason muuttuessa, jotta varmistetaan parhaan ja kustannustehokkaimman ratkaisun käyttö.

Yleisesti vakioinnilla saavutettava yksikkökustannusten aleneminen on merkittävin kustannuksiin vaikuttava tekijä, mutta vakioinnin mahdollistama esivalmistuksen lisääminen ja esivalmistuksesta saatavat aikasäästöt vaikuttavat merkittävästi myös hankkeen käyttöpääoman käytön tehokkuuteen. Kustannussäästöt edellyttävät hankkeen suunnitteluvaiheessa määrätietoista suunnittelunohjausta ja aikataulusuunnittelua, jotta saavutetut edut tuotannon tehokkuuden nostamiseksi ja hankintakustannusten pienenemiseksi toteutuisi.

LÄHTEET

Betoniteollisuus Ry. 2010. Betonielementtiparvekkeet. [verkkajulkaisu]. [viitattu: 11.03.2016]. Saatavissa:

www.elementtisuunnittelu.fi/Download/.../Betonielementtiparvekkeet.pdf

Chan, A.P.C. & Chan, A.P.L. (2004) Key performance indicators for measuring construction success. *Benchmarking: An International Journal*, 11(2), s. 203–221.

Gibb, A.G. (2001), “Standardisation and pre-assembly – distinguishing myth from reality using case study research”, *Construction Management and Economics*, Vol. 19, s. 307-315.

Eloranta, Riitta. 2014. Asuntojen rakentamiskustannukset. *Rakennusfoorumi*

7.10.2014. [verkkajulkaisu]. [viitattu: 22.01.2016]. Saatavissa:

<https://www.rakennustieto.fi/material/attachments/5oJ5FjlGF/LVcdpLi5V/Rakennusfoorumi071014REloranta.pdf>

Forsbacka, J. Laatupäällikkö. Takuutyökustannukset. Skanska Talonrakennus Oy. [sähköposti] 27.01.2016

Gao, S. & Low, S. P. 2013. The Toyota Way model: an alternative framework for lean construction. *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 25 Iss: 5-6, 1-19, ISSN: 1478-3371.

Hanninen, M. 2015. Rakennustyön tuottavuuden kehittäminen ja mittaaminen [verkkajulkaisu]. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan koulutusohjelma. [Viitattu 10.03.2016]. Diplomityö. 102 s. Saatavissa: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/22813/Hanninen.pdf?sequence=3>

Hendrickson, C. & Tung, A. 1989. Project Management for Construction, Fundamental Concepts for Owners, Engineers, Architects and Builders. Prentice Hall.

Hirsjärvi, S., Hurme, H. 2006. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. 4. painos. Helsinki: Yliopistopaino.

Hytönen A. & Seppänen M. 2009. Tehdään elementeistä - Suomalaisen betonielementti-rakentamisen historia. Suomen Betonitieto Oy. Helsinki 332 s.

Jansson, G. 2010. Industrialised Housing Design Efficiency. Licentiate thesis, Luleå University of Technology.

Jansson, G., Johansson, H., & Engström, D. 2013. Platform used in system building. Construction Management and Economics.

Jokivuori, N. 2014. Uudisrakennuskohteen kylpyhuone-elementin ja paikalla tehdyn kylpyhuoneen vertailu. [verkkodokumentti]. Metropolia ammattikorkeakoulu. Rakennusalan työnjohto. [Viitattu 10.02.2016]. 37 s. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/82994>

Kiviniemi, Markku. Talonrakentamisen tuotteiden ja toimintatapojen vertailu. Espoo 1996, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT Tiedotteita - Meddelanden - Research Notes 1795. 57 +15 s.

Kirjalainen, S. 2015. Asuntorakentamisen työmaavaiheessa havaittavat virheet ja niiden kustannukset. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 62 s.

Koskela, L. 1992. Application of the new production philosophy to construction, Stanford, CA, Stanford university (Technical Report No. 72, Center for Integrated Facility Engineering, Department of Civil Engineering).

Koskenvesa, Anssi. 2010. Rakennustyön tuottavuus 1975–2010. Rakentajain kalenteri 2011. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry. [Viitattu 22.01.2016]. Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK110503.pdf>.

Kotilainen Sini, Hedman Markku. 2015. Asukaslähtöinen puukerrostalokortteli tilaelementeistä, julkaisu 17. Tampereen teknillinen yliopisto, Arkkitehtuurin laitos. Tammerprint Oy, Tampere 2015

Kukkonen A. & Korhonen A. Perustajaurakointiliiketoiminta verotuksessa. Verohallinto. 10.09.2008. [Viitattu 10.03.2016]. Saatavilla: [https://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Elinkeinoverotus/perustajaurakointiliiketoiminta_verotuks\(9991\)](https://www.vero.fi/fi-FI/Syventavat_veroohjeet/Elinkeinoverotus/perustajaurakointiliiketoiminta_verotuks(9991))

Lessing, J. 2006. Industrialized house-building: Concept and Processes, Lund, Sweden: Lund Institute of Technology.

Lessing J. Stehn L. & Ekholm A. 2015. Industrialised house-building – development and conceptual orientation of the field", Construction Innovation, Vol. 15 Iss 3 378 – 399 s.

Myyrä, T. 2012. Kylpyhuone-elementin ja paikallatehdyn kylpyhuoneen kustannusvertailu [verkkodokumentti]. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. [Viitattu 10.02.2016]. Insinööriyö. 52 s. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/39925>

Niskanen, J. & Niskanen, M. 2000. Yritysrahoitus. Helsinki, Edita Prima. 421 s.

Patokoski, R. BoKlok – Skanska ja IKEA yhdessä. Asuntoreformiyhdistys 27.11.2012. Saatavilla: http://www.ary.fi/aineisto/Riku%20Patokosken%20esitys_.pdf

Paavola, E-M. Takuukorjauksiin johtavat virheet asuntotuotannossa. Diplomityö. Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu. Espoo. 2015. 78 s.

Pedersen ,P-C & Slepnirov ,D. (2016) "Management of the learning curve: a case of overseas production capacity expansion". International Journal of Operations & Production Management, Vol. 36 Iss: 1, 42 - 60 s.

Productivity Press Development Team. 1996. 5S for Operators – 5 pillar sof the Visual Workplace. (Based on 5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation by Hiroyuki hirano). Malloy Lithographing Inc. New York. 121 s.

Putkonen, J. Vastaava työnjohtaja. Skanska Talonrakennus Oy. Haastattelu 24.11.2015.

Rakli ry. 2015. Selvitys kaavamääräysten kustannusvaikutuksista.

[verkkojulkaisu]. 51 s. [viitattu: 13.1.2016] Saatavilla:

//www.rakli.fi/media/yhdyskunta/2015_kaavamaaraysten_kustannusvaikutukset_raportti_netires.pdf

RT 10-11107. 2012. Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR12. Asunto-, toimitila- ja rakennuttajaliitto RAKLI ry ja Rakennustietosäätiö. 24 s.

RT 10-10387, Talonrakennushankkeen kulku. 1989. [verkkojulkaisu]. Helsinki: Rakennustieto. [viitattu: 13.1.2016]

Salmela, L. Skanska Suomessa: Skanskan toiminta Suomessa kattaa rakentamispalvelut, asuntojen ja toimitilojen projektikehityksen sekä elinkaarihankkeet. Skanska Oy. [verkkojulkaisu]. 11.2.2015. [Viitattu 10.03.2016]. Saatavissa: <http://www.skanska.fi/Tietoa-Skansasta/Skanskakonserni/Skanska-Suomessa/>.

Savolainen, M. Työnjohtaja. Skanska Talonrakennus Oy. Haastattelu 24.11.2015.

Skanska Oy. Suunnittelijan työkalut. [verkkajulkaisu]. verkkokurssi [Viitattu 15.02.2016]. 27 s.

Saurin, T. A. & Gonzalez, S. S. 2013. Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: Case study of a control room in an oil refinery. Applied ergonomics, Vol. 44 Iss: 5, 811-823, ISSN: 0003-6870.

Sipilä, A. Hankintainsinööri. Skanska Oy, Nordic Procurement Unit. Haastattelu: 04.03.2016

Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennuskustannusindeksi [verkkajulkaisu]. ISSN=1795-4282. lokakuu 2015. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 8.12.2015]. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/rki/2015/10/rki_2015_10_2015-11-13_tie_001_fi.html

Syrjäläinen, P. 2014. Kylpyhuoneosastojen tuotantovertailu. [verkkajulkaisu]. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma [Viitattu 10.02.2016]. Insinöörityö. 47 s. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/72759>. 2014.

Tampereen teknillinen yliopisto. Kysely ja haastattelumenetelmät [verkkajulkaisu]. Verne Liikenteen tutkimuskeskus, [viitattu: 22.01.2016]. Saatavissa: <http://www.tut.fi/verne/tutkimusmenetelmat/kysely-ja-haastattelumenetelmat/>

Tekla Corporation. Tekla BIM Awards 2011: As Oy Huittisten Keskushovi. 2011. Saatavilla: <http://www.tekla.com/fi/bim-awards-2011/bimmodel10-fi.html>

Teollinen valmisosarakentaminen [verkkajulkaisu]. Betoniteollisuus Ry. [viitattu: 8.12.2015]. Saatavissa:

<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>

Thuesen, C., & Hvam, L. 2011. Efficient on-site construction: learning points from a German platform for housing. *Construction Innovation*, 338-355.

Tilastokeskus. 2012. Tuottavuustutkimukset. [verkkajulkaisu]. [Viitattu: 15.3.2016]. Saatavissa: <http://www.stat.fi/til/ttut/tau.html>

Ulvila, N. 2014. Elementtikylpyhuoneiden ja paikalla rakennettujen kylpyhuoneiden kustannusvertailu. [verkkajulkaisu]. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma [Viitattu 10.02.2016]. Insinööriyö. 34 s. Saatavissa: <https://www.theseus.fi/handle/10024/74521>

Väänänen J. Ärölä, E. 2014. (MML Kiinteistöjen kauppahintatilasto 2013. Helsinki. Maanmittauslaitos. [viitattu: 3.3.2016]. Saatavissa:http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/kiinteistojen_kauppahintatilasto_2013.pdf

Ylemmän AMK- tutkinnon metodifoorumi. 2007. 7. Tutkimuksen luotettavuuden arviointi. [verkkajulkaisu]. [viitattu: 04.02.2016]. Saatavissa: <http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojaksot/0709019/1193463890749/1193464144782/1194348546586/1194356433452.html>

Yritystutkimus ry. 2011. Yritystutkimuksen tilinpäätösanalyysi. Helsinki, Gaudeamus Helsinki University Press. 105 s.

Åkerman, A. 2010. Systemaattisten rakennusvirheiden eliminointi asuntorakentamisessa. Diplomityö. Espoo: Teknillinen korkeakoulu, Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos. 75 s.

Williams, C. 2003. Platform design for customizable products and processes with non-uniform demand. Mechanical Engineering Georgia Institute of Technology: Atlanta. 322 s.