



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JOHAN PELLIKKA
PUURUNKOISEN PIENTALON PERUSTUS- JA RUNKORAKEN-
TEIDEN VAKIOINTI

Diplomityö

Tarkastaja: professori Arto Saari ja
professori Sami Pajunen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Talouden ja rakentamisen tiedekun-
taneuvoston kokouksessa 7. joulu-
kuuta 2016

TIIVISTELMÄ

JOHAN PELLIKKA: Puurunkoisen rivitalon perustus- ja runkorakenteiden vakiointi

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 74 sivua, 8 liitesivua

Helmikuu 2018

Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma

Pääaine: Rakennesuunnittelu

Tarkastaja: professori Arto Saari ja professori Sami Pajunen

Avainsanat: vakiointi, pientalo, puurakenteet

Rakennusala on jo pitkään kamppailut heikon laadun ja matalan tuottavuuden ongelmien kanssa. Monesti ratkaisuna laatu- ja tuottavuusongelmiin esitetään rakennustuotteiden esivalmistusasteen nostoa ja modulaarisuuden hyödyntämistä rakentamisessa. Näiden ehdotusten käytännön sovelluksissa rakenteiden, rakennustuotteiden ja rakentamisen prosessien vakiointi ovat keskeisessä osassa.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia rakenteiden ja prosessien vakiointia yleisesti sekä vakioinnilla saavutettavissa olevia hyötyjä rakennusliikkeen liiketoiminnalle. Lisäksi tutkimuksessa selvitetään kohdeyrityksen pientalotuotteesta haastaviksi koettuja rakenneratkaisuja ja pyritään kehittämään niihin vakioidut ratkaisut.

Tutkimus käsittää kaksi toisistaan melko irrallista kokonaisuutta. Vakiointia ja sen sovelluksia sekä vaikutuksia kohdeyrityksen liiketoimintaan selvitetään kirjallisuuden perusteella. Näkökulmina on erityisesti esivalmistusasteen nosto rakennustuotannossa, massaräätälöinnin hyödyntäminen sekä tilaelementtien käyttö.

Rakenteiden vakiointia selvitetään kvalitatiivisena tapaustutkimuksena, missä tutkimusaineisto kerätään teemahaastattelulla sekä kohdeyrityksen aiempien hankkeiden dokumentaatiosta. Kehitysehdotuksia arvioidaan kohdeyrityksen työntekijöiden kesken asiantuntijatyöpajassa.

Tutkimuksen tuloksina laaditaan kehitysehdotuksia, miten vakiointia voidaan hyödyntää kohdeyrityksen liiketoiminnassa sekä minkälaisia hyötyjä ja riskejä vakiointiin mahdollisesti liittyy. Lisäksi laaditaan kohdeyrityksen pientalotuotteelle vakioidut rakenneratkaisut.

ABSTRACT

JOHAN PELLIKKA: The standardization of foundation and frame structures of the small residential building

Tampere University of Technology

Master of Science Thesis, 74 pages, 8 Appendix pages

February 2018

Master's Degree Programme in Civil Engineering

Major: Structural Engineering

Examiners: Professor Arto Saari and Professor Sami Pajunen

Keywords: standardization, small residential building, wood structure

The construction industry has struggled long time with problems of the poor quality and low productivity. Many times the solution to the quality and productivity problems are shown in lifting prefabrication rate of construction products and utilizing modularity in construction. In the practical applications of these proposals standardization of the structures, products and processes are in a key position.

The object of this study is examined the standardization of structures and processes in general and the benefits of standardization for the construction company's business. In addition, the research studies the challenging structural solutions of the target company's small residential building and seeks to develop standardized structures.

The study consists of two relatively loose entities. The standardization and its applications as well as the effects of the target company's business are clarified on the basis of literature. In particular, the focus is on elevating the degree of prefabrication in production, utilizing mass customization and module-based production.

Standardization of structures is described as a qualitative case study where the research material is collected by theme interviews and the documentation of the previous projects of the target company. Development proposals are evaluated at an expert workshop among the employees of the target company.

As results of the research, development proposals are made on how standardization can be utilized in target company's business and what kind of benefits and risks may be associate at standardization. At the same time, the standardized construction solutions are drawn for the target company's small residential building.

ALKUSANAT

Kuukausien synnytysprojekti on päätöksessä, diplomityöni alkaa viimein olla valmis.

Kiitän työn toimeksiantajaa, T2H Rakennus Oy:tä heidän tarjoamastaan mahdollisuudesta tehdä tutkimusta käytännönläheisen ja mielenkiintoisen aiheen parissa. Erityiskiitos työni ohjaajalle Tuomo Göösille tuesta ja työn tavoitteiden muistuttamisesta. Kiitos T2H:n henkilöstölle positiivisesta ja kannustavasta suhtautumisesta tutkimustani kohtaan. Kiitos kuuluu myös TTY:n puolesta työtäni ohjanneille ja työni tarkastaneille professori Arto Saarelle ja professori Sami Pajuselle.

Kiitos myös vaimolleni Anulleni, joka kärsivällisellä ja pyyteettömällä työllään ja asenteellaan on mahdollistanut opiskeluni ja tämän työn toteuttamisen perhe-elämän keskellä.

Tampereella 19.2.2018

Johan Pellikka

SISÄLLYSLUETTELO

1.	JOHDANTO	1
1.1	Tutkimuksen tausta	1
1.2	Tutkimuksen tavoitteet	1
1.3	Rajaus	2
1.4	Tutkimuksen toteutus	2
1.5	Tuotokset	3
1.6	Tutkimusraportin rakenne	3
2.	VAKIOINTI JA MASSARÄÄTÄLÖINTI ASUNTOTUOTANNOSSA	5
2.1	Rakennusprosessien ja -tuotteiden vakiointi	5
2.1.1	Vakioitujen tuotteiden ja prosessien käytön hyödyt	5
2.1.2	Vakioitujen tuotteiden ja prosessien käyttöönoton haasteet	9
2.1.3	Esimerkkejä esivalmistuksen ja moduulirakentamisen hyödyntämisestä rakennushankkeessa	15
2.2	Massaräätälöinnin hyödyntäminen asuntotuotannossa	17
2.2.1	Massaräätälöinnillä saavutettavat hyödyt	17
2.2.2	Massaräätälöinnin kehityksen haasteet	25
3.	TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN KULKU	28
3.1	Kirjallisuuskatsaus	28
3.2	Haastattelututkimus	29
3.2.1	Haastattelumenetelmät	29
3.2.2	Haastateltavat henkilöt	29
3.2.3	Haastatteluiden toteutus	30
3.3	Asiantuntijatyöpaja	31
3.4	Osallistuva havainnointi	32
4.	PROSESSIEN JA RAKENNERATKAISUJEN VAKIOINNIN NYKYTILA JA KEHITTÄMISTARPEET KOHDEYRITYKSESSÄ	33
4.1	Pientalohankeen vakiointi kohdeyrityksessä	33
4.2	Rakenteiden vakiointi kohdeyrityksessä	36
4.2.1	Perustus- ja alapohjarakenteet	36
4.2.2	Pientalon vaipan rakenteet	37
4.3	Suunnitteluprosessin ja suunnitelmien kehittämistarpeet	39
5.	KEHITYSEHDOTUKSET	41
5.1	Perustukset ja alapohja	41
5.2	Ulkoseinät	42
5.3	Väliseinät	43
5.4	Detaljit	44
5.5	Ulkoasu	45
5.6	Suunnittelun ohjaus	46
6.	TUTKIMUSTULOKSET	48
6.1	Vakioinnin hyödyntäminen kohdeyrityksen asuntotuotannossa	48

6.1.1	Prosessien ja tuotteiden vakioinnin kehittäminen.....	48
6.1.2	Massaräätälöinnin kehittäminen	50
6.1.3	Teollisen rakentamisen kehittäminen.....	52
6.2	Kohdeyrityksen puurakenteisen pientalon vakioitavat rakenteet.....	54
6.2.1	Perustukset ja alapohja.....	54
6.2.2	Rakennuksen vaippa	55
6.2.3	Väliseinät	57
6.2.4	Detaljit ja ulkoasu	59
6.3	Tulosten analysointi	61
7.	JOHTOPÄÄTÖKSET.....	64
	LÄHTEET.....	66

LIITE A: TEEMAHAASTATTELUN KYSYMYKSET

LIITE B: TEEMAHAASTATTELUIDEN YHTEENVETO

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Diplomityön kohdeyritys, T2H Rakennus Oy on pyrkinyt määrätietoisesti vakioimaan rakentamiensa rivi- ja kerrostalojen rakenteita ja rakennusprosessia. T2H on teettänyt viimevuosien aikana useita opinnäyte- ja diplomitöitä, joissa on tutkittu perustajaurakoinnin prosesseja, suunnittelua, hankintaa, rakentamista ja kohteen luovutusta loppukäyttäjille. Rakennusprosessin vakiointi näiden kehitysprojektien myötä viety jo pitkälle ja tulokset ovat osoittautuneet positiivisiksi. T2H on pyrkinyt kehittämään koko yrityksen kattavat toimintamallit, jolla omaperusteisen rivi- tai kerrostalohankkeen toteutusprosessia on tehostettu.

Rivitalotuotannossa on edelleen prosessien kehittämisestä huolimatta rakennusteknisiä tuotannollisia ja laadullisia haasteita. Suunnitelmissa saattaa olla puutteita tai epäselvyyksiä, suunnitellut rakenteet voivat olla haastavia toteuttaa tai suunniteltu rakenne ei muuten täytä T2H:n korkeita laatuvaatimuksia. Saattaa olla myös epäselvää, mitkä rakenneosat esimerkiksi ulkoverhouksessa tai terasseissa on järkevää toteuttaa elementtinä, mitkä taas ovat kustannustehokkaampaa rakentaa paikan päällä. Työmaahenkilöstöllä, aliurakoitsijoilla tai elementtitoimittajilla ei aina ole täyttä käsitystä kaikista rakennusvalvonnan, materiaalivalmistajien ja muiden rakentamistapa- ja suunnitteluohjeiden määräyksistä ja vaatimuksista. Tästä seuraa vaihtelevia rakentamiskäytäntöjä T2H:n eri hankkeissa kunakin projektin organisaatiosta riippuen.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tutkimus pyrkii selvittämään, miten rakenteiden vakiointi vaikuttaa rakennusprosessiin ja lopputuotteeseen. Voidaanko rakenneratkaisujen vakioinnilla nopeuttaa suunnittelu- prosessia ja vähentää suunnittelunohjauksen työmäärää tai miten rakenteiden vakiointi vaikuttaa hankintaprosessiin, erityisesti onko sillä hankintoja tehostavaa tai selkiyttävää vaikutusta tai vaikutusta saatuihin urakkatarjoushintoihin. Tutkimuksella pyritään myös selvittämään, onko rakenneratkaisujen vakioinnilla vaikutusta lopputuotteen laatuun, rakennustyön kestoon tai lisä- ja muutostöiden määrään.

Tutkimuksella pyritään selvittämään mitkä rakenteet, liittymät ja detaljit T2H:n henkilöstö on kokenut haastaviksi toteuttaa ja kehittää näitä rakenteita toimivampaan suuntaan. Tavoitteena on tutkia puurunkoisen rivitalon rakenneratkaisuja ja detaljeja ja pyrkiä

kehittämään niitä helpommiksi, halvemmiksi ja nopeammiksi toteuttaa. Tällä pyritään saamaan suunnittelu-, hankinta- ja rakennusprosessista tehokkaampi ja sitä kautta madaltamaan kustannuksia ja lyhentämään hankkeiden läpimenoaikaa.

1.3 Rajaus

Tutkimuksen rakenneratkaisujen kehittämistä käsittelevä osuus rajataan koskemaan vain kohdeyrityksen rivitalotuotetta ja sen perustus- ja runkorakenteita. Kaikkia rakennuksen rakenteita ja detaljeja ei käsitellä, vaan tutkimuksessa keskitytään haastatteluissa esiin tulleisiin rakenteisiin.

Tutkimuksen rakenteiden vakioimisen vaikutuksia selvittävä osuus sen sijaan käsittää laajemmin koko talonrakennuksen alan niin kotimaassa, kuin ulkomaillakin. Painopiste vakioinnin vaikutuksia selvitetessä on kustannuksissa, aikataulussa ja lopputuotteen laadussa.

1.4 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksessa on kaksi toisiaan tukevaa osuutta: kirjallisuusselvitys ja rakenneratkaisujen kehittäminen. Tutkimus pyritään toteuttamaan siten, että ensiksi selvitetään kirjallisuuden perusteella vakioinnin vaikutuksia sekä tutkitaan suunnitteluohjeiden ja RT-korttien mallisuunnitelmia puurakenteista ja tämän jälkeen toteutetaan rakenteiden kehittämiseen tähtäävä haastattelututkimus sekä asiantuntijatyöpaja. Kirjallisuusselvitys suoritetaan ensiksi, jotta käsiteltävään asiaan saadaan mahdollisimman hyvä asiantuntemus ennen haastatteluita. Näin haastattelijalla on paremmat valmiudet haastatteluiden toteuttamiseen ja haastatteluissa on paremmat edellytykset laadukkaaseen lopputulokseen. Nopeasta aikataulusta johtuen tutkimuksen eri osia tehdään osittain samanaikaisesti, mutta pyrkimyksenä on toteuttaa kirjallisuusselvitys osio mahdollisimman pitkälle ennen haastatteluiden aloittamista.

Rakenteiden vakioinnin vaikutuksia selvitetään lähinnä kvalitatiivisella kirjallisuustutkimuksella. Lähdeaineistona pyritään käyttämään sekä kotimaisia, että ulkomaisia tutkimuksia ja mahdollisimman laajaa lähdeaineistoa kattavan ja syvällisen käsityksen saamiseksi. Vakioinnin vaikutusten arvioinnissa seurantatutkimus olisi kenties paras, mutta se vaatisi pitkän tutkimusajan ja useiden projektien tarkkailua, jotta eri muuttujien vaikutuksia aikatauluun ja kustannuksiin voitaisiin arvioida luotettavasti. Kireän aikataulun ja rajallisten resurssien johdosta seurantatutkimusta ei tämän tutkimuksen puitteissa toteuteta.

Tutkimuksen rakenteiden kehittämistä käsittelevä osuus toteutetaan kvalitatiivisena haastattelututkimuksena, jossa hyödynnetään eri tiedonkeruu menetelmiä. Aluksi selvitetään kyselytutkimuksen avulla kohdeyrityksen henkilöstöltä, mitkä rakenteet on koettu haastaviksi suunnitella tai toteuttaa. Kyselyn perusteella valitaan noin rakenteet, joita pyritään

kehittämään. Tämän jälkeen kyselytutkimuksen tulosten pohjalta jatketaan tutkimusta teemahaastatteluilla, joilla pyritään syventämään käsitystä, miksi rakenne koettiin ongelmalliseksi, miten ongelmaa pyrittiin ratkaisemaan ja miten lopputulos koettiin, mitkä olivat ratkaisun seuraukset. Haastatteluiden jälkeen laaditaan haastatteluiden, suunnitteluohjeiden ja kohdeyrityksen oman suunnitelma-arkiston pohjalta luonnokset kehitettävistä rakenteista.

Rakenteiden kehitystä varten perustetaan asiantuntijatyöpaja, johon kutsutaan lähinnä kohdeyrityksen rakennustuotannosta vastaavia henkilöitä, työnjohtajia ja työmaapäälliköitä sekä myös henkilöt hankinnan ja suunnittelunohjauksen puolelta. Asiantuntijatyöpajan palautteen perusteella kehitetään luonnoksia ja pyydetään työpajaan osallistuneilta lausunnot luonnoksista. Mikäli koetaan tarpeelliseksi, pyydetään lausunnot vielä ulkopuolisilta asiantuntijoilta esimerkiksi puuelementtisuunnittelijalta tai VTT:n rakennustekniikan tutkijoilta. Lausuntokierroksen jälkeen rakenteita kehitetään vielä saadun palautteen perusteella tarpeen mukaan.

1.5 Tuotokset

Tutkimuksen kirjallisuusselvityksen tuloksena on odotettavissa analyysi siitä, miten rakenteiden vakiointi vaikuttaa yleisesti rakennusprosessiin ja lopputuotteen laatuun. Lisäksi laaditaan arvio siitä, mitkä ovat pitkän aikavälin vaikutukset kohdeyrityksen tapauksessa.

Rakenneratkaisujen kehittämisen tuloksena saadaan kehittämisen kohteiksi valituista rakenteista rakennekuvat sisältäen leikkauskuvan ja riittävän määrän detalleja, jotta rakenteesta saa selkeän käsityksen. Kuvia on tarkoitus hyödyntää kohdeyrityksessä suunnittelun ohjauksessa sekä uusien työntekijöiden perehdytyksessä. Kuvia ei sellaisinaan käytetä hankinnoissa tai työmaalla tuotannonohjauksessa, vaan niillä on tarkoitus tarjota haastaviin kohtiin toimivat rakenneratkaisut sekä antaa yleiskäsitys, millaisilla rakennetyypeillä ja perusratkaisuilla T2H pientalonsa rakentaa.

1.6 Tutkimusraportin rakenne

Raportin ensimmäinen luku on kyseinen johdantoluku, jossa taustoitetaan tutkimuksen lähtötilanne ja tavoitteet, asetetaan tutkimukselle rajaus sekä esitetään tutkimuksen toteutusmenetelmät ja tutkimuksen tuotokset. Toisessa luvussa tutkitaan kirjallisuuteen pohjautuen rakenteiden ja rakentamisen prosessien vakiointia sekä massaräätälöintiä ja näiden hyödyntämistä rakennushankkeessa. Luvussa esitetään myös muutamia esimerkkejä vakioinnin, moduulirakentamisen ja massaräätälöinnin soveltamisesta käytäntöön. Kolmannessa luvussa esitetään tarkemmin tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen kulku.

Neljännessä luvussa tarkastellaan kohdeyrityksen prosessien ja rakenteiden vakioinnin nykytilaa sekä arvioidaan niiden keskeisimmät kehitystarpeet. Viidennessä luvussa esitetään tutkimukseen perustuen kehitysehdotukset vakioitaviksi rakenneratkaisuiksi. Kuu-
dennessa luvussa esitetään kirjallisuusselvitykseen sekä kyselyyn, haastatteluihin ja asi-
antuntijatyöpajaan perustuvat tulokset ja arvioidaan tuloksia. Seitsemännessä luvussa esi-
tetään tutkimuksen perusteella tehdyt johtopäätökset ja jatkotutkimustarpeet.

2. VAKIOINTI JA MASSARÄÄTÄLÖINTI ASUNTO- TUOTANNOSSA

2.1 Rakennusprosessien ja -tuotteiden vakiointi

2.1.1 Vakioitujen tuotteiden ja prosessien käytön hyödyt

Rakentamisen tuottavuus on alhainen ja tuottavuuden kehitys hidasta erityisesti verrattuna valmistavaan teollisuuteen toteavat Aapaoja ja Haapasalo (2014) artikkelissaan. Rakentamisen alhaista tuottavuutta perustellaan usein alan projektiluonteisuudella, kuitenkin monilla muillakin aloilla projektiluonteisuus on tavanomaista, mutta tuottavuusongelmaa ei samassa mittakaavassa ole. He näkevät, että rakentamista tulisi alkaa tulkita uniikkien projektien sijasta toistuvina prosesseina, jotka ovat tarkasti kuvattavissa ja standardoitavissa. Vakioidut prosessit auttavat näkemään, mikä työ on maksullista joutoaikaa eli hukkaa, ja tarjoavat keinoja hukan vähentämiseen ja tuottavuuden lisäämiseen. (Aapaoja & Haapasalo 2014)

Työmaaympäristöstä johtuen rakennustyölle on ominaista prosessien suuri hajonta, muuttuva tuotantoympäristö ja läpinäkymättömyys toteavat Aapaoja ja Haapasalo (2014) artikkelissaan. Työmaaprosessille ominaiset häiriöt ja työvaiheittain vaihtuvat työntekijät lisäävät osaltaan hajontaa. Kun verrataan työmaatuotantoa tehtaalla tapahtuvaan esivalmistukseen, on standardoidun prosessin hyödyt selkeästi havaittavissa. Tehtaalla materiaalivirrat ovat ainoita kontrolloitavia asioita, kun taas rakennustyömaalla työnjohdon tulee johtaa myös lukuisia työntekijöitä ja tiimejä muuttuvassa ja muuttujille alttiina olevassa työympäristössä, mikä vaikeuttaa tehdastuotantoon verrattuna tuotannon hallintaa ja johtaa lopulta hajonnan syntymiseen. (Aapaoja & Haapasalo 2015) Hajonta, muuttuva ympäristö ja prosessin läpinäkymättömyys luovat yhdessä olosuhteet, joissa jatkuvan parantamisen kulttuurin synnyttäminen on mahdotonta, mikä lamauttaa myös tuottavuuden parantamisen. (Aapaoja & Haapasalo 2014)

Eräänä ratkaisuna tuottavuusongelmiin Koskela (2000, s. 100, 210-227) näkee lean-tuotantofilosofian käytön myös rakennusteollisuudessa. Valmistavan teollisuuden alalla lean-ajattelua on sovellettu jo pitkään, mikä on osaltaan vaikuttanut tuottavuuden parantumiseen. Myös Höök (2008) tuo esiin lean-ajattelun soveltamismahdollisuudet ja sillä mahdollisesti saavutettavat hyödyt rakennusteollisuudessa. Hänen mukaansa organisaation tietotaito siirtyy tarkasti määritettyyn ja vakioituun projektiin ihmisten sijaan ja näin mahdollistetaan organisaation jatkuva oppiminen ja myös oppiminen projektien välillä. Höökin mukaan prosessin standardointi tekee siitä selkeän ja läpinäkyvän. Tällöin voidaan yksiselitteisesti arvioida miten prosessin muuttaminen vaikuttaa itse prosessiin ja lopputulokseen. Höök korostaa, että rakentamista tulisi tarkastella yksilöllisten projektien

sijaan toistuvina prosesseina, jotka tulisi standardoida hukattoman virtauksen ja häiriötömän, asukkaalle arvoa tuottavan tuotannon aikaansaamiseksi. (Höök 2008, s.19-33, 66)

Edellisten perusteella voitaneen todeta, että työmaa on teolliseen ympäristöön verrattuna varsin kompleksinen toimintaympäristö ja lean-ajattelun soveltaminen rakentamisessa on siten teollisia toimialoja haastavampaa. Standardoitujen prosessien luominen rakentamiseen olisi kuitenkin merkittävä askel kohti teollista rakentamista. Sen avulla saadaan siirrettyä työntekijöiden hiljainen tieto prosessiin, jolloin voidaan nähdä mikä työ tuottaa lisäarvoa asiakkaalle ja mikä on hukkaa. Toimintamallien vakioiminen ja hukan karsiminen poistaa tuotannosta epävarmuutta ja hajontaa, mikä mahdollistaa jatkuvan parantamisen kulttuurin synnyttämisen ja siten oppiminen projektien välillä ja prosessin jatkuva kehittäminen saadun opin perusteella on mahdollista. Hukan karsiminen ja jatkuva parantaminen näkyisi näin ollen väistämättä myös parantuneena tuottavuutena ja laatuna.

Rakentamisen teollistuminen tai teollinen rakentaminen on pitkään nähty ratkaisuna rakentamisen kroonisiin tuottavuus-, turvallisuus- ja laatuongelmiin. Teollinen rakentaminen kuitenkin edellyttää työmaaolosuhteisiin verrattuna selkeämmin määriteltyjä, yksiselitteisiä ja hallittavissa olevia prosesseja, joten teollistumista on usein lähdetty toteuttamaan esivalmistuksen ja modulaarisuuden kautta. (Koskela 1992, s. 4) Ballardin ja Arbulun (2004, s.1-4, 13) mukaan esivalmistuksella saavutettu hyöty pohjautuu perimiltään kulttuurin muutokseen, missä fokus siirtyy yksittäisestä yksilöllisistä tuotteista ja projekteista standardoituihin tuotteisiin ja prosesseihin, joihin perinteisen valmistavan teollisuuden tehokkuus lean-ajattelun mukaisesti pitkälti perustuu. Heidän mukaansa standardoituja tuotteita ja prosesseja voidaan näin ollen pitää esivalmistuksen osalta keskeisenä vaatimuksena, sillä niiden avulla voidaan nähdä hajontaa aiheuttavat juurisyyt ja niihin puuttamalla saadaan hallittua prosessin ja lopputuotteen hajontaa.

”Standardi on jonkin organisaation esittämä määritelmä tai vaatimus siitä, miten jokin asia tulisi tehdä.” (Aapaoja & Haapasalo 2014) Standardien avulla on luotu edellytyksiä eri osapuolten väliselle yhteistyölle materiaaleihin, tuotteisiin ja prosesseihin liittyen toteaa Gibb (2001) artikkelissaan. Hän korostaa, ettei standardoinnissa ole oleellista vakioita itse tuotetta, vaan toimia tuotteiden rajapinnoissa ja varmistaa yhteensopivuus osakokonaisuuksien välillä, jotta niitä voidaan käyttää saumattomasti osana laajempaa kokonaisuutta. Standardisointi taas on Gibbin määritelmän mukaan laaja-alaista vakioitujen tuotteiden, komponenttien ja prosessien käyttöä olosuhteissa, joihin liittyy sääntöjä ja toistuvuutta, joita säädellään laeilla ja joilta edellytetään hyvää ennustettavuutta. Gibb tuo esiin myös liian tarkkaan standardisointiin liittyviä vaaroja. Liian pitkälle vakioidut tuotteet saattavat rampauttaa suunnittelua ja rajoittaa vaihtoehtojen määrää. Käynnissä onkin aina vastakkainasettelu vakioinnin ja kustomoinnin välillä, missä etsitään tapauskohtaisesti optimaalista ratkaisua, hän toteaa. (Gibb 2001)

Taulukko 1 Standardisoinnilla ja esivalmistettujen tuotteiden käytöllä saavutettavissa olevat hyödyt. Muokattu lähteistä (Pasquire & Gibb 2002; Pasquire & Connolly 2002; Aapaoja & Haapasalo 2014),

1. Standardoidulla prosessilla saavutettavat hyödyt:		
Määritellyt rajapinnat	Minimoitu hajonta	Parempi laatu
Prosessi paremmin ennakoitavissa	Jatkuvan parantamisen kautta parantunut tuottavuus	Parantunut käsitys kustannuksista ja aikataulusta
Vähemmän suunnittelemtomia kustannuksia	Työturvallisuuden paraneminen ja ympäristövahinkojen väheneminen	Vähemmän työmaatyöskentelyä ja henkilöstöä sekä hankkeen lyhyempi kesto
Vähemmän hukkaa, jätettä, melua, pölyä jne.	Toteutuskelpoisemmat suunnitelmat	Työmaa paremmin hallittu, vähemmän häiriöitä tuotannossa
Tehokkaammat prosessit	Operatiiviset edut	Parempi kustannustehokkuus
2. Standardoitujen komponenttien käytöllä saavutettavat hyödyt:		
Tuotteet hyvin testattuja	Varaosat ja korvaavat tuotteet helposti saatavilla	Paremmin ennakoitavissa olevat läpimenoajat
Parantunut tuottavuus jatkuvan parantamisen kautta sekä suunnittelussa että tuotannossa	Parantunut varmuus valmistumisajankohdasta	Ennustettavuus ja todennettava laatu
Hukan väheneminen	Koko hankkeen nopeampi läpimenoaika	Laaduntarkastus jo tehtaalla
Samankaltaisten tuotteiden hyödyntäminen eri projekteissa	Jäljitettävyyys ja tehokkuus	Operatiiviset edut
3. Esivalmistettujen tuotteiden käytön hyödyt yleisesti:		
Määritellyt osakokonaisuudet ja toleranssien parantuminen	Työtaturmien ja ympäristövahinkojen väheneminen	Suurempi varmuus hankkeen kestosta ja kustannuksista jo etukäteen
Parempi laadunhallinta	Hukka minimoitu	Tuotanto siirtyy työmaalta tuotantotiloihin
4. Teollisen rakentamisen käyttöönotolla saavutettavat hyödyt (teollisissa oloissa esivalmistettujen osakokonaisuuksien ja vakioidujen komponenttien käyttö):		
Työ saadaan siirrettyä työmaalta tuotantolaitoksiin	Ammattimainen teollinen tuotanto	Ennakoitavissa oleva laadukas lopputulos
Vähemmän hukkaa, melua, pölyä jne.	Vähemmän virheiden korjausta ja huonon lopputuloksen parantelua	Siistimpi ja järjestelmällisempi työmaa
Laaduntarkastus jo tehtaalla		

Pasquire ja Gibb (2002) muistuttavat, ettei standardisointi ole itse tarkoitus, vaan sillä pyritään saavuttamaan monenlaisia hyötyjä. Prosessin standardisointi laskee kustannuksia selkeyttämällä ja tehostamalla prosessia sekä erityisesti vähentämällä siitä hukkaa. Selkeät ja tehokkaat prosessit parantavat osapuolten ymmärtämystä omasta roolistaan kokonaisprosessissa ja siten myös osapuolten välistä kommunikointia. Tämä selkiyttää hankkeen osapuolille myös asiakkaan todellisia tarpeita hankkeessa. Parantuneet prosessit myös kuormittavat ihmisiä vähemmän selkiytyneen ja vakiintuneen toimenkuvan johdosta, millä on edelleen suora parantava vaikutus suunnitelmien ja lopputuotteen laatuun. On myös havaittu, että prosessien standardisointi vähentää hankkeen osapuolten välisiä vaateita, riitoja ja hankkeen muutostöitä ja siten hankkeen suunnittelemtomat kustannukset laskevat. (Gibb 2001; Pasquire & Gibb 2002)

Taulukkoon 1 on koottu standardisoinnilla, esivalmistettujen tuotteiden käytöllä ja teollisen rakentamisen hyödyntämisellä saavutettavissa olevia hyötyjä. Taulukon 1 ja Pasquiren ja Gibin (2002) perusteella voidaan väittää, että standardisoinnin ja teollisen rakentamisen keskeisin merkitys on prosessien parempi hallinta, minkä johdosta epävarmuus, hajonta ja hukka hankkeissa vähenee. Tästä seuraa edelleen työn laadun paraneminen ja tuottavuuden kasvu. Muut listatut hyödyt ovat pohjimmiltaan seurausta näistä. Voitaanekin vetää johtopäätös, että rakentamisen heikon laadun ja matalan tuottavuuden ongelmat ovat pohjimmiltaan seurausta huonosta prosessien hallinnasta ja standardisoinnin keskeinen tavoite on määrittää asiakkaalle arvoa tuottavat prosessit ja parantaa niiden hallintaa.

Aapaoja ja Haapasalo (2014) toteavat, että standardisoinnilla on saavutettavissa myös operatiivisia etuja, jotka ilmenevät esimerkiksi työntekijöiden lyhentyneinä koulutusaikoina uusien tuotteiden tai tuotantomenetelmien käyttöönotossa. He myös korostavat tuotteiden ja prosessien standardisoinnin olevan riippuvaisia toisistaan, koska standardoitujen tuotteiden tehokas käyttö edellyttää taakseen tehokkaita ja standardisoituja prosesseja. ”Laadukas, järkevähintainen ja hyvin toimitettu tuote on toistuvan, mitattavan ja ennustettavan tuotantoprosessin tulos.” (Aapaoja & Haapasalo 2014)

Keskiniva et al. (2018) näkevät, että teollisessa rakentamisessa olisi potentiaalia nykyistä laaja-alaisempaan hyödyntämiseen. Sen ei kuitenkaan koeta soveltuvan kaikkiin hankkeisiin ja toisaalta esivalmisteita ei hyödynnetä maksimaalisesti, vaan elementtejä makuutetaan työmaalla odottamassa asennusta. Teollisten ratkaisujen aikatauluhyödyt tulisi heidän mukaansa ottaa entistä tarkemmin mukaan tuotannon suunnitteluun. Toisaalta teollisia ratkaisuja tulisi kehittää lisää ja ratkaisujen joustavuutta tulisi parantaa, jotta niitä voitaisiin hyödyntää laaja-alaisemmin erilaisissa hankkeissa. (Keskiniva et al. 2018, s.43-44)

Keskiniva et al. (2018, s.1-4) lähestyvätkin matalan tuottavuuden ongelmaa arvoa tuottamattoman toiminnan minimoimisen kautta tuotannon virtauttamisen keinoilla. Virtauttamisella tarkoitetaan rakentamisprosessin toteuttamista siten, että tuotanto etenee hallitusti, resurssikuormitus jakautuu eri työvaiheisiin tasaisesti ja keskeneräinen tuotanto pyritään minimoimaan. Virtauttamisella pyritään tuotannon virtauksen optimoimiseen siten, että tuotanto etenee koko tuotantoketjun lävitse sujuvasti ja sisältäen mahdollisimman vähän hukkaan. (Keskiniva et al. 2018)

Virtauttaminen perustuu arvovirtaketjun ajatukseen, missä keskeneräinen tuote virtaa tuotantoprosessin vaiheesta toiseen ja sitä työstetään luoden siihen lisäarvoa. Vastakkaisena ajattelumallina voidaan nähdä perinteinen resurssitehokkuusmalli, missä yksittäisten työntekijöiden tai laitteiden tuottavuus pyritään maksimoimaan. Ideaalitulanteessa molemmat tavoitteet saavutetaan, tuotannon virtaus on nopeaa sekä hukka pientä ja toisaalta

resurssien käyttö on tehokasta. Käytännössä tämän saavuttaminen on kuitenkin haastavaa, koska rakennustuotantoon erityisesti työmaaympäristössä liittyy huomattavasti epävarmuutta. (Keskiniva et al. 2018, s.3-4)

Virtauttamisen periaatteen tyypillisimpiä soveltamismenetelmiä talonrakennuksessa ovat esimerkiksi Last Planner, tahtiaika-ajattelu ja JIT-periaate (Just-In-Time). Kaikilla näillä pyritään hieman eri lähestymiskulmilla parantamaan tuotannon virtaus ja minimoimaan hukka. Sovellusten hyödyntämiseen liittyy kuitenkin haasteita ja oikeastaan näistä vain Last Planner on vakiintunut laaja-alaiseen käyttöön Suomalaisessa rakennusteollisuudessa. Yhteistoiminnan vähyys, urakoiden pilkkoutuminen ja yleinen epävarmuus ovat johtaneet toistuvasti tulokseen, jossa pilottihankkeina käynnistetyt virtauksen maksimoimiseen tähtäävät kokeilut on päätetty ja palattu takaisin reaktiiviseen rakentamiseen eli ”tulipalojen sammuttamiseen”. (Keskiniva et al. 2018, s.1, 6-10)

Prosessien ja rakennustuotteiden vakiointia ja virtauttamista ei tule nähdä toisiaan poisulkevinä ajattelumalleina. Kuten jo edellä mainittu, pirstaleiset organisaatiomallit, yhteistyönpuute ja yleinen epävarmuus hankkeissa ovat rakentamiselle tällä hetkellä leimallisia piirteitä. Koska virtautukseen tähdänneet kehityshankkeet ovat törmänneet juuri näihin rakentamiselle tyypillisiin piirteisiin, tulee niistä päästä eroon, jotta virtauttamisen periaatteita kyettäisiin menestyksekkäästi soveltamaan rakennushankkeissa. Rakentamisen prosesseja vakioimalla ja hyödyntämällä vakioituja rakenneratkaisuja ja rakennustuotteita saadaan hankkeista poistettua epävarmuutta, mikä mahdollistaa tehokkaiden virtautukseen perustuvien tuotannonohjauksen mallien hyödyntämisen hankkeissa. Voidaan todeta, että vakioinnin ja virtauttamisen periaatteet eivät ole ristiriidassa keskenään, vaan ne lähtökohtaisesti tukevat toisiaan.

2.1.2 Vakioitujen tuotteiden ja prosessien käyttöönoton haasteet

Standardisoitujen tuotteiden ja prosessien käyttöönottoa laaja-alaisesti rakennusteollisuudessa on yritetty jo pitkään, mutta suurin osa aloitteista on epäonnistunut toteavat Aapaoja ja Haapasalo artikkelissaan. (Aapaoja & Haapasalo 2014) Rakennusprojektit koostuvat perinteisesti pitkistä, hajanaisista, monitahoisista ja monia sidosryhmiä käsittävistä arvokeijuista he jatkavat. Muuttujien määrä yksittäisessä projektissa on suuri ja muuttujien vaihtelu projektien välillä on merkittävää. Tällöin yksittäisen muuttujan vaikutusta prosessiin on vaikea määrittää. Esimerkiksi samojen suunnittelijoiden ja aliurakoitsijoiden käyttö kaikissa hankkeissa ei aina ole mahdollista, minkä johdosta uudet yhteistyökumppanit ja alihankkijat tulee perehdyttää aina erikseen tilaajaorganisaation toimintamalleihin. Myös yhteistyökumppanien sitoutumisessa prosessien käytänteisiin voi olla puutteita, mikä hankaloittaa yhteistyötä hankkeessa ja vaikeuttaa prosessien vakioinnin vaikutusten arviointia.

Aapaoja ja Haapasalo (2014) kertovat, että standardisoinnin hyödyntämisen haasteita on tutkittu Suomessa osana LCIFIN2-projektia, jolla pyrittiin edistämään lean-filosofian hyödyntämistä ja käyttöönottoa rakennusteollisuudessa. Tutkimuksessa vertailtiin standardisoitujen prosessien ja suomalaisessa rakennusteollisuudessa yleisesti käytettyjen menetelmien eroja ja niistä koituvia ongelmia. Taulukoihin 2 ja 3 on koottu tutkimuksen keskeisiä tuloksia. Taulukossa 2 keskitytään prosessien standardisoinnin haasteisiin, kun taulukossa 3 on esitetty tuotteiden ja komponenttien standardisointiin liittyviä haasteita.

Taulukko 2 Standardisoitujen prosessien erot nykyisiin rakennusteollisuuden prosesseihin ja niistä aiheutuneet haasteet ja ongelmat. Muokattu lähteestä (Aapaoja & Haapasalo 2015)

Ominaispiirre	Standardisoitu prosessi	Rakentaminen	Haaste/Ongelma
Liittymä- ja rajapinnat	Tarkkaan määritetyt	Epämääräinen	Pirstaleinen toimitusketju (ei yhteistyötä)
Työmaatuontanto	Suunniteltu ja ennustettava	Summittainen	Tasaista ja suunniteltua tuotantoa ei kyetä varmistamaan nykyisillä toimintamalleilla
Tuottavuus ja tehokkuus	Korkea	Alhainen	Runsaasti hajontaa. Ei vakioituja menetelmiä. Ei riittävästi yhteistyötä ja kommunikaatiota.
Hukan määrä	Pieni	Suuri	Ei kuvattuja ja standardisoituja työtapoja.
Tuotannon häiriöt	Vähän	Paljon	Tuotantoa ei kyetä kunnolla suunnittelemaan, tasoittamaan ja standardisoimaan
Laatu	Korkea	Vaihteleva	Työtehtäviä ei suoriteta kunnolla.
Arvoa rahalle (esim. hinta-laatusuhde)	Hyvä	Huono/kohtalainen	Etupainotteisen suunnittelun tärkeyttä ei ymmärretä
Operatiiviset edut	Kyllä (esim. tarkat tehtäväkuvaukset)	Ei	Tehtäviä ei kyetä suunnittelemaan ja standardisoimaan
Aikataulun pitävyys	Hyvä	Huono	Vaihtelevat tuotantoajat ja epätasainen tuotanto
Muutostöiden määrä	Minimaalinen	Suuri	Etupainotteisen suunnittelun tärkeyttä ei ymmärretä

Taulukosta 2 havaitaan, että standardisoituihin prosesseihin verrattuna rakentamisen prosessit ovat suunnittelemtomia ja niiden rajapinnat ovat epämääräisiä, mikä hankaloittaa merkittävästi kokonaisuuden hahmottamista. Suunnittelemtomuus aiheuttaa tuotantoon häiriöitä, laskee laatua, heikentää aikataulujen pitävyyttä ja lisää muutostöiden määrää. Näistä seikoista johtuen myös tuottavuus on heikkoa. Suunnittelemtomuudesta johtuen rakentamisen prosesseihin liittyy huomattavasti epävarmuutta, mikä tekee prosessien hallinnasta haastavaa ja lisää merkittävästi työn henkistä kuormitusta ja siten työntekijöiden stressiä.

Rakentamisen prosessien standardisointi ei kuitenkaan ole yksinkertaista, kuten taulukosta 2 huomataan. Rakentamiselle tyypilliset pirstaleiset toimitusketjut ja nykyiset käytössä olevat toimintamallit eivät tue standardisoinnin käyttöönottoa. Yhteistyön

puutteesta ja vaihtuvasta urakoitsijakunnasta johtuen vakioituja menetelmiä tai kuvattuja standardisoituja työtapoja ei kyetä luomaan. Tämän johdosta tuotantoa ei kyetä kunnolla suunnittelemaan, mikä jälleen näkyy edelleen virheellisinä työsuorituksina. Vaihtelevasta urakoitsijakunnasta ja vakioitujen työtapojen puutteesta johtuen tuotanto on vaihtelevaa ja epätasaista.

Taulukko 3 Standardisoitujen tuotteiden erot nykyisiin rakennusteollisuuden tuotteisiin ja niistä aiheutuneet haasteet ja ongelmat. Muokattu lähteestä (Aapaoja & Haapasalo 2015)

Ominaispiirre	Standardisoitu tuote	Rakentaminen	Haaste/ongelma
Jäljitettävyyys ja tehokkuus	Tarkka	Huono	'Uniikit' tuotteet (standardisoitavissa olevia tuotteita ei "nähdä").
Standardistuotteiden käyttö eri projekteissa	Kyllä	Ei	Standardistuotteiden (esim. modulaarisuus) arvoa ei ymmärretä. Ei kyetä oppimaan aiemmasta.
Hukan ja jätteen määrä	Vähäinen	Suuri	Suuri määrä tuotevariaatioita
Läpimenoaika (esim. tuotanto)	Lyhyt	Pitkät ja vaihtelevat	Paljon räätälöityjä tuotteita. Standardisaation arvoa ja hyötyjä ei ymmärretä kunnolla eikä osata soveltaa käytäntöön.
Ennustettavuus ja todennettava laatu	Kyllä (korkea laatu)	Ei (laatu vaihtelee)	Ei standardisoituja työmenetelmiä. Tuotannossa ei kerätä palautetta oppimisen varmistamiseksi
Laaduntarkastus	Tarkka (suoritetaan tehtaalla)	Tapauskohtaista (työmaalla)	Ei standardirutiineja ja -menetelmiä.
Varaosien saatavuus	Kyllä	Ei	'Uniikit ja räätälöidyt' tuotteet
Operatiiviset edut	Kyllä	Ei	Nykyiset tuotantoprosessit eivät tue standardisoitujen tuotteiden käyttöä. Lisäksi ei ole osaamista tilata standardisoituja tuotteita ja ratkaisuja.

Taulukon 3 perusteella standardisoituihin tuotteisiin ja komponentteihin verrattuna rakentamisen tuotteet ovat jäljitettävyydeltään huonoja, niiden tuotannon läpimenoajat ovat pitkiä ja vaihtelevia ja lisäksi niillä syntyvän hukan ja jätteen määrä on suurta. Rakentamisen tuotteiden ennustettavuus on olematonta ja laatu vaihtelee merkittävästi, jolloin myös huonoja kappaleita on suhteellisen paljon. Laadun tarkastus tapahtuu työmaaloissa ja on varsin summittaista.

Tuotteiden ja komponenttien standardisoinnin haasteina on taulukon 3 perusteella ajattelutapa uniikista tuotteesta. Tällöin standardisoitavissa olevia tuotteita ja komponentteja ei nähdä eikä standardistuotteiden esimerkiksi moduulirakentamisen antamaa lisäarvoa rakentamiselle ymmärretä. Tuotteiden ja hankkeiden uniikista luonteesta johtuen aikaisemmista virheistä ja ongelmista ei kyetä oppimaan. Toisaalta uniikki tuotanto edellyttää runsaasti räätälöintiä ja runsasta tuotevariaatioiden määrää, mikä lisää hukan määrää prosesseissa. Rakentamisessa ei myöskään ole käytössä standardisoituja prosesseja, jotka

tukisivat standardisoitujen tuotteiden käyttöä hankkeissa. Haasteena on myös tilaajaorganisaatioiden riittämätön tietotaito standardisoitujen tuotteiden ja ratkaisujen hyödyntämiseen rakennushankkeissa.

Rakennusteollisuuden toimintaympäristö eroaa monin tavoin perinteisestä valmistavan teollisuuden toimintaympäristöstä ja kyseiset erot aiheuttavat merkittäviä haasteita standardisoitujen tuotteiden ja prosessien käyttöönotolle rakennusteollisuudessa. Standardisoidut prosessit ja tuotteet vaikuttaisivat olevan yhteydessä toisiinsa, mikä osaltaan monimutkaistaa standardisointia etenkin, mikäli sen potentiaali halutaan saavuttaa täysimääräisesti toteavat Aapaoja ja Haapasalo (2015). Heidän mukaansa standardisointiin liittyy aina monenlaisia haasteita ja keskeistä onkin ongelmien ilmetessä etsiä niiden juurisyitä ja puuttua niihin. Vain siten voidaan varmistaa, ettei ongelma ainoastaan siirry prosessissa toiseen vaiheeseen, vaan se saadaan ratkaistua. Näin toimimalla varmistetaan häiriötön tuotannon virtaus ja saadaan standardisoinnilla saavutettavat hyödyt maksimoitua.

Aapaoja ja Haapasalmi (2014) ovat havainneet, että rakentamisen toimitusketjujen pirtaleisuuden vuoksi hankkeen osapuolet ja eri sidosryhmät eivät kykene yhteistyöhön, mikä on merkittävimpiä standardisointia estäviä tekijöitä. Heidän tutkimuksessaan käy myös ilmi, että rakentaminen mielletään edelleen yleisesti käsityöammattiksi, missä jokainen lopputuote on täysin uniikki ja asiakkaalle yksilöllisesti räätälöity. Kustomoinnin mahdollisuus on toki asiakkaan kannalta merkittävä tekijä. Aapaoja ja Haapasalo kuitenkin toteavat, että juuri rakennusalan käsityöluonteisuus ja lopputuotteiden kustomointi ovat merkittävästi estämässä prosessien ja tuotteiden standardisointia ja siten ylläpitävät alan heikkoa tuottavuutta. He painottavat, että koko rakennusalalla vallitsevan ajattelutavan tulisi muuttua siten, että uniikkien projektien sijaan nähdään projektit ja niiden vaiheet toistuvina, jolloin kokonaisuutta voidaan hallita prosesseina.

Rakennusprojektien nykyiset vakiintuneet hankinta- ja toteutusmallit eivät tue standardisointia toteavat Aapaoja ja Haapasalo (2014). Rakennusalan nykyisiä hankinta- ja toteutusmalleja tulisikin heidän mukaansa kehittää yhteistoiminnallisuutta kohti. Näin mahdollistetaan laadukas etupainotteinen suunnittelu, mikä auttaa ymmärtämään ja hyödyntämään standardoitujen prosessien ja tuotteiden potentiaalin koko projektin arvonmuodostukselle.

Yhteistoiminnallisuutta peräänkuuluttaa myös Keskiniva et al. (2018), vaikka heidän lähestymiskulmansa painopiste onkin vakionnin sijaan tuotannon virtauksen maksimoinnissa. Yhteistoiminnalla saadaan yksilöiden osaaminen valjastettua kokonaisuuden palvelemiseen, jolloin voidaan välttää sokea osaoptimointi ja päästään optimoimaan kokonaisuutta. Kun osapuolet toimivat yhdessä projektin parhaaksi, saadaan myös virtauttaminen integroitua osaksi toimintaa ja sen hyödyt realisoituvat kaikille projektin osapuolille. Pirstoutuneissa organisaatiomalleissa hankkeen eri osapuolten ansaintamallit saattavat olla ristiriidassa keskenään. Tällöin osaoptimointi voi olla tietoistakin, jotta oma

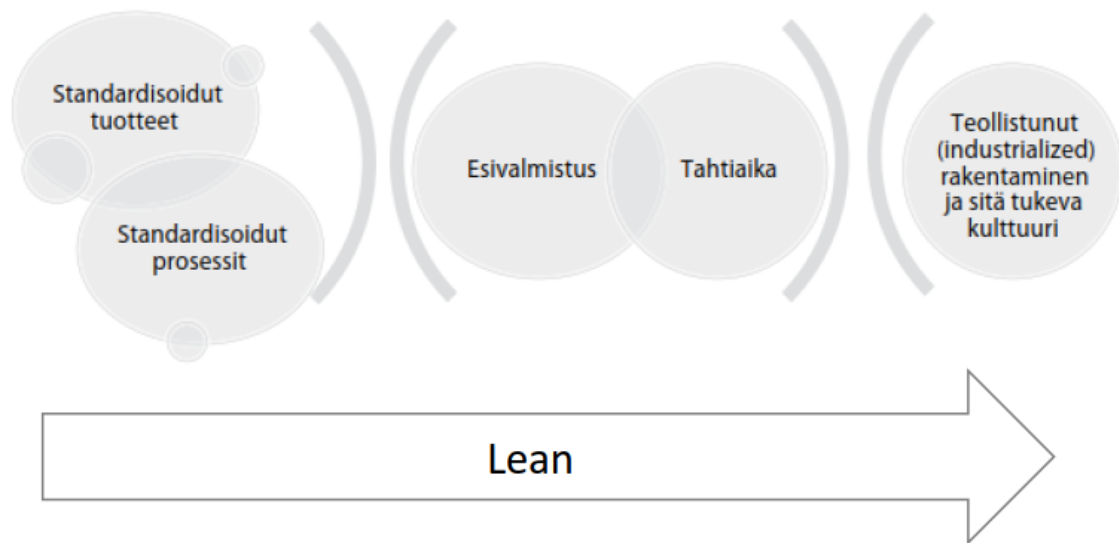
hyöty hankkeesta saadaan maksimoitua. Ratkaisuksi esitetään allianssimallista tuttua riskien ja hyötyjen jakamisen periaatetta, jotta kaikki hankkeen osapuolet saadaan työskentelemään yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Yhteistoimintamalleissa rakennustyön varsinaisen toteuttajan ammattitaito on saatu valjastettua jo suunnitteluvaiheessa hankkeeseen. Tämä on parantanut suunnitelmien toteutettavuutta ja vähentänyt virheiden ja epävarmuuden määrää hankkeissa ja siten tehostanut tuotannon virtausta. (Keskiniva et al. 2018, s.39-40)

Myös vakioinnin näkökulmasta tarkasteltuna yhteistoiminnallisuus saattaisi tarjota merkittäviä hyödyntämismahdollisuuksia. Urakoitsijoiden ammattitaidon hyödyntäminen suunnitteluvaiheessa saattaa tuoda uusia näkökulmia esivalmistettujen tuotteiden hyödyntämiseen rakennushankkeessa. Toisaalta samojen urakoitsijoiden käyttö useissa hankkeissa tuo synergiaetuja, koska tällöin rakennuttajan prosessit ovat urakoitsijoille jo entuudestaan tuttuja, jolloin yhteistyö on hankkeen alusta asti sujuvampaa. Toisaalta allianssimallista tuttu riskien jakamisen periaate saattaa olla monille urakoitsijalle vieras ja ajaa heitä perinteisten hankkeiden pariin, missä vastuut ja riskit on yksiselitteisesti määriteltävissä. Myös Keskiniva et al. (2018, s.34, 39-40) toteaa aliurakoinnin urakkarajojen ja sopimusmallien olevan yhteistoimintamallien hyödyntämisen kannalta jäykkiä, mikä saattaa ajaa aliurakoitsijoita perinteisten hankkeiden pariin erityisesti näin korkeasuhdanteen aikaan, kun töitä riittää.

Prosessien ja tuotteiden standardisointi muodostaa toisiaan tukevan ja täydentävän kokonaisuuden, missä selkeästi määritellyt standardoidut prosessit mahdollistavat standardoitujen tuotteiden tehokkaan ja asianmukaisen käytön. Käytännössä rakennusteollisuudessa tulisi siirtyä rakennustuotteiden osalta käyttämään esivalmistettuja rakenneosia ja tuotannon prosessien tulisi perustua tahtiaika-ajatteluun. Nämä kaksi perusajatusta muodostavat yhdessä toisiaan tukevan kokonaisuuden, joka johtaa lopulta sekä teollisempaan rakentamiseen että lean-rakentamiseen. Esivalmistetut tuotteet, esimerkiksi moduulit, valmistetaan tuotantolaitoksissa teollisissa oloissa, jolloin työn tuottavuus, tuotteen laatu ja tuotannon ennustettavuus saadaan nostettua työmaatuotantoon verrattuna täysin uudelle tasolle. Toisaalta työmaatuotannossa sovelletaan tahtiaika-ajattelua, jolloin tuotantoon saadaan luotua jatkuva virtaus ja kyetään soveltamaan imuohjausta. (Aapaoja & Haapasalo 2015) Pasquire ja Connolly (2002) kertovat, että tahtiaika menettely poistaa päällekkäisyyksiä, hajontaa ja hukkaa käyttämällä reaaliaikaista tuotannosuunnittelua ja hyödyntämällä Just-In-Time-toimituksia. (Pasquire & Connolly 2002, s.8)

Esivalmistuksen laaja-alainen käyttö ja tahtiaika-ajattelu ovat ne käytännön työkalut, joiden käytöllä rakennusalaa saadaan kehitettyä teollisempaan suuntaan toteavat Aapaoja ja Haapasalo (2015). Tätä ajatusta havainnollistetaan kuvalla 1. Leanin soveltaminen rakentamisessa tehostaa prosesseja ja edistää rakennettavuutta (ylhäältä-alas) ja toisaalta tuotteiden esivalmistus ja modulaarisuus edistävät lean-filosofian integroimista työyhteisöön (alhaalta-ylös) he luettelevat. Modulaarisuuden ja standardisoinnin avulla saadaan myös

kehitettyä suunnitelmia toteutuskelpoisempaan suuntaan ja lisäksi standardisointi on lean-filosofian mukaista he päättävät.



Kuva 1 Lean-ajattelun mukainen polku teolliseen rakentamiseen. Muokattu lähteestä (Aapaoja & Haapasalo 2015)

Lean-kulttuuriin siirtyminen ja prosessien standardisointi tulee toteuttaa pienin askelin. Näin työntekijöillä on riittävästi aikaa sopeutua muutokseen ja sitoutua yhteisen strategiaan ja asetettuihin tavoitteisiin. Pienten, mutta toistuvien parannusten avulla työntekijät saadaan motivoitua muutokseen, mikä parantaa heidän sitoutumistaan uudistuksiin ja nopeuttaa uusien asioiden omaksumista. (Höök 2008, s. 69)

Esivalmistusasteen nosto ja tahtiaika-ajattelun soveltaminen rakennustuotannon prosesseissa ovat Aapaojan ja Haapasalon (2015) mukaan ne tärkeimmät toimet, joilla rakentamista saadaan muutettua teollisempaan suuntaan. Keskiniva et al. (2018) muistuttaa kuitenkin, ettei teollisen rakentamisen menetelmät sovi kaikkiin hankkeisiin ja tilanteisiin. Onkin tärkeä nähdä rakentamisen prosessit kokonaisuutena ja pyrkiä kokonaisuuden optimointiin tähtääviin uudistuksiin, eikä lähteä sokeasti optimoimaan yhtä osa-aluetta kokonaisuudesta. Koska nykyiset rakentamisen organisaatorakenteet ja toimintamallit eivät tue vakioitujen prosessien ja rakenneosien hyödyntämistä rakennushankkeissa, tulisi myös hankeorganisaatioita ja toimintamalleja kehittää standardisointia tukevaan suuntaan. Yhteistoiminnan puute on edellä eri yhteyksissä nostettu erääksi merkittävimäksi rakentamisen standardisointia estäväksi tekijäksi, joten yhteistoiminnallisten liiketoimintamalleja tulisi kehittää rinnan standardisoitavien prosessien ja rakenneosien kanssa. Riskejä ja tuottoja jakavissa liiketoimintamalleissa kaikkien hankkeen osapuolten intressinä on tehdä yhteistyötä ja saada hanke aikataulullisesti, kustannuksiltaan ja laadultaan hyvin toteutettua ja perinteisestä urakkamaailmasta tuttua intressien ristiriitaa ei näin ollen ole.

Kehityshankkeisiin ei kuitenkaan tule ryhtyä ilman huolellista analyysiä sillä saavutettavista hyödyistä ja mahdollisista riskeistä. Mikäli rakentamisen standardisointiin tähtäävään kehityshankkeeseen ryhdytään, on muutosprosessi tärkeä suunnitella huolella etukäteen ja toteuttaa riittävän pienin askelin, jotta muutos on hallittua ja varmistetaan henkilöstön sitoutuminen kehitysprosessiin.

2.1.3 Esimerkkejä esivalmistuksen ja moduulirakentamisen hyödyntämisestä rakennushankkeessa

Olli Teriö (2002) selvitti rakenneratkaisujen vakioinnin vaikutuksia rakennustuotteiden esivalmistusasteen nostamisen näkökulmasta. Teriön mukaan esivalmistusasteen nostamisessa on kolmentyyppisiä kehitysratkaisuja:

- valmisosien jalostusasteen nostaminen
- uusien valmisosien kehittäminen
- esivalmistettujen rakennusosien käytön lisääminen

Kaikkien keinojen yhtenä keskeisenä osatekijänä on rakennetyyppien, liitosten, detaljien ja kokojen vakiointi ja komponentointi. (Teriö 2002, s.8-10)

Esivalmistusasteen noston Teriö (2002) arvelee hyödyttävän isossa kuvassa laajemmin koko rakennusalaan. Rakennustuoteteollisuudelle hyöty näkyy valmisosarakentamisen parantuneena kilpailukykyä sekä kuljetuksen merkityksen vähentymisenä. Lisäksi tehdasoloissa toteutettujen valmisosien käytön yleistyessä materiaalien hukka vähenee, työn tuottavuus ja laatu paranevat mikä paitsi näkyy parantuneena kilpailukykyä, on myös kestävä kehitys mukaista ja ympäristöystävällistä. Urakoitsijoille valmisosien käytön hyödyt näkyvät rungon nopeampana valmistumisena paikallarakentamiseen verrattuna ja betonin lisääntyneenä kuivumisaikana, jolloin kuivatuskustannukset ja yleiskustannukset hankkeen lyhentyneen läpimenoajan myötä laskevat. Samalla myös riskit mahdollisista kosteusvahingoista pienenevät. Tilaajalle ja loppukäyttäjälle esivalmistusasteen nosto näkyy laadukkaampina komponentteina ja tasalaatuisuutena, mikä vähentää lisä- ja muutostöiden määrää ja siten tuottaa kustannussäästöä. (Teriö 2002)

Menestyneiksi esimerkeiksi esivalmistettujen tuotteiden käytöstä Teriö (2002) nostaa Spesifinn Oy:n väliseinäelementit ja Lemminkäinen Oy:n porruselementit. Molemmissa tapauksissa merkittävin kilpailuetu on saatu suunnittelupalvelun lisäämisellä myytävään tuotteeseen, mikä nostaa tuotteen jalostusastetta. Teriö huomauttaa, että tavarantoimittajia voisi ottaa asiantuntijoiksi rakennussuunnitteluun jo hankkeen alkuvaiheesta lähtien. Tällöin tilaajalla olisi erikoisosaamista käytössään ja toimittajalla olisi enemmän aikaa ja paremmat lähtötiedot detaljisuunnitteluun. Toimittajat voisivat myös neuvoa tilaajaa kohdekohtaisesti optimaalisiin ratkaisuihin. Teriö (2002, s.31-35)

Teriön tutkimus käsitteli enimmäkseen betonituoteteollisuuden tuotteita, mutta vastaavat esivalmistusasteen nostolla saavutettavat hyödyt koskevat toki muitakin rakennustuoteollisuuden haaroja ja laajemmin koko rakennusalaan. Raportissa on käytännön esimerkkien kautta osoitettu, miten esivalmistusasteen nostaminen on hyödyttänyt hankkeen eri osapuolia ja tarjonnut merkittävän edun kilpailijoihin nähden.

Tampereen Rantatunnelissa käytettiin modulaarisuuteen perustuvaa tuotantotapaa. Moduulirakentamisen peruserä on, että moduulit suunnitellaan samanlaisiksi ja vakio-moduuliin lisätään vain moduulikohtaisesti erikseen määriteltävät yksityiskohdat. Vakio-moduuliksi tulee valita vain vähän tekniikkaa ja muutososia sisältävä moduuli, jotta muokkausten määrä muita moduuleja vakio-moduulin pohjalta suunniteltaessa olisi mahdollisimman vähäinen. Moduulirakentaminen ei saa olla rakentamista ohjaavaa, eikä esimerkiksi ylimääräisten rakenteiden tekeminen moduulirakentamisen johdosta ole hyväksyttävää. (Ratamäki, 2015)

Rantatunnelin hankkeessa moduulirakentamisella koettiin olevan useita positiivisia vaikutuksia. Suurimpana lienee tunnelin käyttöönotto 6kk alkuperäistä aikataulua nopeammin, mikä laskee merkittävästi hankkeen yleiskustannuksia. Moduulirakentamisen johdosta myös aliurakointi kyettiin suunnittelemaan joustavasti, mikä lyhensi odotusaikoja, kun töiden toteutusajankohdat olivat tarkemmin tiedossa. Myös pitkän toimitusajan hankintojen aikataulut onnistui moduulirakentamisen avulla erinomaisen hyvin. Ratamäki löytää moduulirakentamisesta viisi keskeistä hyötyä: (Ratamäki, 2015)

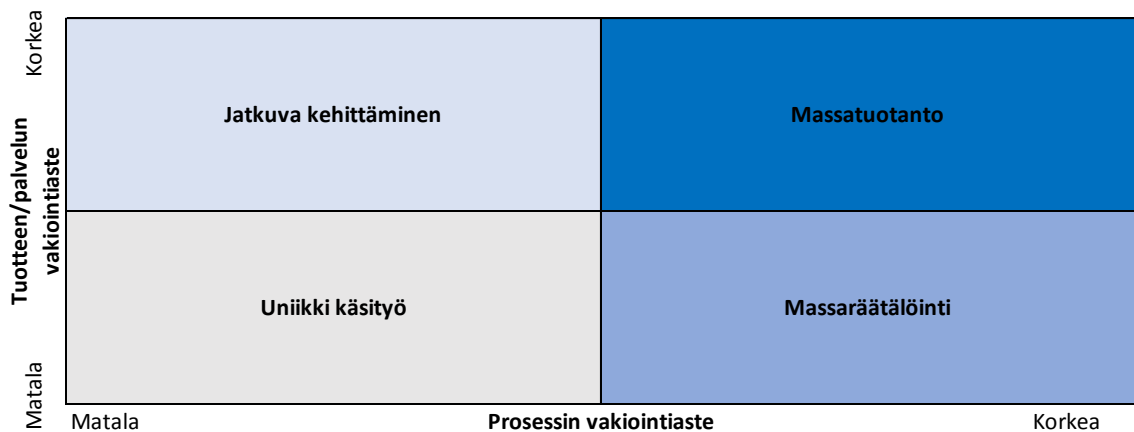
1. Moduulirakentaminen mahdollistaa viikkotason tahtiaikataulusuunnittelun
2. Kokonaisaikataulun lyhentyä merkittävästi
3. Samankaltaisten moduulien rakentaminen luo edellytykset toteutuksen kehittymiselle ja työssä harjaantumiselle rakentamisen aikana
4. Moduulirakentaminen tehostaa aikatauluohjausta ja seuranta sekä jatkuvaa parantamista
5. Moduulien rakenteet saadaan standardoitua, mikä tehostaa hankintaa ja laskee kustannuksia

Ratamäki arvioi Rantatunnelin kokemusten perusteella, että moduulirakentamista voidaan hyödyntää laajemminkin rakennusteollisuudessa. Moduulirakentaminen soveltuu hänen mukaansa erityisesti hankkeisiin, jotka voidaan jakaa toistuvasti toteutettaviin osiin ja joissa samankaltaisia osia on useita esimerkiksi kerrostalo. Ratamäki näkee moduulirakentamisessa vielä kuitenkin myös kehityskohtia. Hänen mukaansa tahtiaikataulusuunnitteluun pitäisi panostaa, jotta vältetään yliresursointia ja saadaan kaikki työvaiheet toteutettua suunnitellussa tahdissa. Myös rakenteiden ja siten moduulien standardointia olisi hänen mukaansa vietävä vielä pidemmälle eikä poikkeuksia tulisi juurikaan hyväksyä. (Ratamäki, 2015)

2.2 Massaräätälöinnin hyödyntäminen asuntotuotannossa

2.2.1 Massaräätälöinnillä saavutettavat hyödyt

Globaali kilpailu ja markkinoiden asettamat vaatimukset ovat olleet ajamassa tuotantofilosofioiden kehitystä modernisaation aikana. Kysynnän ja tuotannon suhdetta voidaan lähestyä kuvan 2 nelikentän avulla. Ensimmäinen lähestymiskulma on uniikki käsityö, missä tuote valmistetaan vaihtelevilla tuotantoprosesseilla asiakkaan toiveiden perusteella. Tuotetta tai prosessia ei ole juurikaan vakioitu, tuotteiden hinta on yleensä korkea ja niiden toimitusajat ovat pitkiä. Tämän päivän esimerkkejä uniikista käsityöstä voivat olla esimerkiksi erikoisvalmisteiset autot, räätälöidyt puvut ja asusteet tai yksittäisen arkkitehtuuriltaan täysin spesifin rakennuksen rakenteet. (Ahoniemi et al. 2007, s.15-16)

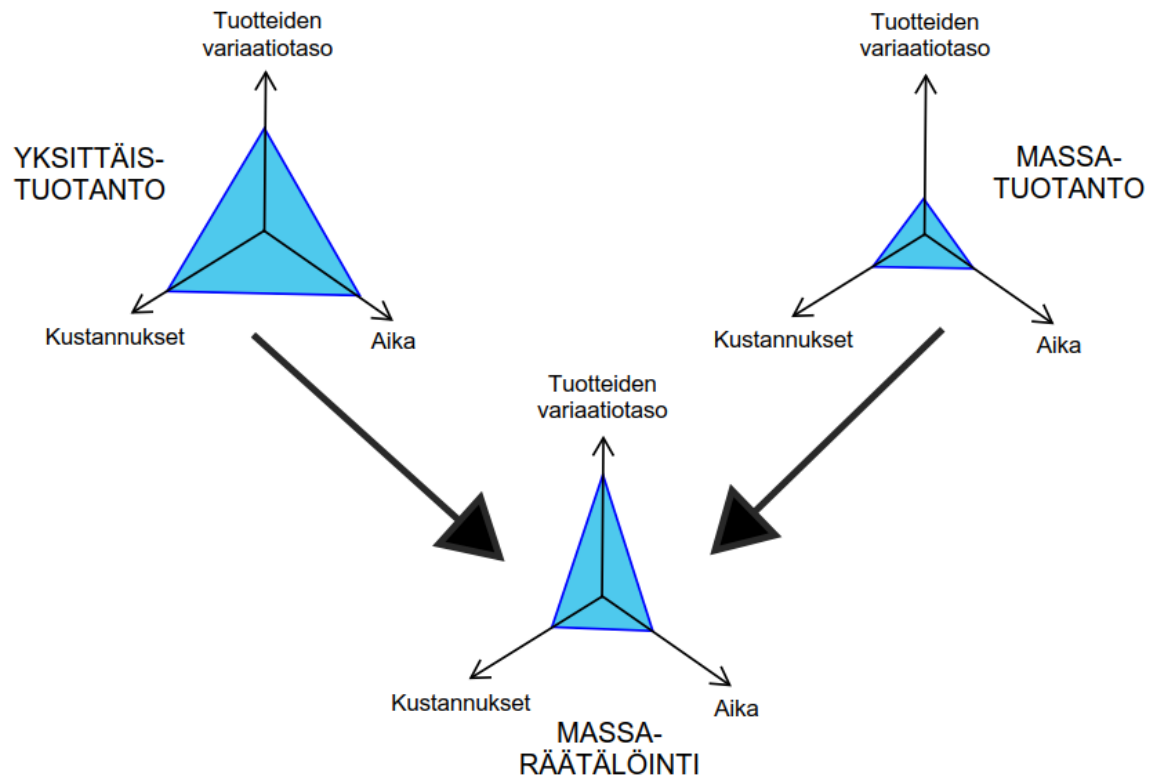


Kuva 2 *Prosessin ja tuotteen vakiointiasteiden suhdetta kuvaava nelikenttä. Muokattu lähteestä (Ahoniemi et al. 2007, s.15)*

Jatkuva kehittäminen on autoteollisuudesta peräisin oleva periaate, jolla pyritään prosessia optimoimalla laadun ja läpimenoajan parantamiseen ja hukan minimointiin. Periaate liittyy läheisesti lean- ja Just-In-Time-menetelmiin. Tuotantoprosesseja voidaan kehittää ja muuttaa, mutta tuotevariaatioiden määrä pidetään pienenä. Tuotteiden hinta määräytyy globaaleilla markkinoilla ja kilpailukyky perustuu tuotantoprosessien tehokkuuteen. (Ahoniemi et al. 2007, s.15)

Massatuotannossa tavoitteena on valmistaa mahdollisimman tehokkaasti suuri erä tuotteita. Kattavat myyntiverkostot myyvät vakioituja tuotteita tuntemattomille asiakkaille. Tuote kohdennetaan laajoille ihmisjoukoille, kysyntä selvitetään laajojen markkinatutkimusten avulla ja pienille markkina-alueille tuotteen vieminen nähdään usein kannattamattomana. Massatuotannossa sekä tuotantoprosessit että tuotteet pyritään pitkälle vakioimaan ja samalla tuotevariaatioiden määrä pidetään alhaisena. Näin yksikkökustannukset saadaan minimoitua ja tuotantovolyymi maksimoitua. (Ahoniemi et al. 2007, s.15-16)

Asiakaskohtaisesti personoiduille tuotteille on kysyntää, mutta korkeat valmistuskustannukset supistavat uniikin käsityön markkinoita. Tuotantoprosessin muuttaminen vie aikaa ja resursseja, joten sitä ei voida muuttaa jatkuvasti vastaamaan asiakkaiden tarpeita. Massaräätälöinnin tavoitteena onkin valmistaa asiakkaan yksilöllisiin tarpeisiin vastaavia tuotteita kustannustehokkaasti joustavien tuotantojärjestelmien avulla. Joustavilla tuotantojärjestelmillä tarkoitetaan tilannetta, jossa saadaan valmistettua laaja valikoima erilaisia tuotteita tuotantoprosessin pysyessä liki muuttumattomana, kuten kuvasta 2 voidaan havaita. Käytännössä tuotevarianttien suuri määrä saadaan aikaa luomalla rajattu määrä rajapinnoiltaan yhteensopivia tuoterakenteita, joita yhdistelemällä saadaan aikaan suuri määrä erilaisia tuotevariaatioita, joista asiakas voi valita tarpeitaan parhaiten vastaavan. (Partanen & Haapasalo 2004; Ahoniemi et al. 2007) Massaräätälöinnillä pyritään saavuttamaan yksittäistuotannon suuri tuotevarianttien määrä ja toisaalta massatuotannon tehokkuus, mitä havainnollistetaan kuvalla 3. (Forza & Salvador 2007, s.9)



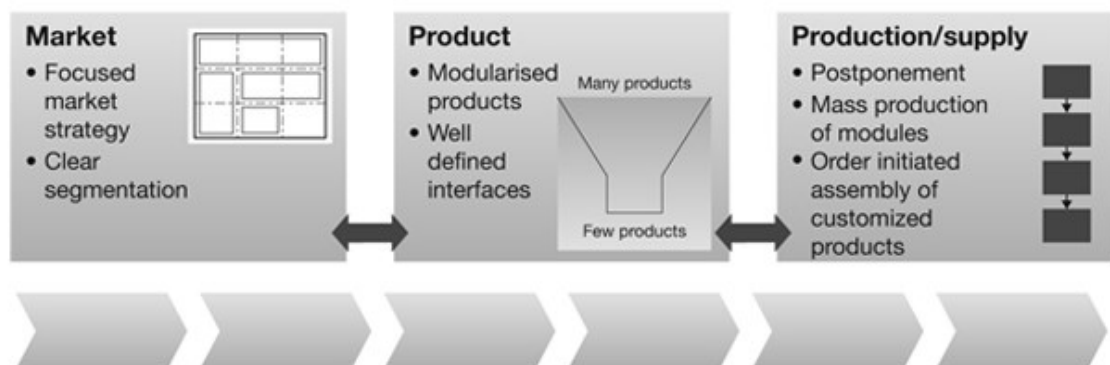
Kuva 3 Massaräätälöinnillä pyritään yhdistämään massatuotannon tehokkuus ja yksittäistuotannon tuotevariaatiotaso. Muokattu lähteestä (Forza & Salvador 2007, s.9)

Yrityksen tulee tarkastella analyttisesti omaa tuotettaan sekä markkinasegmenttiä, jolle tuotetta pyritään myymään ja niiden perusteella valita tuotantomalli, jolla kyetään vastaamaan parhaiten markkinoiden vaatimuksiin. Kuvan 2 tuotantomalleista ei voida siis nimetä parasta, vaan mallien toimivuus riippuu aina tuotteesta ja markkinasta. Yritysten tulee mieltä tuotteittain, millainen kohdemarkkina tuotteella on ja markkinan perusteella valita se tuotantomalli, jolla kysyntään kyetään parhaiten vastaamaan. Esimerkiksi luksusautojakin kyettäisiin valmistamaan teollisesti sarjatuotantona. Tällöin niiltä

kuitenkin puuttuisi niiden nykyinen kysyntää vahvistava uniikki status ja toisaalta kapea markkina olisi hyvin nopeasti tyydytetty. Liiketoimintana sellainen ei siis vastaisi markkinoiden vaatimuksia ja olisi täysin kannattamatonta.

Massaräätälöinnin hyödyt saadaan realisoitumaan maksimaalisesti, kun luodaan vakioituista elementeistä, komponenteista ja moduuleista koostuva toisiinsa linkittyvä kokonaisuus toteaa Pine (1993) kirjassaan. Hänen mukaansa osakomponenttien tulee olla vakioituja ja rajapinnoiltaan yhteensopivia, jolloin asiakkaalle voidaan koota komponenteista hänen tarpeitaan vastaava kokonaisuus. (Pine 1993) Partanen ja Haapasalo huomauttavat, että vakioikomponenttien ja moduulien käyttö mahdollistaa nopean tuotannon (fast production). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että tuotteen toimitusaika asiakkaalle on lyhyempi, kuin asiakkaan tilaaman tuotteen osakomponenttien valmistus- ja kokoonpanoaika. Koska tuotteet koostuvat massatuotetuista vakioikomponenteista, joita on varastoituna valmiiksi, voidaan kokoonpano aloittaa heti tilauksen varmistuttua, mikä nopeuttaa tilauksen toimitusta huomattavasti. (Partanen & Haapasalo 2004)

Kuvassa 4 on esitetty rakentamiselle tyypillinen massaräätelöintiä hyväksikäyttävä bisnesmalli. Siinä pyritään luomaan kohdennettu markkinastrategia ja siihen selkeä segmentointi eri tuotteiden ja kohderyhmien kesken. (Hvam et al. 2013) Oleellista on määrittää tarkasti, millä tuotteella pyritään vastaamaan tietyn markkinasegmentin kysyntään ja mitkä ovat avaintekijät kyseisen segmentin asiakkaille ostopäätöksen muodostumisessa. Tuotteet koostuvat moduuleista, joissa on yhteensopivat rajapinnat, jotta kokonaisuuden muodostaminen moduuleista on mahdollista. Moduulit valmistetaan massatuotantona, jolloin moduulien yksikköhinta saadaan matalaksi. Asiakkaiden toiveiden mukaan räätälöity tuote kokoonpannaan loppusijoituspaikassa teollisesti valmistetuista moduuleista.



Kuva 4 Modularisaatioon ja massaräätelöintiin perustuva rakennusliikkeen liiketoimintamalli. Muokattu lähteestä (Hvam et al. 2013, s.171)

Toisaalta mallin toimivuuden kannalta tulee määrittää selkeä tuotantoperiaate mallin tueksi. Hvam et al. (2013) esittää vaihtoehtoisiksi esimerkiksi seuraavia tuotantoperiaatteita:

- 1) Tuotteet kootaan vakioituista elementeistä ja moduuleista.

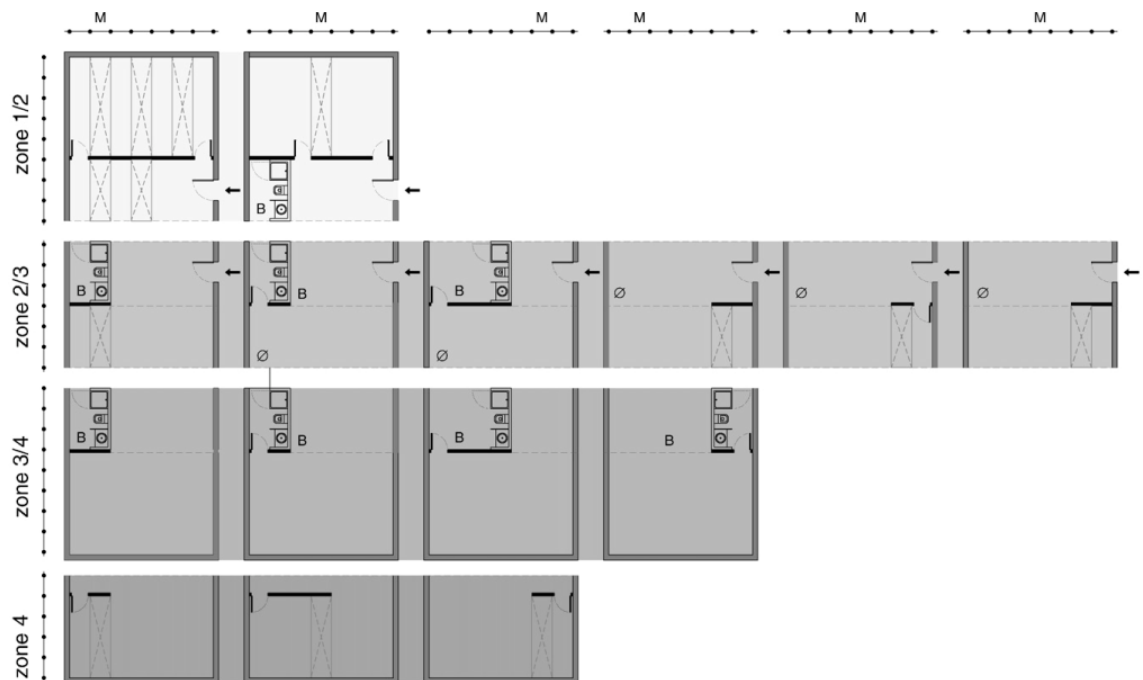
- 2) Tuotteet kootaan vakioiduista elementeistä ja moduuleista, mutta myös kolmansien osapuolten valmistamien elementtien käyttö kokoonpanossa on mahdollista.
- 3) Tuotteen osakomponentit ja moduulit kehitetään tilauskohtaisesti.

Ensimmäisessä tuotantoperiaatteessa käytettävissä olevat elementit ja moduulit on määritetty etukäteen ja niistä kootaan asiakkaan tarpeita vastaava tuote. Tilanne on perinteinen massaräätälöinnin esimerkkitapaus, missä vaihtoehdot on määritetty etukäteen eikä asiakkaalla ole mahdollisuutta vaikuttaa niihin, vaan ainoastaan valita niistä koostettava kokonaisuus. Toinen tuotantoperiaate on hyvin ensimmäisen kaltainen, mutta tuotteiden ja moduulien rajapintojen on oltava yhteensopivia myös muiden valmistajien tuotteiden ja moduulien kanssa. Asiakkaalle tämä voi näyttäytyä kovempaan kilpailuna ja matalampana hintana. Tämän mallin edellytyksenä on, että toimialan tuotteet on pitkälle standardisoitu, jotta moduulit olisivat rajapinnoiltaan yhteensopivia ja eri valmistajien komponenteista kyetään muodostamaan laajempi yhtenäinen kokonaisuus. Kolmannessa tapauksessa kokoonpanossa käytettävät komponentit ja elementit suunnitellaan tapauskohtaisesti asiakkaan toiveiden mukaisesti. Tässä tapauksessa räätälöinnin määrä tuotteessa on suurta ja massatuotannon tarjoamia mahdollisuuksia on vaikea hyödyntää täysimääräisesti. On tärkeää huomata, että yrityksen eri asiakassegmenteille ja tuotteille voi olla käytössä hyvin erilaiset liiketoimintamallit. Mallit eivät sellaisenaan sovellu kaikkien yritysten tai tuotteiden tuotantoon, mutta se tarjoaa lähestymiskulmia yritysten liiketoimintamallien suunnitteluun. (Hvam et al. 2013, s. 171-173)

Rakennustuotannossa massaräätälöintiä hyödynnettäessä tulee rakennusliikkeen määrittää mitkä osat vakioidaan ja mitkä osat jätetään asiakkaan toiveiden mukaisen räätälöinnin alaisiksi. Eräs ehdotus jakolinjaksi voisi olla avoimen rakentamisen mallin mukainen kiinteä perusosa ja muuntuva tilaosa. Perusosalla tarkoitetaan rakennuksen pysyvää osaa ja sillä luodaan sääsuojattua tilaa. Käytännössä perusosaan sisältyy perustukset, kantava runko, vesikatto, julkisivut, päähormit, LVIS-runkolinjat, portaikot, hissikuilut ja määrätyissä tilanteissa myös ovet ja ikkunat. Perusosa suunnitellaan siten, että se on jaettavissa erillisiin ja erikokoisiin muokattavissa oleviin huoneistoihin, jotta asiakkaiden tilatarpeen vaihteluihin voidaan vastata paremmin myös tulevaisuudessa. Muuttuva tilaosa sisältäisi kevyet väliseinät, LVIS-järjestelmiä, kiintokalusteet, lattia- ja seinäpinnoitteet, laitteet, saniteettikalusteet jne. Muuttuvan tilaosan kalusteet ja varusteet määritetään tapauskohtaisesti tilan käyttötarkoituksen ja käyttäjän tarpeiden perusteella. (Kruus & Kiiras 2007)

Perusosa olisi melko helposti vakioitavissa ja tuotettavissa kustannustehokkaasti vakioiduilla elementeillä. Kuten Bechthold (2013) toteaa, massatuotettujen vakioitujen elementtien ja komponenttien käyttö on jo arkipäivää rakennushankkeissa. Tavanomaisimpia käyttökohteita vakioiduille elementeille on rungon lisäksi ovet ja ikkunat, porrasmoussut, hissikuilut jne. Myös vakiomitalliset kipsilevyt ja palaeristeet voidaan nähdä vakioituina komponentteina.

Teollisilla toimialoilla vakioiduista elementeistä ja komponenteista kokoonpantavien laajempien kokonaisuuksien tuottaminen on arkipäivää. Rakentamisen kontekstissa vakiointi jää usein yksittäisten rakenneosien mittojen vakioinniksi, mutta myös rakennusalalla vakioiduilla elementeillä ja moduuleilla on mahdollista toteuttaa toimivia kokonaisuuksia. Benros ja Duarte (2009) esittelevät Kingspanin kehittämän järjestelmän esivalmistettujen ja vakioitujen komponenttien käyttöön asuntotuotannossa. Kingspanin järjestelmä on malliesimerkki massaräätälöinnin hyödyntämisestä rakentamisen toimialalla. Siinä vakioelementeillä toteutettuun vakioimitoitettuun teräsrunkoon liitettävä tilaosa toteutetaan vakioiduilla tilaelementeillä. Myös tilaelementtien liittymät on vakioitu siten, että elementtien paikkaa ja elementtityyppiä voidaan rungossa vaihtaa ongelmitta, jolloin huoneistojen kokoa voidaan vaivattomasti vaihdella asiakkaan tarpeen mukaan. Toisaalta tilaelementtien sisällä asiakas saa valita vakioiduista mallistoista kiintokalusteet, saniteettikalusteet, laitteet ja pintamateriaalit ja näin räätälöidä niistä ennalta määritettyjen reunaehtojen vallitessa haluamansa kaltainen mielekäs kokonaisuus. Rakennuksen perusosa kokoonpannaan työmaalla valmiista teollisesti valmistetuista vakioelementeistä. Myös tilaelementit kasataan kuivissa teollisissa oloissa vakioelementeistä ja asennetaan työmaalla valmiina kokonaisuuksina perusosaan. (Benros & Duarte 2009)



Kuva 5 Esimerkki Kingspanin moduulimatriisista, jossa esitetty muutamia mahdollisia tilaelementtien sijoittelutapoja. (Benros & Duarte 2009, s. 314)

Benrosin ja Duarten (2009) mukaan Kingspanin järjestelmässä asunnon koko on valittavissa 50 m^2 ja 150 m^2 välillä. Esimerkkilaskelman mukaan neljästä tilaelementistä (vaatehuone, kylpyhuone, keittiö sekä avoin tila) koostuva asunto voidaan järjestää 1470 erilaisella tavalla, jolloin asukkaiden perusratkaisujen valikoimalla kyetään vastaamaan useimpien asiakkaiden toiveisiin. Kuvassa 5 on esitetty moduulimatriisi, jolla havainnollistetaan moduulien sijoittelun vaikutusta asunnon pohjaan. Tietokonepohjaisen

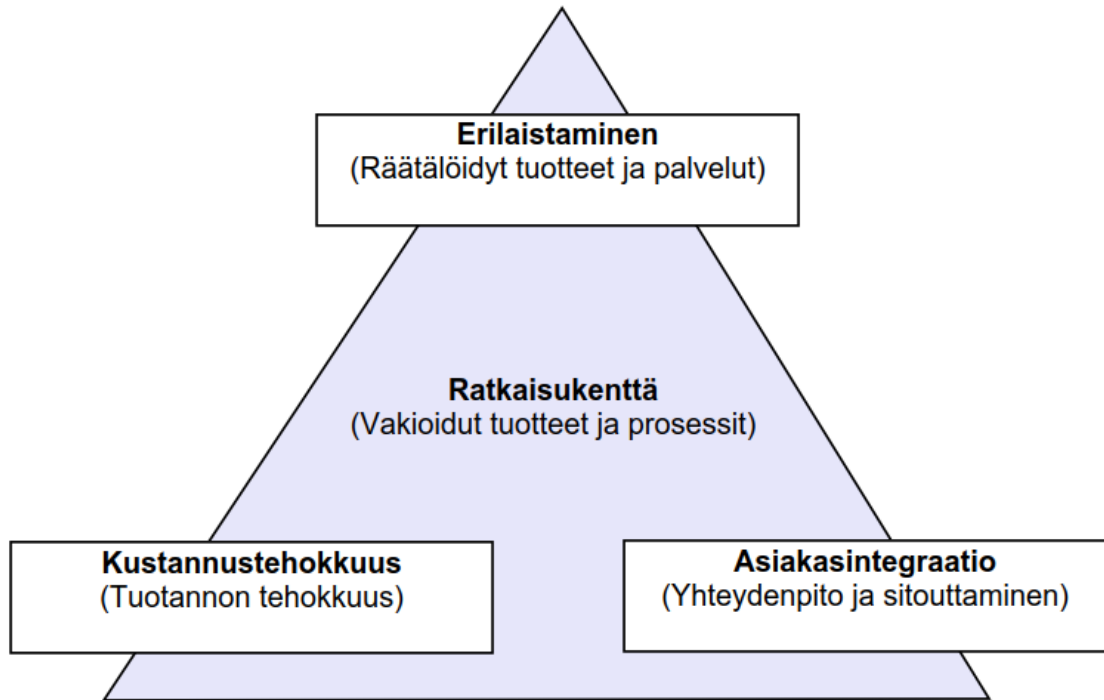
3D-suunnittelujärjestelmän avulla ratkaisua voidaan muokata asiakkaan toiveiden mukaan ja asiakas näkee heti, miten valinnat vaikuttavat kokonaisuuteen. (Benros & Duarte 2009)

Tulokset osoittavat, että joustava 3D-suunnittelu, aukoton tiedonkulku suunnittelun ja tuotannon välillä sekä teollisen rakentamisen hyödyntäminen rakennushankkeessa ovat avaintekijät massaräätälöidyn asuntotuotannon toteuttamisessa ja rakentamisen laadun parantamisessa toteavat Benros ja Duarte (2009) artikkelissaan. Esimerkki tapauksessa suunnittelu- ja tuotantojärjestelmien yhteensovittamisessa on ollut vielä ongelmia, kaikki suunnittelu- ja fyysiset rakennuskomponentit eivät ole aina vastanneet täysin toisiaan. Jatkossa valmisosien valmistusmenetelmät ja vakiokomponenttien ominaisuudet tulee ottaa vielä paremmin huomioon suunnitteluohjelmistoa kehitettäessä, jotta vastaavilta ongelmilta vältytään. Esimerkki kuitenkin osoittaa, että valmiiden ja vakioitujen tilaelementtien ja toisaalta niihin sovitetun 3D-suunnitteluohjelmiston käyttö rakennushankkeessa on mahdollista ja antaa merkittävän kilpailuedun perinteisiin rakentamismenetelmiin nähden. Kokonaisuutena toimivan järjestelmän kehittäminen vaatii huomattavia ajallisia ja taloudellisia investointeja, joten se soveltuu laajamittaiseen tuotantoon ja suureen markkina-alueeseen. Pieniin hankkeisiin tai kapeaa markkinasegmenttiä varten integroidun järjestelmän kehittäminen ei ole suurten investointikustannusten vuoksi kannattavaa, vaan niihin sopii paremmin perinteinen lähestymistapa. (Benros & Duarte 2009)

Vaikka Kingspanin esimerkin kaltainen järjestelmä voisikin tarjota merkittävän kilpailuedun perinteisiin rakentamisen toimintamalleihin nähden, sen kehittämiseksi vaadittavat suuret investoinnit ja laaja osaamis pohja tekevät mallin kehittämisestä haastavaa. Käytännössä järjestelmän kehittäminen edellyttää vankkaa osaamista eri suunnittelu-aloista, urakoinnista ja rakennustuoteteollisuudesta. Näin monipuolista useiden alojen huippuosaamista löytyy hyvin harvoista yrityksistä ja siksi vastaavan järjestelmän kehittäminen edellyttäisi yrityksiltä strategisia kumppanuuksia tai ammattitaidon lisäämistä yritysostoin, jotta saataisiin aikaan tarvittava osaamisen keskittymä. Järjestelmän kehittäminen vaatisi myös todella merkittäviä taloudellisia investointeja, jotta tarvittavat suunnittelujärjestelmät ja elementtitehtaat saadaan hankittua. Lisäksi valmiiden tuotteiden kysynnästä ja hintatasosta ei ole täyttä varmuutta, joten järjestelmän kehittämiseen sisältyy myös merkittäviä riskejä. Näistä seikoista johtuen Kingspanin esimerkin kaltaisen järjestelmän kehittämiseen tähtäviä hankkeita ei Suomessa ole juurikaan nähty.

Kun rakennusliikkeessä harkitaan massaräätälöinnin hyödyntämistä omassa liiketoiminnassa, tulee massaräätälöinnin hyödyntämisen edellytykset selvittää tarkasti oman tuotteen, tuotannon ja markkinan osalta. Pillerin (2004) mukaan edellytyksiä voidaan tarkastella kolmitahoisen ratkaisukentän avulla kuvan 6 mukaisesti. Jotta massaräätälöintiä voitaisiin yrityksessä menestyksekkäästi soveltaa, tulee yrityksen määrittää omaan liiketoimintaansa ja asiakaskuntaansa sopiva vakioitu ratkaisukenttä, jonka sisällä yritys kykenee täyttämään vaivattomasti asiakkaidensa tarpeet. Käytännössä ratkaisukentällä

kuvataan tilannetta, missä yritys luo vakioidut prosessit ja etukäteen suunnitellut tuoteratkaisut, joilla pyritään vastaamaan asiakkaiden toiveisiin. Ratkaisukentän avulla räätälöinnin kustannukset ja räätälöityjen tuotteiden hintataso saadaan pidettyä maltillisina, eikä räätälöinti näin ollen aiheuta juurikaan potentiaalista asiakaskuntaa karsivaa hinnanousua lopputuotteisiin. (Piller 2004)



Kuva 6 Massaräätälöinnin edellytysten ratkaisukenttä. Muokattu lähteestä (Ahoniemi et al. 2007, s. 22)

Kustannustehokkuus on kilpailukyvyyn perusedellytys. Pillerin (2004) mukaan räätälöinnin tuottaman lisäarvon asiakkaalle täytyy olla suurempi, kuin räätälöinnin aiheuttama lisäkustannus. Yrityksen tuleekin selvittää tarkasti minkälaisista räätälöidyistä tuotevaihtoista asiakkaat ovat valmiita maksamaan hieman enemmän ja hyväksyvät pidemmän toimitusajan massatuotettuun vakiotuotteeseen nähden. Tuotteen räätälöinti edellyttää monesti myös prosessin räätälöintiä, mikä kumuloituu lopulta tuotteen hintaan nostavan tekijänä Piller jatkaa. Ahoniemen (2007, s. 22-24) mukaan räätälöinnin aiheuttamaa kustannusten nousua voidaan pyrkiä rajoittamaan joustavilla tuotantoprosesseilla, lisäämällä modulaarisuutta, yhtenäistämällä tuoteperheitä, rajoittamalla tuotevaihtojen määrää sekä yhtenäistämällä ja optimoimalla prosesseja. Joustavan tuotantojärjestelmän avulla pienempiäkin räätälöityjä tuote-eriä on mahdollista tuottaa kustannustehokkaasti Ahoniemi lisää.

Erileistämisen ja kustannustehokkuuden välillä käydään massaräätälöinnissä jatkuvaa rajanvetoa. Räätälöinti lisää kustannuksia, mutta samalla räätälöidyillä tuotteilla kyetään paremmin vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin. Mikäli asiakaskunnalla on personoituja tarpeita, joiden tyydyttämisestä he ovat valmiita maksamaan, voi räätälöinnin korostaminen

ja personoitujen tuoteratkaisujen tarjoaminen olla jatkuvaa hintakilpailua menestyksekkäämpi liiketoimintamalli. Toki edistyksellisimmät ja menestyksekkäimmät toimijat kykenevät yhdistämään nämä kaksi. (Ahoniemi et al. 2007, s. 24; Tang & Tseng 2013, s. 258-262)

ICT-teknologian kehittyminen on siirtänyt kaupankäyntiä enenevässä määrin verkkoalustoille ja mahdollistanut vuorovaikutteisten suunnitteluohjelmistojen käytön myynnin tukena. Ohjelmistojen kehittymisen myötä asiakas pääsee suunnittelemaan tuotetta yhdessä myyjäorganisaation kanssa ja siten asiakkaan mahdollisuudet vaikuttaa tilaamansa tuotteen ominaisuuksiin ja ulkonäköön ovat parantuneet huomattavasti. Yhteistoimintamallien kehittymisen myötä asiakkaan rooli tuotteiden ostajana on laajentunut myös suunnittelijaksi, kehittäjäksi ja jopa markkinoijaksi. Hänen mukaansa asiakasläheisen tilausjärjestelmän on oltava tänä päivänä itseasiassa avoin suunnittelujärjestelmä, joka on integroitu yrityksen tilaus- ja toimitusjärjestelmiin. Järjestelmän tulee olla selkeä eikä siinä saa olla liikaa epäolennaisia tuotteen variointimahdollisuuksia, jotta käytön aloittaminen olisi helppoa eikä käyttäjän intoa tuotteen luomiseen ja ominaisuuksien määrittelyyn tukahduteta tarpeettomalla informaatiolla tai raskaalla käyttöliittymällä. Suunnittelutyökalun tulisikin Ahoniemen et al. (2007, s. 26) mukaan

- tarjota asiakkaalle eri rajapinnat huovioiva tuoteratkaisu ilman virheen mahdollisuutta
- tarjota alusta, jolla suunniteltu ratkaisu voidaan toteuttaa ilman pitkällistä perehtymistä aiheeseen ja mahdollistaa samalla yrittämällä oppiminen
- tarkistaa suunnitellun ratkaisun toimivuus ja tarvittaessa ehdottaa korjauksia

Ohjelman on myös kyettävä tarjoamaan avainasiakkaille yhteistyön syvetessä laajempia suoritusasioja. Muutoin on vaarana, että asiakkaan kiinnostus tuotesuunnitteluun kuihtuu eikä asiakkaan ammattitaidosta saada enää tuotteelle lisäarvoa parantuneiden suunnittelien muodossa Ahoniemi et al. (2007, s. 25-26) täydentää.

Ei siis riitä, että yrityksen tuote on asiakkaan räätälöitävissä, vaan lisäksi räätälöinnistä on tehtävä asiakkaalle vaivatonta ja mieluisaa. Asiakkaalle on kyettävä tarjoamaan järjestelmä, jossa hän näkee välittömästi, miten räätälöidyt vaihtoehdot vaikuttavat tuotteen ominaisuuksiin, yleisilmeeseen ja kustannuksiin. Näin asiakas saa riittävästi informaatiota, jotta hän pystyy arvioimaan virheettömästi räätälöinnillä saavutettavia hyötyjä suhteessa siitä aiheutuneisiin kustannuksiin. Mikäli räätälöintiin liittyvä tieto on vaikeasti saatavissa tai epäselvässä muodossa, eikä asiakas näe räätälöinnin tuottamaa lisäarvoa, hän usein valitsee halvemman massatuotetun vaihtoehdon, jonka ominaisuudet ovat hänellä hyvin tiedossa.

2.2.2 Massaräätälöinnin kehityksen haasteet

Rakennustuotannossa kohteet mielletään usein uniikeiksi ja räätälöidään tapauskohtaisesti tilaajan toiveiden mukaisiksi. (Aapaoja & Haapasalo 2014) Näin ollen sitä voidaan pitää tuotantomenetelmiensä osalta yksittäisvalmistuksena. Ahoniemi et al. (2007, s. 26-27) mukaan rakennustuotannossa massaräätälöintiin siirryttäessä oleellista on kyetä vastaamaan asiakkaiden yksilöllisiin tarpeisiin ja vaatimuksiin riittävän hyvin. On kuitenkin todennäköistä, ettei kaikkiin asiakkaiden vaatimuksiin kyetä massaräätälöidyillä tuotteilla vastaamaan. Tällaisessa tapauksessa vaatimukset joudutaan hylkäämään tai niihin vastataan ratkaisukentän ulkopuolisilla menetelmillä ja molemmissa menettelyissä on omat ongelmansa. Vaatimusten hylkääminen kaventaa potentiaalista markkinaa ja saattaa aiheuttaa negatiivisia mielikuvia asiakkaille. Toisaalta ratkaisukentän ulkopuolisiin toteutusratkaisuihin turvautuminen nostaa hankkeen kustannuksia. Massaräätälöintiin siirryttäessä yrityksen tulee myös määrittää markkinaan pohjautuen, mikä on sopiva määrä erilaisia optioita. Määrän tulee olla sellainen, että asiakkaiden yksilöllisiin tarpeisiin kyetään mahdollisimman kattavasti vastaamaan, mutta toisaalta yrityksen on kyettävä tehokkaasti hallitsemaan tarjoamiensa variaatioiden tuotanto. (Ahoniemi et al. 2007, s. 26-28)

Yksittäisvalmistukseen verrattaessa massaräätälöinti alentaa kustannuksia ja lyhentää hankkeen läpimenoaikaa, joten onnistuessaan massaräätälöintiin siirtyminen rakennustuotannossa voisi tuottaa merkittävän kilpailuedun yritykselle. Tuotannossa on kuitenkin tärkeää saavuttaa riittävän suuri volyymi, jotta massaräätälöintiin on kannattavaa siirtyä. Riittävän suurelle volyymille ei ole olemassa tarkkoja määritelmiä, vaan se riippuu yrityksen tuotteesta ja kohdemarkkinasta. Massaräätälöinnin oppeja noudattamalla voidaan kuitenkin melko pienilläkin tuotantomäärillä saavuttaa kustannussäästöjä esimerkiksi variointipisteen siirtäminen tuotannossa myöhäisemmäksi lisää joustoa prosessiin. (Ahoniemi et al. 2007, s. 26-28)

Bechtholdin (2013) mukaan suurin yksittäinen este massaräätälöinnin hyödyntämiselle rakennustuotannossa on alan toimintamallien pirstaleisuus ja yhteistoiminnan puute. Vain muutamat rakennusyritykset ovat onnistuneet kehittämään massaräätälöintiä hyväksikäyttäviä liiketoimintamalleja ja niilläkin on ollut poikkeuksellisen vahva markkina-asema jo ennen massaräätälöintiin siirtymistä. Lisäksi näillä yrityksillä on liiketoiminnassa mukana myös rakennustuotteiden valmistusta, jolloin teolliset toimintamallit ovat olleet osa yrityskulttuuria, mikä on helpottanut massaräätälöinnin kehittämistä yrityksissä. (Bechthold 2013, s. 197)

Useat suuret rakennusurakoitsijat ovat pyrkineet hyödyntämään massaräätälöintiä liiketoiminnassaan. Suomalainen pörssi-yhtiö YIT on muun muassa kehittänyt potentiaalisten asiakkaiden käyttöön verkkoalustalla toimivan suunnitteluohjelman, jolla asiakas pystyy suunnittelemaan kotinsa materiaaleja, kalusteita ja varusteita. Asiakas myös näkee heti, miten asunnon ilme muuttuu valintojen seurauksena. (Westerholm 2013) Myös

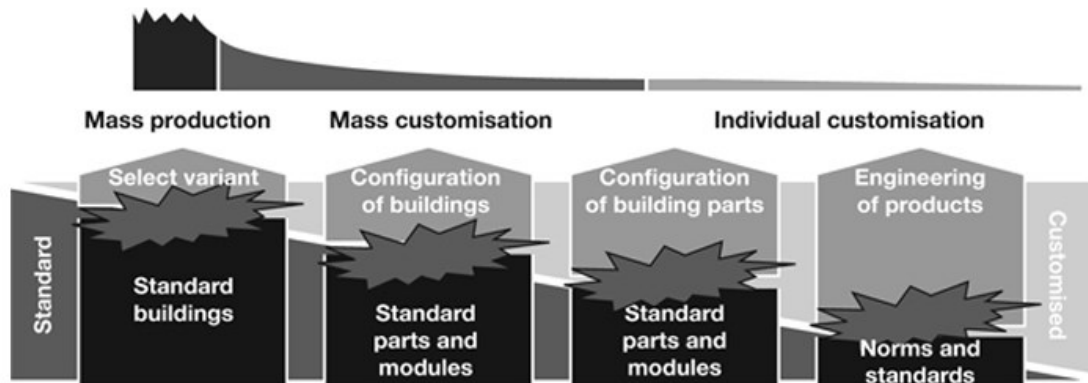
ruotsalaislähtöiset rakennusliikkeet Skanska ja NCC ovat toteuttaneet massaräätälöintiin liittyviä kehityshankkeita. NCC toteutti kaksi erillistä kehityshanketta massaräätälöinnin saralla erilaisilla lähestymiskulmilla aiheeseen, NCC Komplet-hankkeen ja German platform for housing-hankkeen (jatkossa GPH). NCC Kompletin tavoitteena oli hyödyntää teollisia valmistusprosesseja, kun taas GPH:n tavoitteena oli kehittää perinteisten rakennushankkeiden prosesseja ja hallintaa. Hankkeiden lopputulokset olivat hyvin erilaiset. NCC Komplet pyrki luomaan teorian tietoa hyväksikäyttäen täysin uudenlaisen lähestymistavan rakentamiseen. Tulos ei kuitenkaan vastannut odotuksia, sillä Komplet mallilla toteutettujen hankkeiden kustannukset nousivat huomattavan korkeiksi perinteisillä malleilla toteutettuihin hankkeisiin nähden ja hankkeesta päätettiin luopua. Sen sijaan GPH:n avulla on hankkeiden kustannuksia saatu laskettua kymmenessä vuodessa yli 30% ja silti he ovat kyenneet tarjoamaan korkealaatuisia tuotteita tarkasti valikoiduille markkinasegmenteille. (Thuesen et al. 2013)

NCC:n hankkeista saamat tulokset ovat ristiriidassa valtavirtaisen käsityksen kanssa, jonka mukaan teollinen rakentaminen olisi tulevaisuudessa rakennustuotannon kehitysuunta. NCC Komplet-hankkeeseen verrattuna GPH oli todella käytännönläheinen ja matalan teknologian hanke, jonka painopisteet olivat työmaalla tapahtuvassa tuotannossa. Käytännössä NCC:n hankkeet osoittavat, että menestyksellisen strategian löytäminen massaräätälöinnin hyödyntämiseksi rakennushankkeissa on haastavaa. (Thuesen et al. 2013) Saman ovat havainneet myös Salvador et al. (2009) tutkimuksessaan, joka käsitti 200 massaräätälöintiin liiketoiminnassaan pyrkineen yrityksen otannan. Heidän johtopäätöksensä oli, ettei ole olemassa yhtä oikeaa tapaa siirtyä massaräätälöintiin, vaan kyseessä on aina olemassa olevan liiketoiminnan hallittua kehittämistä massaräätälöinnin suuntaan. (Salvador et al. 2009)

NCC:n esimerkit osoittavat selvästi, miten haastavaa massaräätälöinnin integroiminen osaksi yrityksen toimintamalleja on. Hyvillä resursseilla isossa yrityksessä toteutettua kehityshanketta ei saatu onnistumaan. Teoriassa täysin toimivaa massaräätälöintiä hyödyntävää prosessia ei saatu käytännössä kannattavaksi. Samaan aikaan kuitenkin työmaan prosesseja kehittämällä ja niiden hallintaa parantamalla saatiin kymmenessä vuodessa hankkeiden kustannuksia laskettua yli 30%. Kenties oikea johtopäätös NCC:n hankkeista olisikin, että koko toimintamallin uudistaminen kerralla ei ole realistista, vaan muutoksen tulee lähteä ruohonjuuritasolta luomalla standardisoidut prosessit nykyisiin käytänteisiin ja tämän jälkeen lähteä kehittämään prosesseja massaräätälöintiä hyödyntävään suuntaan.

Thuesen et al. (2013, s. 408) mukaan yleisellä tasolla rakennustuotannossa massaräätälöintiin siirtyminen voidaan nähdä pyrkimyksenä hyödyntää samankaltaisuutta, toistuvuutta ja vakiointia hankkeissa. Tätä havainnollistetaan kuvalla 7. Tällä hetkellä rakennukset suunnitellaan hyvin pitkälle uniikkeina vallitsevien normien ja määräysten mukaisesti, joten rakentamisen nykytila sijaitsee kuvan oikeassa reunassa. Mitä enemmän

kuvassa siirrytään vasemmalle kohti massatuotantoa, sitä enemmän rakentamisen ja suunnittelun prosesseja ja tuotteita vakioidaan ja toisaalta samalla tuotteen ja prosessien joustavuus heikkenee.



Kuva 7 Massaräätälöintiin siirtymisen portaat. (Thuesen et al. 2013, s. 408)

Vakioinnin hyödyntämisessä avaintekijäksi muodostuu integroitu arvoketju. Massaräätälöintiä hyödynnettäessä tämä käytännössä tarkoittaa sitä, että yritysten on kehitettävä strategisia kumppanuuksia keskenään tai jopa muodostettava uudentyyppisiä laajemman osaamisen yrityksiä, joissa yhdistyvät arkkitehtuuri-, insinööri- ja rakentamisenosaaminen. (Thuesen et al. 2013) Näin yksi suurempi toimija kykenee vastaamaan laajemmin rakentamisen haasteisiin, mikä vähentää hankkeiden pirstaleisuutta ja sidosryhmien määrää ja samalla mahdollistaa yritykselle entistä paremman prosessien ja tuotannon hallinnan. Tällä hetkellä sirpaloituneet arvoketjut, lyhyet sopimukset ja projektiperusteinen tuotanto ja hallinto hankaloittavat massaräätälöinnin soveltamista. Onkin tärkeää, että rakentamista säätelevät viranomaiset ovat alkaneet tiedostaa, minkälaisia rakenteita he pyrkivät edistämään teollisuudessa. (Jensen et al. 2011)

Massaräätälöinnin sovellukset herättävät yhä kasvavaa kiinnostusta rakennusalaalla ja useita kehityshankkeita sen hyödyntämiseksi on toteutettu, osa onnistuneita, osa epäonnistuneita. Tästä huolimatta tutkimustieto ei ole pystynyt tarjoamaan tukeaa kehityshankkeiden toteutukseen ja alalla kaivataankin nopeasti ajantasaista tutkimusta aiheesta. Toisaalta tutkimuksilla saadaan usein juuri sellaista tietoa mitä etsitään ja tästä syystä tutkimusta tarvitaan kahdesta eri lähtökohdasta. Ensiksi nykyisistä prosesseista ja menetelmistä lähtevää ja niitä kehittävää tutkimusta ja toisaalta niin kutsuttua dekonstruktivistista tutkimusta, jossa pyritään luomaan kokonaan uusia lähestymistapoja asiaan. (Thuesen et al. 2013)

3. TUTKIMUSMENETELMÄT JA TUTKIMUKSEN KULKU

Tutkimus jakautuu käytännössä kahteen toisiaan tukevaan osuuteen: kirjallisuusselvitykseen ja haastattelututkimukseen. Kirjallisuusselvityksellä luotiin kattava näkemys käsiteltävästä aiheesta ja haastattelututkimuksella tutkittiin aihetta puhtaasti kohdeyrityksen näkökulmasta. Peilaamalla haastatteluiden ja kirjallisuusselvityksen tuloksia keskenään, voidaan arvioida kohdeyrityksen toimintakulttuuria laajemmassa viitekehyksessä ja samalla pohtia eri kehitysmahdollisuuksia.

Haastatteluiden ja taustateoriaan perehtymisen ohessa tutkija osallistui rivitalohankkeen suunnitteluprosessiin ja havainnoi itse suunnitteluprosessia ja suunnittelun ohjauksen menettelyjä. Samalla tutkija perehtyi hankkeen suunnitelma-asiakirjoihin ja vertasi niitä suunnitteluohjeisiin.

Tutkimusmenetelmiä pyritään käyttämään tutkimuksessa niin, että ne tukevat toisiaan mahdollisimman hyvin. Osallistuva havainnointi toimii tässä tutkimuksessa lähinnä teemahaastatteluita tukevana elementtinä samalla lisäten tutkijan ymmärrystä käsiteltävästä aihepiiristä. Havainnointi ei tässä tapauksessa ole suunnitelmallista eikä systemaattista, vaan vapaata ja usein tiedostamatontakin. Syntyneet havainnot tukevat muita tutkimusmuotoja ja näin ollen sillä on suuri merkitys tutkimustulosten relevanssin arvioinnissa ja tulosten vertailussa. Osallistumalla havaittuja seikkoja ei kuitenkaan eritellä tämän tutkimuksen puitteissa erikseen, vaan havainnot tuodaan esille esimerkiksi kohdeyrityksen nykytilaa analysoitaessa.

3.1 Kirjallisuuskatsaus

Tutkimuksen lähdekirjallisuuteen pohjautuvassa osuudessa tutkitaan rakentamisen prosessien ja rakenteiden vakiointia sekä massaräätälöintiä ja näiden sovelluksia ja hyödyntämistä rakennushankkeessa. Lähdekirjallisuutena käytetään kotimaisia ja ulkomaisia kirjoja ja artikkeleita, rakennusmääräyksiä ja asetuksia sekä suunnitteluohjeita. Kirjallisuuskatsauksessa asioita tutkitaan lähinnä yleisellä tasolla ja pyritään luomaan laaja yleissilmäys käsiteltävään aiheeseen, jota vasten voidaan peilata kohdeyrityksen toimintatapoja.

Kirjallisuuskatsauksessa käsiteltävät aiheet valittiin siten, että ne laajentavat tutkijan käsitystä tutkittavasta aiheesta, tukevat sitä kautta teemahaastatteluiden toteutusta ja antavat vertailukohdan teemahaastatteluiden tuloksille. Kirjallisuuskatsaus pyrittiin pitämään valittujen teemojen ja tutkimuksen rajausten sisällä, jotta rajalliset resurssit kohdistuisivat mahdollisimman tehokkaasti tutkimuksen kannalta relevantin aineiston käsittelyyn.

Kirjallisuuskatsaus soveltuu hyvin aihekokonaisuuden yleiskuvan hahmottamiseen laajan aineiston ja monien erilaisten näkökulmien johdosta. Yksittäisen yrityksen kontekstissa kirjallisuusselvityksen tuloksiin tulee kuitenkin suhtautua kriittisesti ja arvioida niiden relevanssia yrityksen päivittäisen liiketoiminnan asettamien reunaehtojen puitteissa. Kirjallisuuskatsauksen tulokset on esitetty luvussa 2.

3.2 Haastattelututkimus

3.2.1 Haastattelumenetelmät

Haastattelututkimus oli kaksivaiheinen: ensimmäisessä vaiheessa kartoitettiin lyhyen sähköpostikyselyn perusteella vastaajien näkemyksiä käsiteltävään aiheeseen, toisessa osassa kyselytulosten perusteella määritettiin teemahaastattelussa käsiteltävät teemat ja pidettiin teemahaastattelut.

Kyselytutkimus sopii erinomaisesti ongelmien alustavaan kartoitukseen, sillä näin vastauksia saadaan paljon ja variaatiota vastauksien välillä on tyypillisesti runsaasti. Lisäksi mikäli sama ongelma nousee esiin useissa vastauksissa, voidaan perustellusti olettaa kyseisen seikan olevan kehittämisen tarpeessa. Lisäksi lyhyeen kyselytutkimukseen vastaaminen on nopeaa ja melko vaivatonta, joten vastausprosentti nousee korkeaksi.

Teemahaastatteluilla kerättiin kohdeyrityksestä laadullinen vertailuaineisto kirjallisuuskatsaukselle. Tämä haastattelumuoto on ominaispiirteiltään keskustelunomainen ja haastattelu etenee tutkijan johdolla ilman tiukkaa kysymysten asetelua. Teemahaastattelut ovat Suomessa suosituin tapa kerätä kvalitatiivista aineistoa. (Aaltola & Valli 2010)

Teemahaastattelussa määritetään etukäteen teema-alueet, joita haastattelussa käsitellään. Kaikki aiheet käydään jokaisen haastateltavan kanssa lävitse, mutta aiheiden käsittelylaajuus ja -järjestys vaihtelevat haastatteluittain. (Aaltola & Valli 2010) Teema-aiheiden käyttö saattaa Hirsjärvi ja Hurme (2011) mukaan vapauttaa tutkijaa, jolloin tutkittavan näkemys tulee paremmin esiin.

3.2.2 Haastateltavat henkilöt

Haastattelututkimuksessa oli kahdesta vaiheesta johtuen kaksi haastatteluryhmää. Kyselytutkimus toteutettiin laajalle joukolle kohdeyrityksen työntekijöitä. Kysely lähetettiin 16 kohdeyrityksen rivitalohankkeiden parissa työskennelleelle työntekijälle ja vastauksia saatiin 10 henkilöltä. Vastausprosentti oli näin ollen 62,5%.

Teemahaastattelut toteutettiin kyselytutkimuksen tulosten ja vapaaehtoisuuden perusteella kuudelle kohdeyrityksen työntekijälle, jotka kaikki ovat osallistuneet puurunkoisen rivitalon suunnittelu- tai toteutusvaiheeseen ja ovat oman tehtävänsä tuomasta näkökulmasta asiantuntijoita rakenteisiin ja rakenneratkaisuihin liittyvissä kysymyksissä.

Haastateltaviksi valittiin yrityksen johdon edustaja, tuotantopäällikkö, projektipäällikkö, kaksi työmaapäällikköä sekä työnjohtaja. Yrityksen- ja projektinjohdon näkökulmat painottuivat suunnittelunohjaukseen, kun työmaatoimihenkilöiden vastauksissa korostui tuotannonohjaukselliset seikat. Näin saatiin kattava kokonaiskuva kohdeyrityksen rivitalotuotteen suunnittelu- ja toteutusratkaisuista sekä niihin liittyvistä ongelmakohtista ja hyvistä käytännöistä.

Kohdeyrityksen sisällä valintaa ei tehty sattumanvaraisesti, vaan haastatteluun valittiin rivitalotuotteen suunnittelu- ja tuotantoprosessin parhaimmin tuntevat henkilöt. Kohdeyrityksellä ei ole aiemmin ollut selkeästi vakioituja rakenneratkaisuja, vaan ratkaisut vaihtelevat projekteittain melko suurestikin. Myös näkemykset siitä, millaisilla rakenneratkaisuilla rivitaloja tulee jatkossa rakentaa vaihtelevat melko suuresti ja ovat luonnollisesti kunkin yksilön subjektiivisia näkemyksiä aiheesta. Teemahaastatteluun valittiin vain kuusi henkilöä, mistä aiheutuu riski, etteivät heidän näkemyksensä vastaa muiden yrityksessä työskentelevien näkemyksiä rakenneratkaisuihin. Tätä vääristymää pyrittiin kuitenkin korjaamaan tutkimuksen loppuvaiheessa teetetyllä lausuntokierroksella, jossa piirrettyihin kuviin ja valittuihin rakenneratkaisuihin pyydettiin kommentteja laajemmin yrityksen henkilöstöltä.

3.2.3 Haastatteluiden toteutus

Haastatteluvaihe aloitettiin sähköpostitse toteutetulla alustavalla kyselyllä, jolla kartoitettiin kohdeyrityksen henkilöstön näkemyksiä puurunkoisen rivitalon rakenneratkaisujen ongelmakohtista sekä arviota ongelman syystä. Jokaiselta vastaajalta toivottiin vähintään viittä erillistä ongelmakohtaa, jolloin arveltiin ongelmakohtista saatavan tietomäärän olevan riittävän kattava rakenneratkaisujen kehityskohteiden tunnistamiseksi ja teemahaastatteluiden teemojen perusteiksi.

Teemahaastatteluun osallistuneiden henkilöiden vapaaehtoisuutta teemahaastatteluun tiedusteltiin jo alustavan kyselyn yhteydessä. Lopullinen haastattelupyynnöksi tehtiin puhelimitse ja haastateltavan annettiin itse määrittää haastattelun aika ja paikka. Aaltolan ja Vallin (2010) mukaan haastateltavalle tutussa paikassa tapahtuvalla haastattelulla on suurempi todennäköisyys onnistua. Lisäksi näin toimimalla arveltiin kynnyksen haastattelusta kieltäytymiseen olevan melko korkea ja haastateltaviksi saatiinkin ne henkilöt, keiden etukäteen arveltiin tuntevan rivitalotuotteen suunnittelu- ja tuotantoprosessit parhaiten. Haastateltavia pyrittiin lisäksi motivoimaan haastatteluun korostamalla heidän näkemyksensä tärkeyttä tutkimukselle.

Kaikki haastattelut toteutettiin samalla teemahaastattelurungolla ja jatkokysymykset ja -keskustelut etenivät spontaanisti haastateltavan vastauksiin pohjautuen. Liitteessä A on esitetty teemahaastattelun kysymykset aihealueittain. Haastatteluteemat etenivät karkealla tasolla synkronoidusti todellisen rakennusprojektin työvaiheiden kanssa alkaen perustuksista ja päättyen detaljeihin ja rakennuksen ulkoasuun. Haastatteluissa keskityttiin

arvioimaan edellisten kohteiden rakenneratkaisujen relevanssia ja lisäksi spekulointiin vaihtoehtoisia ratkaisuja sekä niiden vaikutuksia kustannuksiin, aikatauluun, tuotantotekniikkaan, rakennusfysiikkaan sekä mielikuviin hyvistä rakennustavoista ja niiden vaikutuksista asuntojen myytävyyteen.

Haastattelut toteutettiin haastateltavien esittämässä paikoissa ja heidän toivominaan ajankohtina. Haastattelutilanteita ei nauhoitettu, mutta tutkija teki muistiinpanoja haastattelun aikana ja laati jokaisesta haastattelusta haastattelumuistion, joka hyväksyttiin ja allekirjoitettiin haastateltavan ja tutkijan toimesta. Haastattelutilanne pyrittiin tietoisesti pitämään rentoja ja epämuodollisena, jotta kysymykset eivät olisi liian tarkasti määrittäneet haastattelun kulkua, vaan tilaa jäi enemmän haastateltavien omille ajatuksille ja näkökulmille.

3.3 Asiantuntijatyöpaja

Teemahaastatteluiden jälkeen tutkija laati haastatteluissa ja kyselyssä esiin nousseiden haasteiden ja kehitysehdotusten pohjalta luonnokset vakioitaviksi rakennetyypeiksi ja detaljeiksi. Luonnokset esitettiin asiantuntijatyöpajassa kohdeyrityksen toimihenkilöille. Työpajaan osallistui kohdeyrityksen työntekijöitä työnjohtotehtävistä, suunnittelunohjauksen ja projektinjohdon alalta, hankinnasta sekä yrityksen johdosta. Työpajaan osallistujia kutsuttiin eri tehtävistä, jotta luonnoksia saatiin arvioitua mahdollisimman monelta eri näkökannalta käsin.

Asiantuntijatyöpaja jaettiin kahteen kolmetuntiseen jaksoon. Näin kertaistunnon pituus ei venynyt kohtuuttomaksi, mikä olisi väistämättä vaikuttanut heikentävästi osallistujien keskittymiskykyyn. Työpajassa vakioitaviksi valitut luonnokset käsiteltiin yksityiskohdallisesti lävitse ja niiden rakennettavuutta ja luotettavuutta sekä vaikutuksia kustannuksiin ja aikatauluun arvioitiin kriittisesti. Mielenkiintoa herätti erityisesti detaljien rakennettavuus ja rakennusfysikaalinen toimivuus. Asiantuntijatyöpajassa korostui näkemys, että perustajaurakoitsijana kohdeyrityksellä on asuntokauppalaan mukainen vastuu rakentamastaan tuotteesta, joten valittujen rakennetyyppien ja detaljien tulee olla ehdottoman varmoja toteuttaa eivätkä ne saa sisältää minkäänlaisia laaturiskejä.

Asiantuntijatyöpajassa esiin nousseiden havaintojen perusteella vakioitaviksi aiottuja rakenteita ja detaljeja kehitettiin. Muutamia seikkoihin pyydettiin myös materiaalitoimitajilta ja asiantuntijoilta lausuntoja, jotta ratkaisujen toteutettavuudesta ja riskittömyydestä voitiin olla aivan varmoja. Tämän jälkeen luonnokset piirrettiin lopullisiksi versioiksi ja samalla laadittiin ohjekirja, jonka liitteeksi lopulliset kuvat lisättiin. Ohjekirjaa on tarkoitus käyttää osana uusien työntekijöiden perehdytystä yrityksen asuntotuotannon osalta sekä suunnittelunohjauksen, hankinnan ja tuotannonohjauksen apuna kohdeyrityksessä.

3.4 Osallistuva havainnointi

Tutkija työskentelee kohdeyrityksessä ja osallistuu kohdeyrityksen työntekijänä pientalohankkeeseen. Tutkija ei henkilökunta- asemansa johdosta voi toimia neutraalina ulkopuolisena tarkkailijana, vaan havainnointia tehdään rakennusliikkeen positiosta käsin. Suunnittelun edetessä tutkija tekee havainnointia kohdeyrityksen nykyisistä toimintamalleista erityisesti suunnittelunohjauksen osalta.

Tämän tutkimuksen puitteissa osallistuvalla havainnoinnilla kerätään tietoa kohdeyrityksen suunnittelun ohjauksen prosesseista. Kohdeyrityksessä on toteutettu suunnittelun ohjauksen prosessien vakiointiin tähtäävä kehityshanke, joten tehtyjä havainnointia voidaan verrata kehityshankeeseen esittämiin vakioituihin toimintamalleihin. Tutkija osallistuu kuitenkin vain yhden hankkeen suunnittelunohjaukseen, eikä havainnointia voida olettaa pitävän paikkaansa kaikissa kohdeyrityksen hankkeissa sellaisinaan. Havainnoinnilla tutkija saa kuitenkin hyvän yleiskuvan ennestään melko tuntemattomasta aiheesta ja havainnointia avulla saadaan yksi vertailukohta vakioitun toimintamallin ja käytännön toteutuksen välillä.

4. PROSESSIEN JA RAKENNERATKAISUJEN VAKIOINNIN NYKYTILA JA KEHITTÄMISTARPEET KOHDEYRITYKSESSÄ

4.1 Pientalohankeen vakiointi kohdeyrityksessä

Tässä luvussa esitetään kohdeyrityksen pientalotuotannon vakioituja toimintamalleja. Painopiste on tutkimuksen rajaukseen ja haastatteluissa esiin nousseisiin kehitystarpeisiin perustuen suunnittelun ohjauksessa, mutta myös siihen oleellisesti liittyvää hankintatoimea sivutaan. Tätä laajempi prosessien vakioinnin tarkastelu ei ole tämän työn osalta perusteltua. Kohdeyrityksen vakioinnin nykytilan ja kehittämistarpeiden arviointi perustuu tutkijan havaintoihin, kohdeyrityksen aiempien projektien dokumentteihin, teemahaastatteluihin sekä kohdeyritykseen opinnäytetöinä aikaisemmin teetettyjen kehityshankkeiden raportteihin.

Kohdeyrityksessä on liiketoiminnan kasvaessa pyritty vakioimaan rakennusprojektia sekä lopputuotteen, että prosessin osalta. Vakiointia on pitkälti edistetty opinnäytetöiden ja niihin liittyvien kehitysprojektien avulla. Tästä erinomaisena esimerkkinä toimii Niko Syrin laatima diplomityö (Syri 2015), jossa on kehitetty SUKE-malliin perustuva kohdeyritykselle räätälöity toteutussuunnittelun toimintamalli. Myös hankintaa (Ahola 2015), asiakasprosessia (Heikkilä 2015), käytönopastusta (Leinonen 2015) sekä dokumenttien hallintaa ja arkistointia (Raudasoja 2016) on tutkittu ja kehitetty diplomitöiden muodossa. Voidaankin syystä todeta, että perustajaurakoinnin prosessin kehittämiseen on panostettu ja tulokset ovat olleet rohkaisevia, vaikkakin projektien tulosten jalkautuksessa yrityksen päivittäiseen liiketoimintaan on vielä parantamisen varaa.

Kohdeyrityksen liiketoiminta on asuntojen perustajaurakointia projektinjohtourakointina. Kohdeyritys toimii hankkeissa sekä rakennuttajana että päätoteuttajana. Projektinjohtorakentamiselle ominaisesti kohdeyrityksen hankkeissa suunnittelu, hankinnat ja rakentaminen limittyvät voimakkaasti. Hankinnat ja rakentaminen pyritään aloittamaan välittömästi tarvittavien toteutussuunnitelmien valmistuttua. Hankkeiden yleis-, hankinta- ja toteutussuunnitelma-aikataulut onkin laadittava yhdessä ja toisiinsa sovittaen, jotta avainhankintoihin tarvittavat suunnitelmat saadaan oikea-aikaisesti laadittua. Hankkeiden kaikki suurimmat hankinnat tehdään hankkeen alkuvaiheessa, joten toteutussuunnittelun alku on suunnittelijoiden kannalta hektisintä aikaa. Tällöin korostuu tarve ohjata ja johtaa suunnittelua siten, että suunnittelijat kohdentavat resurssinsa oikeisiin asioihin. Aktiivisella suunnittelun johtamisella varmistetaan, että suunnittelijat keskittyvät avainhankintojen toteutuksen kannalta keskeisiin suunnitelmiin ja että heillä on käytössään riittävät resurssit suunnitelmien toteuttamiseen sovituissa aikatauluissa.

Suunnittelun johtamisen työkaluina kohdeyrityksessä on toteutussuunnittelun aikana kahden viikon välein pidettävät suunnittelukokoukset. Rakentamisen aikana suunnittelukokousväli on tyypillisesti kaksi kuukautta. Lisäksi suunnittelua johdetaan puhelimitse ja sähköpostitse kokousten välisinä aikoina. Hankkeissa on käytössä projektipankki, jonne valmiit suunnitelmat tallennetaan. Näin projektiorganisaatiolla on käytössään ajantasainen tieto suunnitelmien edistymisestä valmiiden osasuunnitelmien tasolla.

Kohdeyrityksessä hankinnat on jaettu hankintapaketteihin, jotka pohjautuvat hankintastrategiaan ja vakioituun hankintajakoon. Hankinnat rytmitetään vastaamaan rakentamisen aikataulua pienin variaatioin. Esimerkiksi betoni- ja puuelementtien pitkistä toimitusaajoista johtuen elementtien hankinta tehdään aivan hankkeen alkuvaiheessa ja toimitusaika rytmittää myös varsinaisen rakentamisen aloitusta. Suunnitelmat on jaettu SUKE-malliin perustuen suunnitelmapaketteihin, jotka vastaavat hankintapaketteja. Tietyn suunnitelmapaketin suunnitelmia tarvitaan, että saadaan sitä vastaavan hankintapaketin hankinnat toteutettua. Vakioitujen hankintapaketien ja hankintamenettelyn avulla hankintaa on tehostunut ja hankintaan onkin saatu luotua optimoitu prosessimainen toimintamalli.

Kohdeyrityksen toimintamallit ohjaavat aikaiseen suunnittelutarpeeseen ja siitä seuraavaan suunnittelijoiden suureen työkuormaan toteutussuunnittelun alkuvaiheessa. Hankinnat toteutetaan tyypillisesti SUKE-mallista poiketen suurina paketteina, mikä johtaa aikaiseen suunnitelmatarpeeseen. Esimerkkeinä voitaneen mainita maanrakennusurakkaan usein sisällytettävät pihatyöt, jolloin piha- ja aluerakenteiden suunnitelmat on oltava selvillä jo maanrakennusurakkaa kilpailutettaessa. Toinen esimerkki on sähköurakan kilpailutus hankkeen kokonaisurakkana, johon kuuluvat myös alapohjan alapuoliset sähkötyöt. Tämän seurauksena sähköurakoitsijan on oltava selvillä jo maanrakennus- ja perustustöitä tehtäessä.

Toisaalta aikaiseen suunnitelmatarpeeseen johtaa projektinjohtorakentamiselle ominainen hankintamenettely. Kun varsinaisen rakennustyö suoritetaan kilpailutettujen urakoitsijoiden toimesta, venyy aikaväli suunnitelmien valmistumisesta työn aloittamiseen huomattavan pitkäksi. Lyhimmilläänkin kyse on noin kuukauden, tyypillisesti kahden kuukauden ajanjaksosta, jonka aikana lähetetään urakoitsijoille tarjouskyselyt, urakoitsijat laskevat tarjoushinnat, suoritetaan tarjousten vertailu ja urakkaneuvottelut sekä laaditaan urakkasopimus.

Kohdeyrityksessä suunnittelutyötä pyritään vähentämään käyttämällä vakioituja asuntopohjia ja optimoimalla asuntojen kokojakauma tapauskohtaisesti vastaamaan sen hetkistä ja alueellista kysyntää. Tämä myös vähentää merkittävästi tilanjako-osiin tehtäviä muutoksia ja kohdeyrityksen hankkeissa asukasmuutokset kohdistuvatkin pääasiassa pintamateriaaleihin ja kiintokalusteisiin. Myöhäiset suunnittelupäätökset mahdollistava SUKE-mallin mukainen jako kiinteään perusosaan ja muuttuvaan tilaosaan ei näin ollen ole kohdeyrityksen asuntohankkeissa tarpeellinen, vaan aikaisessa vaiheessa päätettävän

asuntojakauman yhteydessä voidaan tehdä päätökset myös tilanjako-osista ilman, että se merkittävästi vaikuttaa lisä- ja muutostöiden määrään hankkeen loppuvaiheessa.

Suunnittelunohjauksen kehitystarvetta kohdeyrityksessä on vaikea arvioida tässä vaiheessa, kun yrityksen kasvu on poikkeuksellisen nopeaa sekä liikevaihdon että henkilöstömäärän osalta. Uusien työntekijöiden kasvaminen yrityksen toimintatapoihin ja -kulttuuriin vie aikaa ja näin ollen edellisen suunnittelun ohjauksen kehityshankkeen tulosten jalkauttaminen on osin vielä kesken. Toisaalta koska kohdeyrityksen asuntohankkeet ovat suuria ja niitä on lukumääräisesti vähän, on toteutussuunnittelun toimintamallin relevanssin arvioiminen myös sen johdosta vielä hieman haastavaa. Ajan myötä toteutettujen projektien volyymin kasvaessa, myös näkemykset toimintamallista tarkentuvat. Tällöin on huomattavasti helpompi arvioida edellisen kehitysprojektin onnistumista ja toteutussuunnittelun toimintamallin relevanssia sekä edelleen arvioida suunnittelun ohjauksen kehitystarvetta.

Kun vertaillaan Syrin (2015) kehittämää toteutussuunnittelun ohjauksen toimintamallia ja tutkijan havaintoja pientalohankkeen suunnittelun ohjauksesta, ei niissä ole juurikaan ristiriitoja. Suunnitelma-aikataulut laadittiin toimintamallissa esitettyjä aikatauluja ja suunnitelmapaketteja mukaillen ja myös suunnittelun ohjauksen menetelmät vastasivat hyvin pitkälti toimintamallissa esitettyjä. Käytännön toteutuksessa oli toki eroja toimintamalliin verrattuna erityisesti suunnitelmapakettien sisällössä ja suunnitelma-aikataulussa, mutta erot johtuvat lähinnä siitä, että toimintamalli on laadittu lähtökohtaisesti kerrostalohankkeille, kun taas tutkija osallistui pientalohankkeen suunnitteluprosessiin.

Kohdeyrityksen liiketoiminnassa on nykyisellään havaittavissa massaräätälöinnille ominaisia piirteitä. Perustajaurakoitsijana kohdeyrityksellä on vastuu rakentamastaan rakennuksesta, joten rakenteellisten seikkojen osalta kohdeyritys tekee itse päätökset toteutustavoista ja käytettävistä rakenneratkaisuista. Sen sijaan pintamateriaalien, kalusteiden, varusteiden, valaistuksen ja jossakin määrin myös tilanjako-osien osalta asukkailla on mahdollisuus vaikuttaa toteutukseen. Näissäkin kohdin asukkaille lähtökohtaisesti tarjotaan kohdeyrityksen valmiiksi määrittämiä vaihtoehtoja, mutta myös ratkaisukentän ulkopuolisia vaihtoehtoja voidaan joissakin tapauksissa hyväksyä tuotantoon.

Kuten luvun alussa todettiin, tämän tutkimuksen tiimoilta koko pientalohankkeen läpikäyminen ja sen eri vaiheiden vakiointimahdollisuuksien arvioiminen ei ole tämän työn osalta relevanttia. Tässä työssä tarkasteltiin kohdeyrityksen suunnittelunohjauksen sekä siihen liittyen pintapuolisesti myös hankintatoimen nykytilaa. Niihin on kohdeyrityksessä luotu vakioidut toimintamallit ja tulokset ovat erityisesti hankintatoimen osalta olleet kannustavia. Vakioinnilla on saatu prosessia tehostettua ja hankinnan laatua parannettua. Kokemusten perusteella prosessien vakioinnilla on saavutettavissa selkeitä etuja ja prosessien vakiointia opinnäytetöinä tehtävien kehityshankkeiden avulla aiotaan jatkossakin toteuttaa.

4.2 Rakenteiden vakiointi kohdeyrityksessä

Rakenteiden osalta kehitysprojekteja ei aiemmin ole toteutettu diplomityön muodossa, vaan käytetyt rakennetyypit ja detaljit on mietitty projektikohtaisesti suunnittelupöydällä. Toki kohdeyrityksen perustajilla ja projektien avainhenkilöillä on ollut suuri rooli suunnittelun johtamisessa ja sitä myöden myöskin käytettyjen rakennetyyppien, -ratkaisujen ja detaljien suunnittelussa. Aiemmista projekteista on myös saatu oppia ja kohdeyrityksen pientalotuotantoon onkin tähän mennessä muodostunut useiden projektien myötä melko tarkka käsitys, millaista tuotetta halutaan valmistaa alkaen asuntopohjista ja ulkoasusta aina materiaalivalintoihin ja rakenteiden detaljeihin saakka. Mitään kirjallista ohjetta ei kuitenkaan toistaiseksi rakenteiden osalta ole laadittu ja tämän työn onkin tarkoitus toimia päänavaajana rakenteiden vakiointiin tähtäävän strategian suhteen.

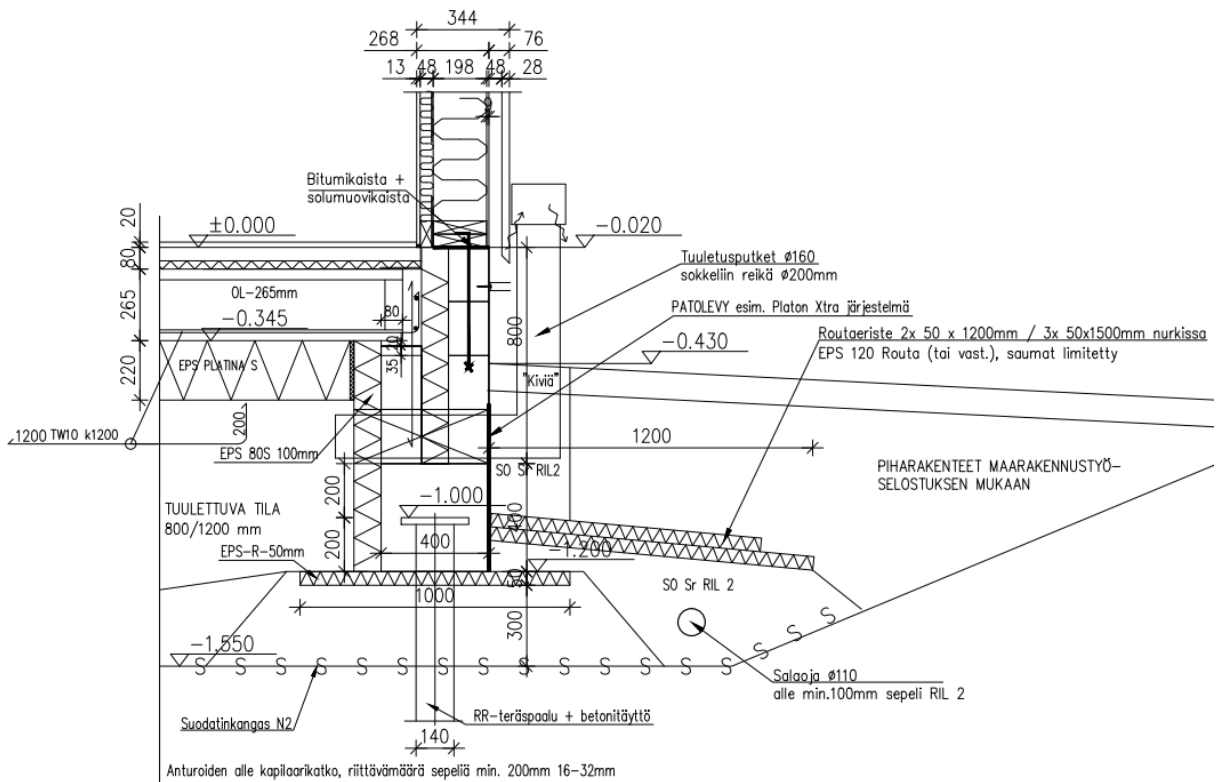
Vakiointitarve rakenneratkaisuille ei pohjimmiltaan johdu siitä, että tähän asti käytetyissä ratkaisuissa olisi koettu olevan merkittäviä puutteita. Kohdeyrityksen avainhenkilöt kuitenkin uskovat rakenneratkaisujen vakioinnin tehostavan suunnittelunohjauksen ja hankinnan prosesseja, vähentävän lisä- ja muutostöitä sekä helpottavan työnjohdon tuotannonohjausta ja rakennustyön valvontaa ja näiden seikkojen myötä vakioinnin voidaan olettaa parantavan lopputuotteen laatua, nopeuttavan rakennushankkeen läpimenoaika ja laskevan kustannuksia. Seuraavaksi esitetään keskeisten rakenneratkaisuiden osalta kohdeyrityksen käyttämät rakenneratkaisut aiemmin toteutetuissa pientalohankkeissa. Pääpaino on perustuksissa, ala- ja yläpohjarakenteissa sekä kantavassa rungossa.

4.2.1 Perustus- ja alapohjarakenteet

Kohdeyrityksen pientalotuotannossa rakennukset on perustettu maanvaraisina aina, kun se pohjaolosuhteiden osalta on mahdollista. Maanvarainen perustus on havaittu kustannustehokkaaksi ja riittävän varmuuden antavaksi vaihtoehdoksi. Mikäli maapohjan kantavuus on heikko eikä perustusta voida toteuttaa maanvaraisena, on kantavuus tavanomaisesti varmistettu teräsputkipaalutuksella. Koska kuormat puurunkoisissa pientaloissa ovat pieniä, on teräsputkipaalutus todettu teräsbetonipaaluja edullisemmaksi toteuttaa. Lisäksi teräsputkipaalu on teräsbetonipaalu kapeampi ja mahdollistaa näin ollen paaluanturan toteuttamisen hoikempuna. Teräsputkipaalut on useimmiten täytetty juotosbetonivalulla korroosionkestävyyden varmistamiseksi sulfidipitoisissa savimaissa ja kantavuuden varmistamiseksi. Joissakin tapauksissa, erityisesti kallion ollessa melko lähellä maanpintaa, on maapohjan kantavuus varmistettu massanvaihdolla. Tämä on löydetty kustannustehokkaaksi vaihtoehdoksi verrattuna lyhyiden porapaalujen käyttöön.

Antura on toteutettu useimmiten jatkuvana paaluanturana, joka on toteutettu paikallavaluna. Anturan päälle on toteutettu sokkeli joko paikallavaluna tai valuharkoilla. Alapohja on toteutettu tuulettavana ontelolaatoilla, jotka kannatetaan sandwich-rakenteisen sokkelin sisäkuoren päältä. Ontelolaatat asennetaan rakennuksen lyhyemmän sivun suuntaisesti. Näin alapohjaan ei tarvitse tehdä ontelolaattojen kannatusta varten palkistoja, vaan

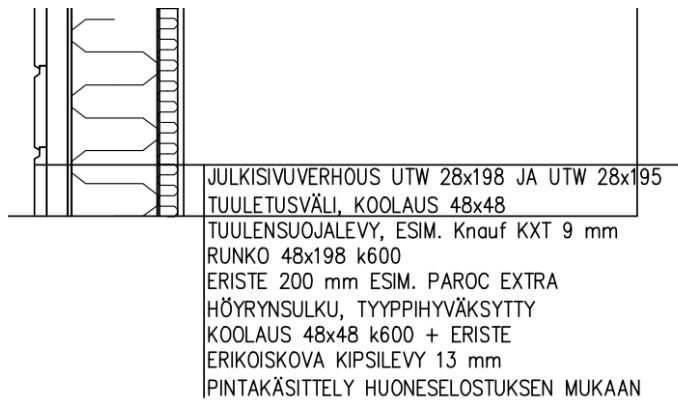
alapohja on yhtenäistä tuulettuvaa tilaa. Alapohjan eriste on asennettu ontelolaatan alapuolelle ja ontelolaatan päälle toteutetaan plaanovalu ennen lattian päällystystä. Yksittäisessä hankkeessa on kokeiltu toteuttaa alapohja käännettynä rakenteena, missä eriste sijaitsee ontelolaataston yläpuolella ja eristeen päälle valetaan pintalaaatta. Ratkaisun etuna on mahdollisuus vetää sähkö- ja vesijohdot eristetilassa huoneistosta toiseen. Käännetty-rakenne koettiin tuotannonohjauksen kannalta sekavaksi monien päällekkäisten työvaiheiden vuoksi. Lisäksi sillä saavutettu kustannussäästö todettiin marginaaliseksi, joten ratkaisu ei yleistynyt kohdeyrityksen hankkeissa. Kuvassa 8 esitetty perinteisellä mallilla toteutetun alapohjan, ulkoseinän ja sokkelin liitos.



Kuva 8 Ote perustusleikkauksista, ulkoseinän ja sokkelin liitos (T2H Rakennus Oy, arkisto)

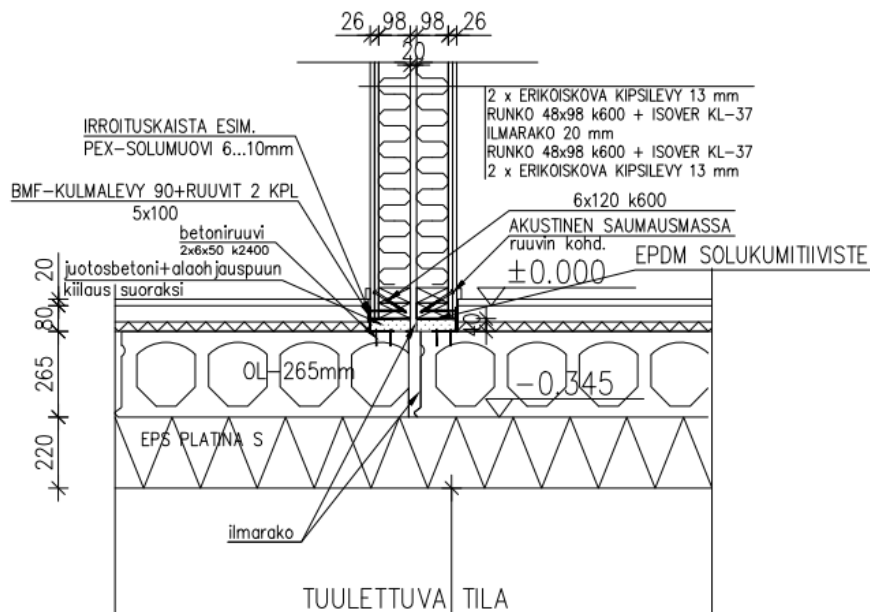
4.2.2 Pientalon vaipan rakenteet

Kohdeyrityksen pientalot on toteutettu puurunkoisina. Ulkoseinien perusrakenne on esitetty kuvassa 9. Runkotolppana on käytetty kohteesta riippuen joko 173mm * 48mm tai 198mm * 48mm puuta. Puiset kattoristikot kannatetaan ulkoseinien päältä eikä rakennuksessa ole ulkoseinien ja huoneistojen välisten (jatkossa HV) seinien lisäksi muita kantavia linjoja. Höyrinsulkumuovi on sijoitettu 50mm koolauksen ja rungon väliin, jolloin sähkökalusteet ja johdot eivät läpäise sitä ja höyrinsulusta tulee tiiviimpi. Ulkoseinät toteutetaan elementteinä. Perusrakenne on koettu varmaksi toteuttaa, sen ilmatiiveys ja U-arvo ovat hyvällä tasolla ja lisäksi useat elementtitehtaat pystyvät toteuttavat mainittua rakennetta, mikä lisää kilpailua ja laskee hankintahintaa.



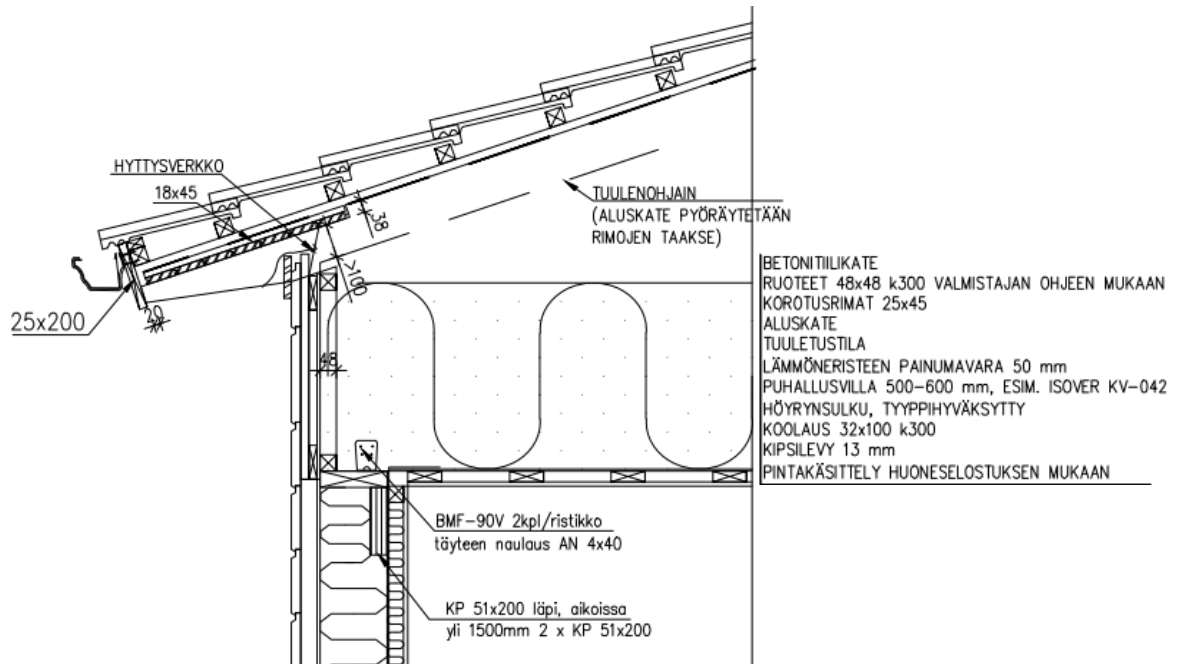
Kuva 9 Ote rakennekuvista, ulkoseinän perusrakenne. Rakennekerrokset lueteltu ulkoa sisäänpäin. (T2H Rakennus Oy, arkisto)

Huoneistojen välisen seinän osalta toteutustapa on vaihdellut kohteesta riippuen. Osassa kohteista HV-seinä on toteutettu kaksikertaisella kertopuu-rungolla elementteinä, osassa kohteissa taas betonielementteinä. Kertopuurungolla toteutetun HV-seinän liitokset ulkoseiniin ja yläpohjiin ovat selkeitä eikä se tarvitse erillistä palkkia alleen, vaan se asennetaan kuvan 10 mukaisesti ontelolaataston päälle.



Kuva 10 Ote rakennekuvista, kertopuisena tuplarungolla toteutettu HV-seinä (T2H Rakennus Oy, arkisto)

Betonielementtinä toteutettu HV-seinä on ääni- ja paloteknisesti varma ja hyväksi koettu ratkaisu. Se kuitenkin vaatii tukipalkin tai anturan alleen, mikä myös nostaa kustannusta puurakenteiseen verrattuna.



Kuva 11 Ote rakennekuvista, yläpohjan ja ulkoseinän liitos sivuräystäällä. (T2H Rakennus Oy, arkisto)

Yläpohja on tyypillisesti toteutettu kuvan 11 mukaisesti puisilla harjaristikoilla, tuulettuvalla ilmatilalla ja vaakasuoralla eristyksellä. Eristyksenä on käytetty tapauskohtaisesti joko pelkkää puhallusvillaa tai palavillan ja puhallusvillan yhdistelmää. Esimerkkita-pauksessa yläpohjan eristys on toteutettu vain puhallusvillalla. Katemateriaalina koh-teissa on useimmiten ollut betonitiili.

4.3 Suunnitteluprosessin ja suunnitelmien kehittämistarpeet

Kohdeyrityksen prosessien kehittämistarpeita arvioidaan tässä tutkimuksessa vain teema-haastatteluissa esiin tulleiden seikkojen pohjalta. Kuten aikaisemmin jo mainittiin, on kohdeyrityksessä toteutettu hiljattain toteutussuunnitteluprosessin vakioimiseen tähdän-nyt kehityshanke, jonka tulosten arviointi ja jalkautus on osittain vielä kesken. Näin ollen kohdeyrityksen suunnitteluprosessin laajempi analysointi jätetään tämän työn ulkopuo-lle teemahaastattelussa esiin nousseita asioita lukuun ottamatta.

Teemahaastatteluissa kävi ilmi, että rakenteisiin liittyvissä ongelmissa oli kyse sekä huo-noista suunnitelmista, että kokonaisten suunnitelmien puuttumisesta. Epäiltiin, että suun-nittelijat vain kopioivat suunnitelmia vanhoista kohteista vaivautumatta edes tarkasta-maan kuviaan. Suunnittelijoilta toivotaan enemmän vastuuta suunnitelmistaan, huolelli-sempää suunnitelmien tarkastamista ja laadukkaampaa suunnitelmien yhteensovittamista. Suunnittelu-aikataulu ei ole riittävän etupainoinen ja tuotannossa törmätään toistuvasti ti-lanteisiin, missä työnjohto joutuu vaatimaan suunnittelijoilta kuvia ja jopa lykkäämään työvaiheen aloitusta suunnitelmapuutteiden johdosta sen sijaan, että suunnitelmat olisivat sovitusti hyvissä ajoin ennen kunkin työvaiheen alkamista projektipankissa.

Haastateltavat peräänkuuluttivat huolellisempaa suunnitteluprosessin ennakkovalmistelua ja työmaahenkilöstön osallistamista suunnittelun ohjaukseen ja suunnitelmien tarkastukseen, jotta suunnitelmien laatua saataisiin parannettua ja mahdollisia virheitä ja kehityskohtia löydettäisiin mahdollisimman paljon ennen rakentamisen aloittamista. Näin saataisiin rakentamisen aikaisia lisä- ja muutostyökustannuksia vähennettyä. Samalla myös rakennustuotannon ennustettavuus sekä aikataulujen luotettavuus parantuisi ja rakennustuotanto saataisiin etenemään jatkuvien ”tulipalojen sammuttelun” sijaan suunnitellusti ja hallitusti.

Teemahaastatteluiden ja tutkijan havaintojen perusteella suunnittelun ohjauksen kehittämistarpeet ovat lähtökohtaisesti suunnittelun suunnittelussa. Suunnittelun ohjaus ja koko suunnitteluprosessi tulisi suunnitella mahdollisimman yksityiskohtaisesti etukäteen, jotta voidaan varmistaa suunnitteluprosessin sujuvuus ja tarkoituksenmukaisuus. Sujuva suunnitteluprosessi parantaa suunnitelmien laatua ja siten laskee merkittävästi hankkeiden kustannuksia sekä parantaa siten myös tuotannon prosesseja ja lopputuotteen laatua. Suunnittelun ohjauksen toimintamallia vakioimalla tähän tarpeeseen on pyritty vastaamaan, mutta haastatteluiden perusteella vakioidun toimintamallin jalkautuksessa on vielä työtä.

5. KEHITYSEHDOTUKSET

Tässä luvussa esitetään kyselyssä ja teemahaastatteluissa esiin nousseita kehitysehdotuksia ja vakioitavia toimintatapoja ja ratkaisuja. Teemahaastatteluissa aihe oli jaettu seuraaviin kokonaisuuksiin: perustukset, ulkoseinät, väliseinät, detaljit ja ulkoasu. Tässä luvussa noudatetaan samaa jakoa kehitysehdotusten esittelyn suhteen.

Haastatteluiden vapaamuotoisen olemuksen johdosta teemoja käsiteltiin laajasti ja aiheet limittyivät välillä voimakkaasti. Tutkija on kuitenkin pyrkinyt vapaamuotoisista haastatteluista kunkin otsikon alle selkeitä kokonaisuuksia. Haastattelukysymykset ja haastatteluiden yhteenveto esitetään lopullisen työn liitteinä eikä yksittäisiin haastatteluihin viitata tässä luvussa erikseen.

5.1 Perustukset ja alapohja

Haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että rakennus tulee perustaa maanvaraisena, mikäli se on pohjaolosuhteiden osalta mahdollista. Mikäli maapohjan kantavuus ei salli maanvaraista perustusta, rakennus perustetaan tukipaaluille. Stabilointi painuu pitkän ajan kuluessa ja painumat ovat usein epätasaisia, siksi sen käytölle ei nähty perusteita. Stabiloinnilla kuitenkin voidaan vahvistaa esimerkiksi piha-alueita ja putkilinjoja painumien minimoimiseksi.

Puurakenteisessa pientalossa kuormat ovat pieniä, joten teräsputkipaalu nähtiin haastateltavien mielestä kustannustehokkaimpana vaihtoehtona. Sen käyttöä puoltaa myös kevyt paalutuskalusto, joka ei tarvitse erillisiä murskepetejä paalutustyötä varten. Teräsbetoni-paalu on teräspaalua poikkimitaltaan suurempi, joten se tarvitsee päälleen leveämmän paaluanturan. Myös tämä seikka puoltaa teräspaalun valintaa teräsbetoniseen nähden.

Teräsputkipaalujen betonointi jakoi haastateltavien mielipiteitä. Osa haastateltavista näki betonoinnin tarpeettomana varmisteluna ja ylimääräisenä kustannuksena. Riittävä varmuus korroosiota vastaan voitaisiin todentaa myös määrittämällä maaperän savien sulfidipitoisuus vastaajat arvioivat. Osa haastateltavista taas näki betonoinnin kustannukset pieninä suhteessa mahdollisesti paalujen korroosion mahdollisesti aiheutuviin rakennusten painumiin ja siitä seuraaviin kustannuksiin. Riskien hallinnan vuoksi betonointi olisi näin ollen perusteltua. Eräs vastaaja muistutti, että koska alle kolmemetriset paalut tulee määräysten mukaan toteuttaa porapaaluina, voi joissakin tapauksissa olla edullisempaa korvata lyhyet porapaalut massanvaihdolla.

Paaluperusteisissa kohteissa paaluantura tulee toteuttaa paikallavalu rakenteena. Se on kustannustehokas vaihtoehto ja lisäksi siinä paalun ja anturan liitos muodostuu

luonnollisesti betonivalun yhteydessä. Paikallavalu-urakoihin on hyvä urakoitsijatilanne ja kilpailua on mukavasti, mikä laskee saatuja tarjoushintoja. Maanvaraisissa kohteissa elementtirakenteista sokkeli voidaan vastaajien mielestä tapauskohtaisesti harkita. Se on hieman paikallavalurakennetta nopeampi toteuttaa, mutta sen hinta vaihtelee huomattavasti elementtitehtaiden tilauskantojen perusteella. Eräs haastateltava totesi sokkelitilauksen olevan niin pieni, etteivät suurimmat elementtitoimittajat lähde edes tarjoamaan sitä ja myös hinta pienestä tilauserästä johtuen saattaa nousta huomattavan korkeaksi. Harjoista muurattu sokkeli ei ollut haastateltavien mielestä kustannustehokas vaihtoehto.

Kohdeyrityksen pientalotuotannossa sisäänkäyntilaatta on perinteisesti toteutettu betonirakenteisena. Paaluperusteisissa kohteissa sisäänkäyntilaatta perustetaan tukilaatan päälle ja tukilaatta puolestaan paikallavalurakenteena tukipaalujen varaan. Sisäänkäyntilaatan oikea korkoasema ja tasaisuus varmistetaan tukilaatan ja sisäänkäyntilaatan väliin tehtävällä murskepatjalla. Oikea korkoasema on erityisen tärkeä, sillä vesikatto kannatetaan osittain sisäänkäyntilaatan päältä, joten laatan korkoasema suhteessa sokkelin korkoon on oltava ehdottoman tarkka. Mikäli kohde on maanvaraisesti perustettu, ei erillistä tukilaataa tarvita.

Kohdeyrityksen pientalotuotannossa alapohja on päätetty toteuttaa tuulettuvana ja rakenteena käytetään ontelolaattoja. Toimivimman lattiatyypin ja alapohjan kohdalla haastateltavien mielipiteissä oli hajontaa. Kaksi haastateltavaa oli ehdottomasti perinteisen lattiarakenteen kannalla, missä alapohjan eriste sijaitsee ontelolaatan alapuolella, kaksi vastaajaa ei osannut tarkasti määrittellä mikä olisi paras vaihtoehto ja yksi vastaaja kannatti ehdottomasti käännettyä lattiarakennetta, missä eriste asennetaan ontelolaatan päälle. Hän korosti käännetyyn lattian olevan kustannustehokas vaihtoehto erityisesti, jos lattiavalu toteutetaan maakostealla betonimassalla. Tällöin pintalaatan kuivumisaika on lyhyt sillä pinnoituskosteuteen päästään jopa parissa viikossa ilman erillisiä kuivureita. Maakostealla betonimassalla valettaessa pintalaatan ei ole havaittu käyristyvän kulmista merkittävästi, mikä on taas tavanomaisilla betonilaaduilla valettaessa ollut monesti ongelmana. Perinteisen lattiarakenteen kannattajat perustelivat näkemystään rakenteiden selkeydellä, kun kaikki talotekniikka kulkee yläpohjassa. Lisäksi menetelmä on tuttu, siitä on hyviä kokemuksia aiemmin ja se osataan toteuttaa varmasti ja huolellisesti oikein.

5.2 Ulkoseinät

Haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että kohdeyrityksen pientalotuotannossa nykyisin käytössä oleva ulkoseinän perusrakenne, missä on 198mm runko, 48mm sisäpuolisella koolauksella ja höyrynsulkumuovi kuljetetaan rungon ja sisäkoolauksen välissä, on hyvä. Monissa vastauksissa korostettiin rakenteen olevan erinomainen sen laajan toimittajakunnan vuoksi. Useimmat puuelementtitehtaat pystyvät ja haluavatkin tehdä kyseistä seinäelementtiä, joten kilpailun myötä hinta saadaan edulliseksi. Eräs vastaaja myös totesi rakenteen täyttävän ulkoseinille asetetut U-arvo vaatimukset, eikä määräyksiä paremman

U-arvon tavoittelemisen ole enää perusteltua. Ulkoseinän eristepaksuutta kasvattamalla ei juurikaan pystytä rakennuksen energiatehokkuutta parantamaan.

Haastateltavat suhtautuivat erittäin varovaisesti kyselyssä esiin nousseeseen ajatukseen ulkoseinän ulkopinnan tuulensuojalevyn korvaamisesta tuulensuojapaperilla kustannussäästön vuoksi. Kustannusero tuulensuojapaperin ja tuulensuojakipsilevyn välillä ei ole niin merkittävä, että olisi perusteltua lähteä hyväksi havaittua ulkoseinärakennetta muuttamaan. Lisäksi se saattaisi rajoittaa mahdollisia puuelementtitoimittajia ja vähentää kilpailua, minkä seurauksena tarjoushinnat saattaisivat jopa nousta. Muutamassa vastauksessa myös todettiin tuulensuojakipsilevyn olevan merkittävä tekijä rakennuksen jäykistyksen kannalta. Mikäli kipsilevyt korvattaisiin paperilla, se mahdollisesti johtaisi lisäjäykisteiden tarpeeseen puuelementeissä, mikä nostaisi elementtien hintaa.

Rakenteiden ilmatiiveys oli vastaajien mielestä yleisesti hyvä ja huolellisella toteutuksella vaadittuun ilmavuotolukuun päästään. Haastaviksi paikoiksi ilmatiiveyden kannalta koettiin erityisesti sokkelin ja ulkoseinän liitos, ikkunoiden ja ovien pielet sekä ulkonurkat. Muutama haastateltava totesi, että ilmavuotolukua voitaisiin parantaa limittämällä höyrynsulkumuovi huoneistojen väliseen seinään sen sijaan, että kuljetetaan muovi hv-seinän ylitse. Myös hv-seinän alareunan kittausta pidettiin välttämättömänä ennen lattiavalua. Näillä toimilla saataisiin ilmavuotolukuja huoneistojen välillä rajoitettua. Ikkunoiden ja ovien ympäri kitti tai teippaus ja riittävän pitkä limitus höyrynsulkuun, jotta rakenteesta tulee todella ilmatiivis eikä vedontunnetta synny. Sokkelin ja ulkoseinän liittymässä höyrynsulkumuovi tulee kuljettaa lattiaeristeiden alle riittävän pitkälle, jotta ilmatiiveys varmasti saavutetaan. Sokkelin pystyeristettä tulee viistää, jotta höyrynsulkumuovi saadaan vietyä siististi pystyeristeen ohitse. Lattiavalu tulee erottaa irrotuskaistalla seinästä ja vaakakoolauksen alle jäävä 50mm kolo tulee täyttää esimerkiksi uretaanivaahdolla. Eräs haastateltava toi esiin ulko-oven tukemistarpeen Kynnys jää osittain tyhjän päälle, jos lattiavalua ei saada kunnolla ulotettua kynnyksen alle. Hän mietti, voisiko kynnyksen tukea jotenkin, jo ennen valua?

5.3 Väliseinät

Huoneistojen välisen seinän materiaali oli usealle haastateltavalle monitahoinen asia, eikä selvää mielipidettä ollut. Puuseinä miellettiin edullisemmaksi, sillä se ei tarvitse erillistä perustusta, vaan se voidaan toteuttaa elementtinä suoraan ontelolaataston päältä. Puuseinää pidettiin myös yhdenmukaisena ja liittymien osalta betoniseinää selkeämpänä. Betoniseinässä ääneneristys on vastaajien näkemyksen mukaan puuseinää parempi. Puisen HV-seinän valintaa puoltaa myös betoniseinän raskaus ja sen takia vaadittu järeämpi nosturikalusto, mikä edellyttää isompia nosturipetejä eli suurempaa tilantarvetta ja kasvaneita kustannuksia.

Märkätilojen seinämateriaalista haastateltavat eivät olleet täysin yksimielisiä. Kertopuurungolla ja märkätilakipsilevyillä olisi kenties halvin toteuttaa seinät. ACO-elementit

käyttöä perustellaan myytävyydellä ja varmuudella. Märkätiloissa kiveä pidetään kipsilevyseinää varmempana rakenteena ja siten sen käyttö luo laadukkaan mielikuvan, mikä taas parantaa myytävyyttä ja toisaalta myös pienentää kosteusongelman riskiä. Eräs vastaaja kyseenalaisti myytävyyden merkittävästi parantuneen ja totesi, etteivät asukkaat olleet hänen kokemuksensa mukaan osoittaneet erityistä kiinnostusta märkätilojen seinärungon materiaalia kohtaan eikä hän uskonut sen vaikuttaneen kenenkään ostopäätökseen. Hän totesi myös, että ACO-elementin myyjällä on monopoliasema markkinoilla ja lisäksi omat asentajat, mitkä johtuen hinta on hieman korkea. Hänen mukaansa lisäksi olisi selkeämpi, jos sama asennusryhmä tekisi kaikki väliseinätyöt eikä märkätilojen väliseinille olisi omaa työryhmää. Eräs haastateltava pelkäsi ACO-seinän takaisen ulkoseinän höyrynsulkumuovin ehjyyden puolesta. Hänen mukaansa kivelementtien asennus on karkeaa työtä ja kosteusongelmilta suojautumisen sijaan voimme jopa aiheuttaa kosteusongelmia, mikäli ACO-elementin asennuksen yhteydessä vahingossa höyrynsulkumuovi rikkoutuu. Ehjyyden tarkistaminen ACO-elementin asennuksen jälkeen ei ole käytännössä mahdollista.

Väliseinät tulisi vastaajien mielestä tehdä teräsrangalla ja väliovien pielet kertopuusta. Väliseinän alajuoksuna voi käyttää korkeaa teräksistä U-profiilia, jolloin listatukia ei tarvita. Eräs vastaaja koki tämän ratkaisun epävarmana ja piti listatukien avulla saavutettua lopputulosta parempana. Mikäli märkätilojen väliseinät tehdään kipsilevyllä, tulee korkeissa laatoitettavissa seinissä käyttää kertopuutolppaa. Elementeissä on hyvä kipsilevyjen kestävyys vuoksi käyttää erikoiskovaa kipsilevyä, mutta väliseinissä EK-levyn käytölle ei nähty tarvetta, vaan normaalilujuinen kipsilevy on aivan riittävä.

5.4 Detaljit

Haastateltavien mielestä ikkunan ja ovien pielissä pielilaudan käyttö smyygilaudan lisäksi on perusteltua. Lopputulos on siistimpi, korjausten ja valitusten määrä vähenee eikä pielilaudan lisääminen urakkaan vaikuta urakkasummaan millään tavalla, toisin kuin jälkikäteen niiden asentaminen. Räystään ulkonurkkien tuennan toteuttaminen ”viuhkalla” on havaittu hyväksi tavaksi. Kitalaudat tulee toteuttaa pätkissä, ei loveuksia, ja kitalautojen alle yksi yhtenäinen pitkä rima. Näin saadaan siisti lopputulos. Eräs vastaaja korosti, että detaljit tulee toteuttaa RT-korttien ohjeiden mukaisesti, niin laatu saadaan hyväksi.

Sisäänkäyntilaattojen valuankkureiden paikkaus herätti haastateltavissa kysymyksiä. Betonikorjaukset koettiin rumiksi ja sävyero laatan ja paikan välillä jää aina. Valuankkureiden tulppausta arveltiin vaihtoehdoksi. Kohdeyrityksen pientalotuotannossa asukkaan on ollut mahdollista tilata lisätyönä sisäänkäyntilaatalle varastokoppi. Niiden toteutuksessa on ollut kuitenkin runsaasti ongelmia ja haastateltavien mielestä varastokopille onkin saatava ehdottomasti kunnolliset toteutussuunnitelmat.

5.5 Ulkoasu

Haastateltavien mielipiteet ulkoasusta vaihtelivat jonkin verran. Osan mielestä ulkoasu on nykyisellään harkittu ja myyvä, osan mielestä parannettavaa on vielä runsaasti ja ajan hermolla täytyy pysyä. Osa vastaajista käyttäisi puu-ulkoverhouksessa 23mm paneelia, joka on hieman halvempi kuin nyt käytetty 28mm paneeli. Osa taas käyttäisi tuplapontti-paneelia, jotta paneelit eivät käyristyisi ja ulkoverhous olisi siistimpi. UYV-paneelin käyttö on kuitenkin perusteltua, sillä se mahdollistaa tarpeen mukaan vain yhden paneelin vaihtamisen keskelle julkisivua. Paksummassa 28mm paneelissa maalipinnan kestävyys on ohutta 23mm paneelia parempi ja lisäksi paksumpi paneeli elää vähemmän ja näin ulkoasu pysyy laadukkaampana.

Eräs vastaaja korosti, että julkisivuissa tulisi olla isoja selkeitä kenttiä yhdellä paneelityypillä ja värillä, jolloin ulkoasu olisi selkeä, liittyviä vähemmän ja siten ulkoverhous varmempi toteuttaa. Hän myös mainitsi, että paneelien tulee olla peittomaalattuja, maalin on oltava laadukasta ja lisäksi tummien värisävyjen käyttöä tulee välttää. Toinen vastaaja muistutti vaalean paneelin kestävän tummaa paremmin aurinkoa ja vaalean paneelin myös käyristyvän tummaa vähemmän, mitkä seikat myös perustelevat vaaleiden sävyjen valintaa ulkoverhoukseen.

Kohdeyrityksen pientaloissa on ollut terassipuolella käytössä seinäkkeitä, joilla on erotettu huoneistokohtaiset pihat toisistaan. Seinäkkeet ovat lisänneet pihojen yksityisyyden tuntua, mikä on koettu mieluisaksi. Toisaalta ne on kuitenkin todettu huteriksi, kieroiksi ja vaikeiksi toteuttaa sekä lisäksi ne ovat roikkuvan näköisiä ja antavat halvan vaikutelman. Haastateltavat totesivat, että seinäkkeitä tulee kehittää toimivampaan ja laadukkaampaan suuntaan.

Haastateltavien mielestä betonitiili on vesikatemateriaalina paras. Se on runsaan urakoitsijakunnan johdosta hyvin kilpailtu ja siten edullinen, se on äänetön, huoltovarma, siitä asukkailla on laadukas mielikuva ja se on tiilijäljitelmä-peltiä arvokkaamman näköinen.

Eräs vastaaja vaihtaisi betoniset terassilaatat puuterassiin. Hänen mukaansa hinnassa ei ole juurikaan eroa, jos terassi toteutettaisiin elementtinä ruuvipaalujen päälle. Keinumistakaan ei esiintyisi, kunhan routaeristys ulotettaisiin riittävän pitkälle. Hän totesi vielä, ettei puun normaali kuluminen kuulu 10-vuotisvastuun piiriin, joten korjauksia tuskin tulisi merkittävästi. Lopputulos olisi kuitenkin nykyistä siistimmän näköinen ja myyvämpi. Muut vastaajat pitivät puuterassia riskialttiina vaihtoehtona. He epäilivät puuterassien olevan jatkuvasti korjausten kohteena ja aiheuttavan vain lisätyötä. Eräs vastaaja korosti yrityksen idean olevan kohtuuhintaisissa asunnoissa ja toiminnan painopisteen olevan sisätiloissa, eikä näin ollen hintavan ulkoterrassin toteuttaminen mahdu oikein yrityksen liikeidean piiriin.

Eräs vastaaja totesi asuntojen myytävyyden olevan aivan kohdillaan ainakin myynnistä päätelleen. Hän muistutti, ettei isolla asuntotuotantomäärällä yksittäisen rakenneosan katta voi lähteä maksimoimaan, vaan ratkaisuisa tulee edetä myytävyyttä edellä. Hän jatkoi, että kustannustehokkuudessa tulee huomioida myös tulopuoli. Rakenteiden optimoinnilla ei saa olla myytävyyttä heikentävää vaikutusta, vaan aina tulee huomioida myös materiaalien ja rakenneratkaisujen herättämät mielikuvat. Hän korosti, että asunto on asukkaille usein elämän suurin investointi, eivätkä ihmiset halua sijoittaa omaisuutta pilottikohteisiin tai epävarmoihin innovaatioihin.

5.6 Suunnittelun ohjaus

Teemahaastatteluiden perusteella suunnittelun ohjauksen suurimmaksi puutteeksi nähtiin suunnitelmien viivästyminen ja toisaalta suunnitelmien heikko laatu. Suunnittelun johtamiseen ja etupainotteisuuden rakentamiseen nähden tulisi panostaa entisestään, jotta voidaan varmistua siitä, että hankintatoimella ja työmaalla on aina kaikki tarvitsemansa kuvat. Suunnitteluprosessia johtavan henkilön tuleekin laatia suunnitelmapakettien aikataulusuhteistyössä hankintatoimen ja työmaan työnjohtajien sekä suunnittelijoiden kanssa. Aikataulun laatimisen jälkeen tulee suunnitella ja toteuttaa ne toimenpiteet, joilla varmistetaan, että suunnitellussa aikataulussa pysytään.

Suunnitelmien viivästyminen johtuu tyypillisesti viivästyneistä tai puutteellisista lähtötiedoista tai suunnittelutoimiston vajaan henkilöstön resurssoinnista kohdeyrityksen projekteihin. Suunnitelmien viivästymisen estämiseksi suunnitteluprosessia johtavan perustajaurakoitsijan työntekijän tulee varmistaa, että suunnittelijoilla on koko ajan kaikki suunnitteluun tilaajalta tarvitsemansa tiedot saatavilla, jotta viivästymiset eivät johtuisi tilaajan omasta toiminnasta. Tämän lisäksi suunnittelun johtajan tulee johtamisen keinoilla huolehtia, että suunnitteluprosessi etenee laaditun suunnitelman mukaisesti aikataulussa. Tarpeen mukaan suunnittelusopimuksiin voidaan sisällyttää suunnitelmapaketin viivästymisestä laukeavia sanktioita, joilla voidaan motivoida suunnittelijoita pysymään sovitussa aikataulussa. Sopimusteknisillä seikoilla ja johtamisen keinoilla tulisi suunnittelijoita myös vastuuttaa enemmän suunnitelmistaan sekä erityisesti pääsuunnittelijaa eri suunnitteluhaarojen suunnitelmien yhteensovittamisesta, jotta suunnitelmat olisivat ristiriidattomia ja näin ristiriitojen aiheuttamilta lisäkustannuksilta ja häiriöiltä välttyttäisiin.

Teemahaastattelussa esiin nousi voimakkaasti ajatus, että työmaahenkilöstöä tulisi ottaa mukaan toteutussuunnitteluvaiheeseen, jotta suunnitelmista löydettäisiin virheet ja kehitystarpeet mahdollisimman tehokkaasti ennen rakentamisen alkamista, ja suunnitelmista saataisiin toteutuskelpoisemmat. Näin saadaan rakentamisen aikaisten lisä- ja muutostyökuluja hankkeista vähennettyä ja työnjohto voi keskittyä rakennusvaiheessa ”tulipalojen sammutteluun” sijaan tuotannonohjaukseen ja työsuoritusten valvontaan. Esimerkiksi työmaan vastaava työnjohtaja tulisikin mahdollisuuksien mukaan ottaa mukaan

toteutussuunnitteluvaiheeseen, jotta hänenkin ammattitaitoansa saataisiin entistä paremmin hyödynnettyä myös suunnitteluprosessissa. Lisäksi suunnitteluprosessiin osallistuminen antaisi työnjohdolle erinomaisen käsityksen tulevasta rakennushankkeesta ja sen mahdollisista erityispiirteistä. Näin työnjohto osaisi tarkasti varautua kohteen erityispiirteistä aiheutuviin haasteisiin, mikä sujuvoittaisi rakentamisvaihetta.

6. TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Vakioinnin hyödyntäminen kohdeyrityksen asuntotuotannossa

Kirjallisuusselvityksen tavoitteena oli tutkia, miten vakiointi vaikuttaa rakennusprosessiin ja lopputuotteeseen. Erityisesti voidaanako vakioinnilla sujuvoittaa suunnitteluprosessia ja vähentää suunnittelunohjauksen työmäärää ja toisaalta, miten rakenteiden vakiointi vaikuttaa hankintaprosessiin. Tutkimuksella pyrittiin myös selvittämään, onko rakenneratkaisujen ja prosessien vakioinnilla vaikutusta lopputuotteen laatuun, rakennustyön kestoon tai lisä- ja muutostöiden määrään. Tavoitteena oli analyysi, miten vakiointia ja sen sovelluksia voidaan hyväksikäyttää kohdeyrityksen asuntotuotannossa.

Vaikka työn rakenneratkaisujen vakiointia käytännössä käsittelevä osuus rajattiin koskemaan vain kohdeyrityksen puurunkoista pientaloa, kirjallisuusselvityksessä tutkittiin vakioinnin vaikutuksia kansainvälisten tutkimusten valossa globaalissa viitekehityksessä. Kirjallisuusselvityksen tulokset esitetään tässä luvussa.

6.1.1 Prosessien ja tuotteiden vakioinnin kehittäminen

Rakentamisessa on nykyään vallalla ajatusmalli, jonka mukaan jokainen hanke on uniikki, minkä johdosta rakentamista ei usein mielletä toistuviksi prosesseiksi vaan ainutlaatuisiksi projekteiksi. Ajatusmalli on pesiytynyt syvälle rakennusalaan, minkä johdosta rakentaminen mielletään edelleen käsityöammatiksi sen sijaan, että tuotantoa tarkasteltaisiin toistuvien prosessien toteuttamisena. (Aapaoja & Haapasalo 2014) Tämä ajatusmalli on ollut osaltaan hidastamassa vakioitujen tuotteiden ja prosessien käyttöönottoa rakentamisessa ja näin rakentaminen on jäänyt työn tuottavuuden, laadun ja työturvallisuuden osalta kauas jälkeen teollisista toimialoista.

Vakioinnin hyödyntämiselle rakennustuotannossa on kuitenkin olemassa hyvät edellytykset, joskin se vaatii prosessien ja ajattelun muuttumista projektipohjaisesta prosessipohjaiseen liiketoimintaan. Vakioinnilla saavutettavissa olevat hyödyt ovat tutkimusten mukaan kiistattomia ja vakioinnilla on saavutettu tuottavuudessa suuria askeleita muilla teollisuuden toimialoilla. Vakioituihin tuotteisiin ja prosesseihin siirtymiseen ei ole olemassa yhtä oikeaa tapaa. Aapaoja ja Haapasalo (2014) myös muistuttavat, että vakioitujen prosessien tehokkuus perustuu ratkaisukenttään valittujen vakioitujen tuotteiden hyödyntämiseen tuotannossa. (Piller 2004) Prosessien ja tuotteiden vakiointia tulisikin siis kehittää rinnakkain, jotta vakioinnilla saavutettavat hyödyt saataisiin realisoitumaan maksimaalisina. Käytännössä tämä tarkoittaa melko suuria muutoksia sekä ajattelu että

toimintatavoissa, mikä ei Höökin (2008, s.69) mukaan ole suotavaa, vaan siirtyminen tulisi toteuttaa pienin askelin, jotta työntekijät kokevat muutoksen omakseen, ovat muutoksesta motivoituneita ja he sitoutuvat kehitysprosessiin. NCC Kampletin tapaus taas osoittaa, että epäonnistuessaan vakioinnin hyödyntämiseen tähtäävä hanke saattaa tehdä ennen kannattavasta liiketoiminnasta kannattamatonta. (Westerholm 2013)

Vakioinnilla saavutettavat hyödyt ovat tutkimusten mukaan kiistattomia, mutta laajamittainen kehityshanke sisältää myös riskejä. Vakiointia tulisikin lähteä kehittämään kohdeyrityksessä, mutta mahdollisesta epäonnistumisesta aiheutuneiden liiketoiminnan tappioiden minimoimiseksi vakiointia tulisi kokeilla kohdeyrityksessä vain yhdessä yksikössä ja muutaman hankkeen verran, jotta nähdään miten vakioiduilla prosesseilla ja tuotteilla toteutetut peräkkäiset hankkeet rinnastuvat muihin kohdeyrityksen rakennushankkeisiin. Epävarmuuden poistamiseksi tuloksista hankkeita tulisi toteuttaa useampi kuin yksi, jolloin mahdollisten yksittäisten haitallisten muuttujien vaikutus hankkeen onnistumiseen saadaan minimoitua ja prosessia voidaan kehittää aikaisemmin opitun perusteella.

Prosessien vakiointia tulee kohdeyrityksen liiketoiminnassa edelleen edistää. Hankkeen kulusta tulisi laatia selkeä prosessikaavio ja kokonaisuuden muodostaville osaprosesseille selkeät kuvaukset. Myös vastuunjako hankkeen eri osapuolten ja toimijoiden välillä sekä kohdeyrityksen sisällä hankkeissa eri rooleissa toimivien henkilöiden välillä tulisi kuvata selkeästi ja saada siirrettyä sopimuksiin ja työntekijöiden tehtävän kuvauksiin. Samalla tulisi kehittää työkaluja, jolla voidaan arvioida prosessien toteutumista sekä tavoitteiden saavuttamista kesken hankkeen. Toiminnan arvioimista olisi tärkeä suorittaa jokaiselle toimijalle erikseen, jotta palaute olisi mahdollisimman hyvin kohdennettua ja siten sen vaikuttavuus saataisiin hyväksi. Käytännössä esimerkiksi suunnittelunohjauksesta ja hankintamenettelyistä sekä useista työmaatoiminnoista on jo laadittu edellisten kehitysprojektien tuloksena hyvät prosessikuvaukset, joten prosessien vakiointiin tähtäävä työ on jo hyvällä mallilla osaprosessien vakioinnin osalta. Käytännössä kuitenkin moninaisesta aliurakoitsijakunnasta johtuen työmaalla tapahtuvan työn organisoinnissa ja toteutuksessa on huomattavaa vaihtelua hankkeiden välillä.

Pirstoutunut hankeorganisaatio, yhteistoiminnan puute ja pitkät toimitusketjut nähtiin eräänä keskeisenä prosessien ja tuotteiden vakiointia hankaloittavana tekijänä. (Keskiniva et al. 2018) Myös kohdeyrityksen liiketoimintamallissa hankkeiden eri osapuolet hoitavat kukin oman erikoisosaamisensa mukaiset tehtävät, kohdeyrityksen vastatessa kokonaisuudesta. Suunnittelutehtävät ja urakointi on pilkottu pieniin osiin ja kilpailutettu erikseen ja projektinjohto, suunnittelun johtaminen, hankintatoimi ja työmaan työnjohto on jätetty kohdeyrityksen vastuulle. Erikoistumisella saadaan yksittäisen työntekijän ja toimijan tuottavuus maksimoitua, mutta koko hankkeen kannalta osaoptimointi ei ole välttämättä paras mahdollinen lähestymistapa. Koska kohdeyrityksellä ei ole omia suunnittelu tai urakointiorganisaatioita, tulisi kaikkiin vakiointiin tähtäävään kehityshankkeen sisällä toteutettuihin rakennusprojekteihin valita mahdollisuuksien mukaan samat suunnittelijat ja urakoitsijat, jotta myös suunnittelijoiden ja aliurakoitsijoiden toiminnan osalta

prosessien vakiointiin olisi realistiset mahdollisuudet ja myös heidän olisi mahdollista kehittää toimintaansa vakioinnin osalta aiempien hankkeiden kokemusten perusteella. Perinteisten YSE98 mukaisten urakkasopimusten sijaan voitaisiin kehityshankkeessa käyttää yhteisvastuusopimuksia, joissa hankkeen riskit ja tuotot jaetaan ennalta määritetyllä tavalla. Jopa kymmeniä aliurakoitsijoita käsittävässä kohdeyrityksen asuntohankkeissa yhteisvastuusopimuksen laatiminen kaikille aliurakoitsijoille erikseen on toki haastavaa. Vaihtoehtona voitaisiin kilpailuttaa rakennustekniset työt yhtenä urakkana ja tämän lisäksi LVISA-työt erikseen mielekkäinä kokonaisuuksina. Tällöin yhteisvastuusopimuksen laatiminen olisi huomattavasti yksinkertaisempaa ja lisäksi vain muutaman avainurakoitsijan hankkiminen erikseen mahdollistaa uudenlaisen strategisen kumppanuuden muodostumisen kohdeyrityksen ja avain urakoitsijoiden ja suunnittelutoimistojen välille, minkä Thuesen et al. (2013) uskoivat olevan eräs merkittävimmistä tekijöistä vakiointiin tähtäävän kehityksen onnistumisessa rakennusliikkeissä.

Tutkimuksen tavoitteisiin peilaten prosessien ja rakenteiden vakioinnilla on merkittävät positiiviset vaikutukset rakennusprosessiin ja lopputuotteeseen. Vakiointi tehostaa suunnitteluprosessia ja parantaa suunnitelmien laatua, mikä näkyy vähentyneenä suunnittelun ohjauksen työmääränä. Vakioinnin vaikutuksia hankintaprosessiin ja saatuihin urakkatarjoushintoihin ei suoraan tässä tutkimuksessa käsitelty, mutta hankintatoimen prosessien vakioinnilla saadaan hankintaa tehostettua ja urakkasopimusten laatua parannettua. Lisäksi laadukkaammilla suunnitelmilla ja yhteistoiminnallisuutta hankkeisiin lisäämällä saadaan urakoitsijoiden riskivaroja laskettua. Tehostuneet ja selkeät hankinnan prosessit, laadukkaammat urakka-asiakirjat ja suunnitelmat sekä laskeneet riskivaraukset näkyvät väistämättä aiempaan nähden edullisempina urakkatarjouksina. Jatkuvan parantamisen kulttuurin syntyminen, selkeytyneiden prosessien sekä laadukkaampien urakka- ja suunnitteluasiakirjojen myötä lopputuotteen laadun voidaan perustellusti väittää parantuvan merkittävästi prosessien ja rakenneratkaisujen vakioinnin seurauksena. Myös lisä - ja muutostöiden määrän voidaan väittää näillä perusteilla väistämättä laskevan. Tehostuneiden prosessien ja parantuneen prosessien hallinnan seurauksena rakennushankkeista saadaan hukkaa poistettua, mikä näkyy hankkeiden lyhentyneinä kestoina.

6.1.2 Massaräätälöinnin kehittäminen

Myös massaräätälöinnin hyödyntäminen hankkeissa edellyttää rakentamisen vakiointia. Massaräätälöinnin keskeisenä elementtinä on Pillerin (2004) mukaan yrityksen omalle tuotteelleen, organisaatiolleen ja asiakkailleen sopivan ratkaisukentän määrittäminen. Samalla yritys määrittää ne vakioitavat prosessit, asiakassegmentit, tuotteet ja niiden variantit, jotka sisältyvät ratkaisukenttään. Tämän jälkeen asiakassegmenttejä pyritään palvelemaan heille kohdennetuilla vakioituilla tuotteilla ja niiden varianteilla, jotka on valmistettu vakioitun prosessin tuloksena kustannustehokkaasti. Käytännössä kohdeyrityksen tulee määrittää ja dokumentoida selkeästi, mikä on tuotteiden osalta se ratkaisukenttä,

mitä asiakkaille tarjotaan ja sen jälkeen vakioida prosessit, joilla ratkaisukentän tuotteiden tuotanto kustannustehokkaasti varmistetaan.

Asuntotuotantoa toteuttavan rakennusliikkeen näkökulmasta vakioiduilla ratkaisuilla ei voida vastata kaikkiin ongelmiin, vaan esimerkiksi pohjaolosuhteet, liittymät ja ympäröivä rakennuskanta vaihtelevat hankkeittain ja saattavat määrittää hankkeen luonnetta merkittävästi ja antaa sille aivan erityisiä piirteitä. Toisaalta asiakkailta on usein asuntopohjien, pintamateriaalien, kalusteiden ja varusteiden suhteen hyvinkin yksityiskohtaisia toiveita. Kohdeyrityksen asuntotuotannossa asuntopohjat on jo nykyisellään hyvin pitkälti vakioituja eikä ainakaan nykyisen korkeasuhdanteen aikana asuntojen myytävyydessä ole havaittu ongelmia. Näin ollen asuntopohjia ei liene perusteltua lähteä nykyisestä hyväksi havaitusta merkittävästi muuttamaan. Hankkeittain muuttuvien pohjarakenteiden ja asiakkaiden toiveista muutettavien pintarakenteiden väliin jää kuitenkin runsaasti vakioitavissa olevia rakenteita: sokkelit, kantava runko, julkisivut, parvekkeet, vesikatto, porraskuilut ja -käytävät, hissikuilut, LVIS-hormit, ikkunat, taloyhtiön yhteiset tilat jne. Käytännössä avoimen rakentamisen ajatteluun pohjautuen rakennuksen perusosa voidaan vakioida ja tilaosa jättää räätälöitäväksi asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Tosin

räätälöintiä varten tulee ennalta määrittää variantit ja lähtökohtaisesti asiakas valitsee niistä mieleisensä ja niistä poiketaan vain perustelluista syistä. Ulkoasun muokattavuuden säilyttämiseksi parvekkeiden ja julkisivun verhousmateriaalit ja värit sekä katon kaltevuus ja pintamateriaali kannattaa jättää tapauskohtaisesti räätälöitäviksi, mutta kantavat rakenteet voidaan niissäkin vakioida.

Tällä hetkellä kohdeyrityksessä toimintamallina usein on, että asiakas tulee työmaalle valitsemaan asunnon tuotannossa käytettäviä tuotevariantteja, kuten kylpyhuoneen seinälaattojen ja lattiamateriaalin tyyppiä. Tutkimukset osoittavat, että tulevaisuudessa myös asuntokaupassa siirrytään käyttämään yhä enenevässä määrin verkkoalustoilla toimivia 3D-mallinnusta hyödyntäviä suunnitteluohjelmia, joilla asiakas voi toteuttaa itse asuntonsa räätälöinnin ja samalla hän näkee suoraan, miten valinnat vaikuttavat kohteen ulkoasuun. Tästä esimerkkinä on esimerkiksi YIT:n jo vuonna 2009 lanseeraama stailikone. (Westerholm 2013) Myös kohdeyrityksessä tämän kaltaisen myyntiä tukevan asiakkaan sisustussuunnittelua helpottavan ohjelman kehittämistä tulisi vakavasti harkita. Nykyisillä asuntovolyymillä ja korkeasuhdanteen vallitessa myynnissä ei ole ollut ongelmia, mutta tuotantomäärän kasvaessa voimakkaasti tai mahdollisesti suhdanteen laskiessa kohdeyritys saattaa ajautua tilanteeseen, jossa asuntojen myynti ei enää pysy tuotannon perässä. Toisaalta sisustussuunnittelua helpottava ohjelma vähentäisi myös asiakasmuutoksia tekevien kohdeyrityksen työntekijöiden työmäärää, kun asiakas saisi tehdä itse valinnat eikä variaatioille tarvittaisi enää erillistä esittelijää. Asiakas näkisi suoraan ohjelmasta kohdeyrityksen määrittämät tuotevariaatiot ja niiden vaikutukset sekä kustannuksiin että ulkoasuun. Toki henkilöstö edelleen auttaisi jatkossakin asukasta ongelmatilanteissa ja tapauksissa, joissa asukas toivoo ratkaisua kohdeyrityksen määrittämien variaatioiden ulkopuolelta. Myyntiä tukevan ohjelman kehittäminen nyt, kun markkina vetää

olisi hyvää varautumista mahdolliseen suhdanteen laskuun. Ohjelmaa ehdittäisiin ko-keilla ja perehtyä huolella sen käyttöön hyvän suhdanteen aikana, jolloin sen potentiaali olisi täysin hyödynnettävissä myynnin mahdollisesti hiipussa suhdanteen laskiessa.

6.1.3 Teollisen rakentamisen kehittäminen

Modulaarisuuteen perustuva tuotantotapa ja esivalmistusasteen nosto on nähty jo pitkään ratkaisuna rakennusalaan piinaavaan tuottavuusongelmaan. Esivalmistuksen avulla tuotanto saadaan siirrettyä työmaalta tuotantolaitoksiin, joissa olosuhteet työn laadukkaalle toteutukselle on huomattavasti työmaata paremmat, epävarmuutta, muuttujia ja hukkaa vähemmän sekä työntekijöiden ja materiaalivirtojen hallinta merkittävästi työmaata paremmalla tasolla ja siten työn tuottavuus huomattavasti parempaa. (Aapaoja & Haapasalo 2014) Myös kohdeyritykselle moduuleihin pohjautuva rakentaminen voisi tuottaa lisäarvoa nykyiseen verrattuna. Tällä hetkellä kohdeyrityksen pientalotuotannossa ulkoseinäelementit, ontelo- ja sisäänkäyntilaatat sekä märkätilojen ACO-seinät ovat ainoita elementtinä toteutettuja rakenteita ja märkätilojen seinienkin osalta on vielä joissakin hankkeissa pitäydytty paikalla rakennetussa rakenteessa. Kohdeyrityksen vakioituilla

asuntopohjilla myös tilaelementtien hyödyntäminen asuntotuotannossa olisi mahdollista ja saattaisi tarjota merkittävän kustannuksia alentavan vaihtoehdon ja edun kilpailijoihin nähden. Kotimaisista rakennusliikkeistä esimerkiksi Lehto Group hyödyntää tilaelementtejä omassa pientalotuotannossaan, joten onnistuneita esimerkkejä tilaelementtien käyttöönotosta osaksi tuotantoa löytyy läheltäkin. Tilaelementtien käyttöön siirtyminen edellyttää yksityiskohtaisen konseptin laatimista ja tarkkaan suunnitellun ja rajatun kehitysprosessin toteuttamisen. Tilaelementtien hyödyntämistä hankaloittaa se, että kohdeyrityksellä, toisin kuin Lehdolla, ei ole omaa suunnitteluorganisaatiota, jonka voisi valjastaa mukaan kehityshankkeeseen, vaan tilaelementtien suunnittelu, asuntopohjien laatiminen sekä erilaisten variaatiomahdollisuuksien miettiminen tulisi toteuttaa yhdessä ulkopuolisten suunnittelutoimistojen kanssa.

Käytännössä tilaelementtien hyödyntäminen asuntotuotannossa edellyttää siis laajamittaista kehityshanketta ja siten huomattavia ajallisia ja taloudellisia resursseja, joten tällä hetkellä kohdeyrityksen tuotannossa se ei liene perusteltua. Kohdeyrityksen liiketoiminta kasvaa etenkin pääkaupunkiseudulla tällä hetkellä voimakkaasti ja pientalojen osalta tuotantoa toteutetaan käytännössä vain yhden konseptin varassa. Asuntotuotannon volyymin kasvaessa on vaarana, että pientalojen osalta yhdellä konseptilla tuotteen markkina kyllästyy ja tuotanto ylittää kysynnän tason. Tällöin asuntojen konseptointia tulee miettiä uudestaan ja kenties kehittää kokonaan uusia tuotekonsepteja, jotta yhdellä konseptilla toteutettujen hankkeiden määrä saadaan pidettyä markkinan kannalta sopivalla tasolla. Uusien konseptien kehittämisen yhteydessä tulee kohdeyrityksessä miettiä tarkasti myös tilaelementtien käytön mahdollisuuksia.

Tutkimuksen kenties keskeisin havainto on, että rakennustuotteiden vakiointi, massaräätälöinti, modulaarisuus ja teollinen rakentaminen liittyvät hyvin keskeisesti toisiinsa ja samalla tukevat toisiaan. Rakennetyypit ja -ratkaisut vakioimalla saadaan luotua tilanne, missä vakioitujen rakennustuotteiden käyttö on mahdollista ja kannattavaa. Rakennusta on kuitenkin tarkasteltava kokonaisuutena, jolloin yksittäisten vakioitujen rakenneosien käytön sijaan on pyrittävä tilanteeseen, jossa koko rakennus voidaan toteuttaa esivalmistetuista komponenteista ja moduuleista. Tähän selkeimmän ratkaisun tarjoaa massaräätälöityjen tilaelementtien hyödyntäminen. Kerrostalohankkeessa tämä käytännössä tarkoittaa avoimen rakentamisen periaatteiden mukaisen perusosan toteuttamista vakioiduista elementeistä ja muuntuvan tilaosan räätälöimistä asiakkaan toiveiden mukaiseksi. Tällöin tilaosa voitaisiin toteuttaa vakioiduilla tilaelementeillä, kuten Kingspanin esimerkki osoittaa, ilman että räätälöitävyydestä joudutaan tinkimään. Pientalohankkeessa koko rakennus on mahdollista toteuttaa tilaelementeillä, jolloin myös vakioitu perusosa sisältyisi tilaelementtiin. Pintamateriaalit, kalusteet, tilanjako-osat, varusteet jne. olisivat edelleen asiakkaan räätälöitävissä. Näin saataisiin teollisen rakentamisen periaatteiden mukaisesti työtä siirrettyä työmaalta tuotantolaitoksiin ja rakennustuotteiden esivalmistusastetta nostettua. Käytännössä työn määrä työmaalla siis vähenisi merkittävästi ja se muuttuisi luonteeltaan kokoonpanomaiseksi.

Koska rakentaminen on perinteisesti luonteeltaan uniikkien projektien toteuttamista käsitteenä ja työmaan tuotannon ohjaus ”tulipalojen sammuttelua”, se sisältää todella paljon muuttujia ja häiriöitä eikä rakentamisessa prosessien vakiointi ole näin ollen saanut merkittävästi tuulta alleen. Virtautukseen perustuvia tuotannonohjauksen malleja on yritetty ottaa työmailla käyttöön, mutta epävarmuus ja jatkuvat häiriöt ovat ajaneet yritykset takaisin reaktiivisiin tuotannonohjauksen malleihin. (Keskiniva et al. 2018, s. 23) Vakioitujen esivalmistettujen tuotteiden käyttö poistaisi hankkeista ja erityisesti työmaalta merkittävästi epävarmuutta, jolloin vakioitujen prosessien hyödyntäminen hankkeissa olisi mahdollista. RATU-tutkimuksen mukaan lähes 60% rakennustyöstä on hukkaa. (Koskenvesa 2010)

Vakioitujen prosessien avulla on mahdollista nähdä, mikä työ on lisäarvoa tuottavaa ja mikä hukkaa ja näin saadaan työn tuottavuutta ja siten yrityksen kilpailukykyä parannettua merkittävästi. Siirtyminen teollisen rakentamisen suuntaan tulisi siis aloittaa vakioimalla rakentamisen prosessit, rakennetyypit ja -ratkaisut sekä käytetyt rakennustuotteet. Samalla rakentamisen toimintamalleja tulisi kehittää yhteistoiminnalliseen suuntaan. Näin saadaan luotua olosuhteet, joissa jatkuva parantaminen on mahdollista ja rakennustyön verraten suurta hukkaa saadaan pienennettyä, mikä antaa yritykselle merkittävän edun kilpailijoihin nähden.

6.2 Kohdeyrityksen puurakenteisen pientalon vakioitavat rakenteet

Tässä luvussa esitetään kohdeyrityksen puurunkoisen pientalon vakioitavat rakenneratkaisut, toteutustavat ja materiaalit. Luvun rakennetta on tiivistetty kehitysehdotuksiin nähdessä siten, että detaljit ja ulkoasu on nivottu saman otsakkeen alle. Tällä on pyritty selkeämpään esitysasun.

Päätökset vakioitavista rakenneratkaisuista tehtiin asiantuntijatyöpajassa, johon osallistui kohdeyrityksen toimihenkilöitä eri toimenkuvista. Tutkija oli laatinut työpajaan etenemissuunnitelman ja valmistellut käsiteltävät asiat teemahaastatteluiden perusteella. Vaikka perusratkaisut vakioidaankin, kantavien rakenteiden mitoitus tehdään edelleen tapauskohtaisesti. Kaikkien tämän kehityshankkeen yhteydessä laadittuja kuvia ei ole esitetty tämän työn yhteydessä, vaan tähän tutkimusraporttiin on poimittu tekstisisältöä tukevia kuvia siten, että ne yhdessä muodostavat ehjän kokonaisuuden.

6.2.1 Perustukset ja alapohja

Perustusten osalta kohdeyrityksessä ei nähty tarvetta muuttaa aikaisempaa toimintatapaa. Perustus toteutetaan jatkossakin maanvaraisena, mikäli se on pohjaolosuhteiden osalta mahdollista. Paalukohteissa antura toteutetaan paikallavalurakenteena, jonka päälle

sokkeli. Perusratkaisuna sokkelille on betoninen paikallavalurakenne, markkinan mukaan sokkeli voidaan kuitenkin toteuttaa myös elementtirakenteisena sokkelipalkeilla tai valuharkoilla. Mikäli maanvarainen perustus ei ole vaihtoehto, perustuksen kantavuus varmennetaan tukipaaluilla. Paaluina käytetään teräsputkipaaluja, paalujen mitoitus tehdään tapauskohtaisesti. SSAB:n paalutusohjeen kohdan 5.7.3 mukaan sisäpuolen korroosiota ei tarvitse huomioida, mikäli paalu lyödään tulpattuna tai sisäpuoli betonoidaan. Betonointi ei siis tulpatun lyöntipaalun sisäpuolen korroosion vuoksi ole paalutusohjeen mukaan perusteltua ja lyöntipaalujen tapauksessa sisäpuolen betonointi voidaan jättää pois. Mikäli käytetään porapaaluja, betonointi toteutetaan suunnitelmien ja materiaalitointimittajan ohjeiden mukaisesti. Mikäli paalut olisivat alle kolmemetrisiä, tarkastetaan tapauskohtaisesti olisiko massanvaihto paalutusta edullisempi vaihtoehto.

Alapohja toteutetaan kohdeyrityksen pientalotuotannossa jatkossakin tuulettavana, ontelolaatoilla. Ontelolaatat asennetaan rakennuksen lyhyemmän sivun suuntaisesti, jolloin ei tarvitse tehdä ontelolaattoja varten erillisiä palkistoja. Alapohjaeriste asennetaan ontelolaatan alapuolelle ja sokkeli toteutetaan kantavalta osalta eli rakennuksen pidemmän sivun osilta halkaistuna, jolloin sokkelin sisäkuori kantaa ontelolaatatason, ulkokuori kantaa ulkoseinärakenteet ja niiden väliin asennetaan XPS-eriste.

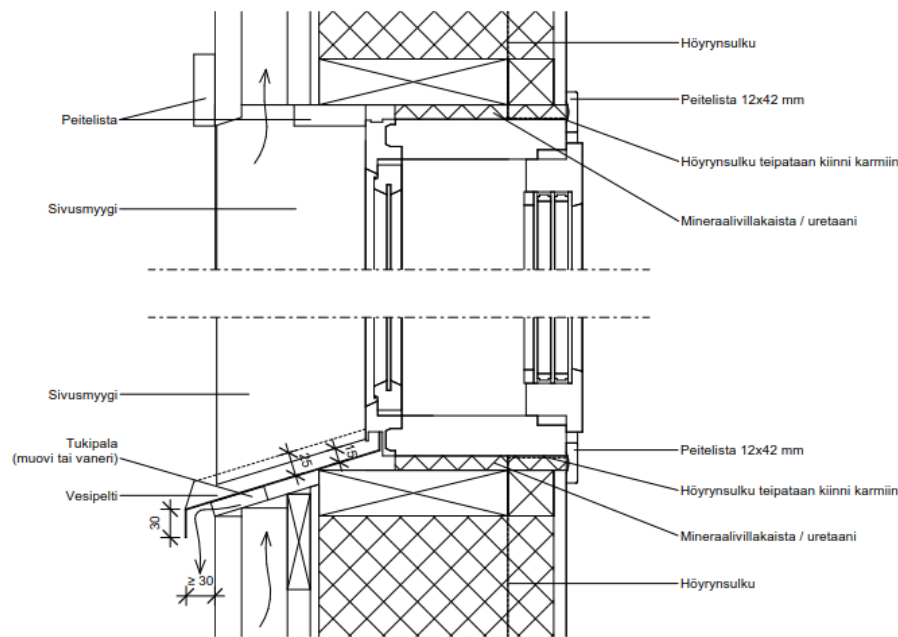
Lattia rakenteena käytetään jatkossakin lämpölattiaa plaanolla, johon asennetaan vesikiertoinen lattialämmitys. Lattian pintarakenne määritetään tapauskohtaisesti huonetilan

ja asukkaan valintojen mukaan. Märkätiloissa valetaan ontelolaatan päälle maakostealla betonimassalla kaatovalut, minkä päälle toteutetaan vedeneriste ja laatoitus. Vedeneristeen paksuus on tarkistettava luopilla. Myös märkätiloihin toteutetaan vesikiertoinen lattialämmitys.

Sisäänkäyntilaatta toteutetaan jatkossakin elementtinä ja se perustetaan, kuten rakennuskin, jotta laatan ja rakennuksen väliin ei tule ajan kuluessa painumaeroa. Maanvaraisissa kohteissa laatta perustetaan maanvaraisesti, paaluperusteisissa kohteissa paaluperusteisen tukilaatan varaan. Oikea korkoasema ja tasaisuus varmistetaan murskepatjan avulla. Sisäänkäyntilaatan kulmiin 15mm viiste, vaakapintoihin puuhierto ja pystypinnat jätetään muottipinnalle. Laattaan toteutetaan kauttaaltaan 30mm kaato pois päin rakennuksesta, jotta vesi ei jää laatalle seisomaan ja muodosta pakkaskaudella jääpatjaa.

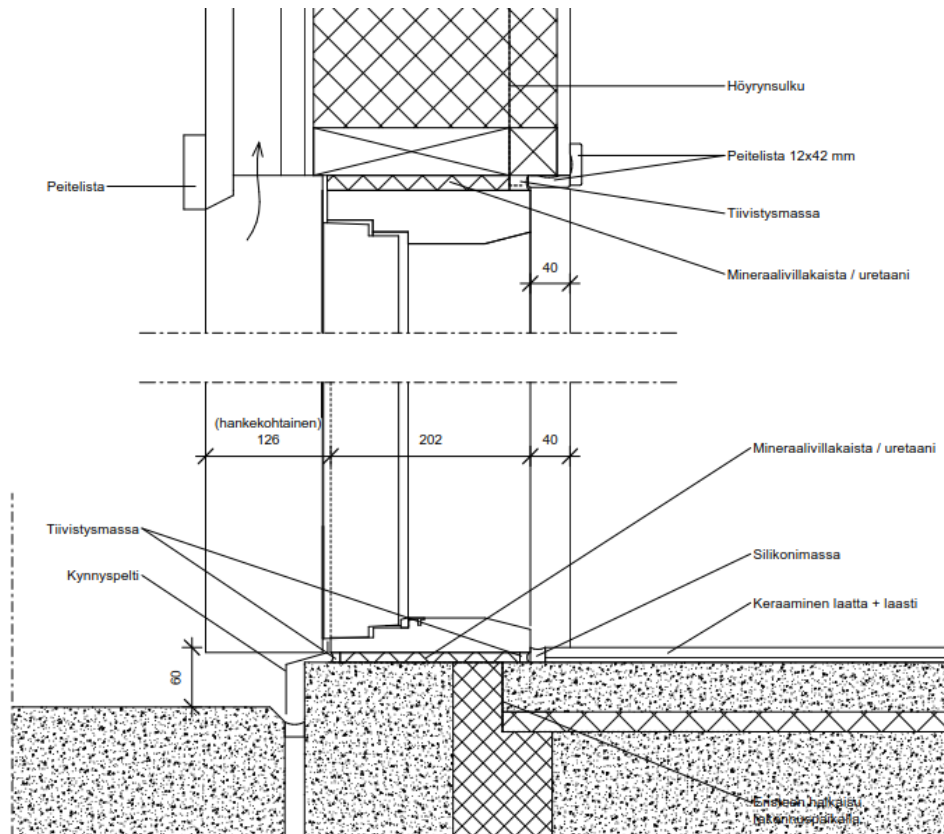
6.2.2 Rakennuksen vaippa

Ulkoseinän perusrakenne, 48mm ulkopuolen koolaus, 198mm runko, 48mm sisäpuolen koolaus, koettiin hyväksi eikä sitä nähty tarpeelliseksi muuttaa. Höyrynsulkumuovi kuljetetaan jatkossakin sisäkoolauksen ja rungon välissä, ja esiin noussut ehdotus korvata tuulensuojalevy tuulensuojapaperilla haudattiin toteutuskelvottomana.



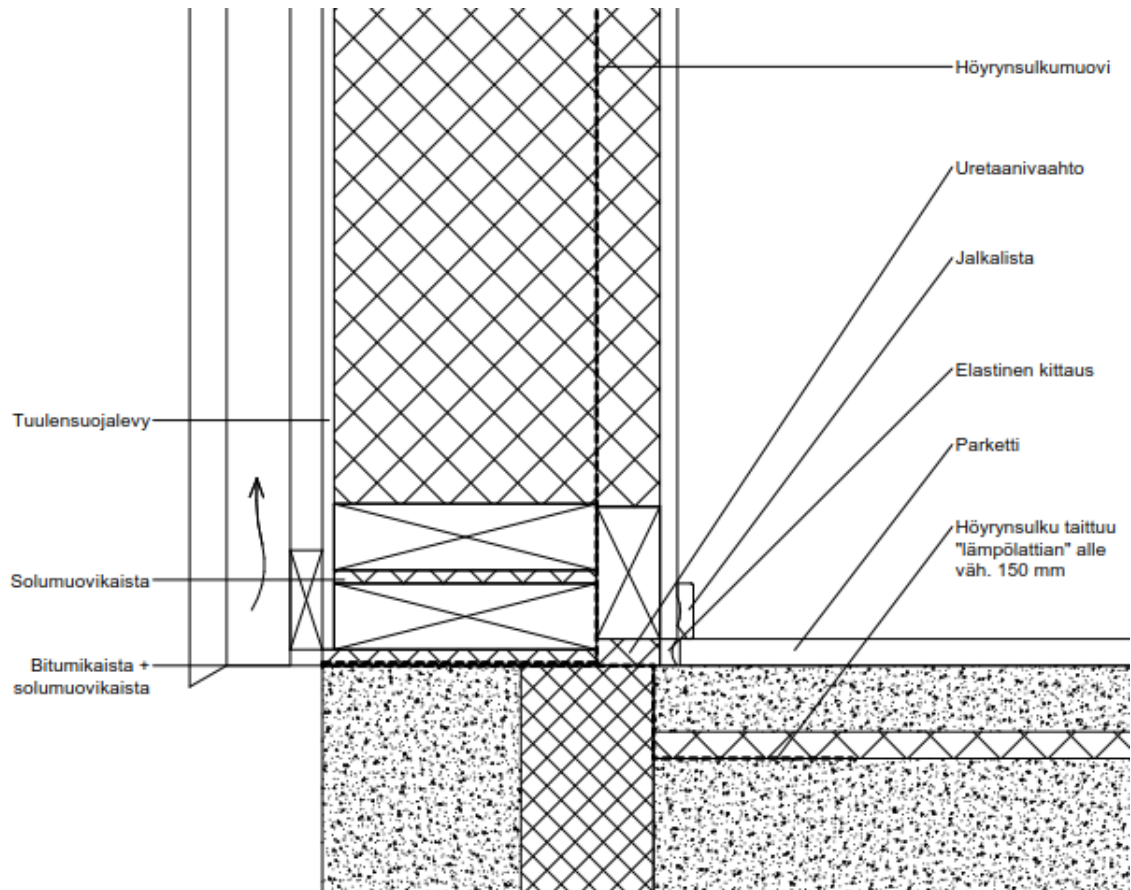
Kuva 12 Ikkunan liitosdetalji

Ikkunan liitosdetalji on esitetty kuvassa 12. Ikkunan kohdalla höyrynsulkumuovi teipataan karmiin. Ikkunakarmin ja runkotolpan väliin eristeeksi sisäpuolelle uretaanivahto ja ulkopuolelle mineraalivilla. Ulko-oven liitosdetalji on esitetty kuvassa 13. Ulko-ovea siirretään ulkoseinään nähden 42mm sisään päin, jolloin ovi asennetaan suoraan sokkelin päälle eikä erillistä kannatusta tarvita. Ulko-oven ja runkotolpan väli tiivistetään uretaanivaahdolla ja kitillä.



Kuva 13 Ulko-oven liitosdetalji

Sokkelin ja ulkoseinän liitos on esitetty kuvassa 14. Liitos on ollut ilmantiiveyden kannalta haasteellinen. Ongelmat ovat kuitenkin johtuneet pääasiassa virheellisestä toteutuksesta, joten liitokseen ei päätetty tehdä merkittäviä muutoksia, vaan se todettiin toimivaksi. Liitoksesta päätettiin kuitenkin toteuttaa selkeät toteutuskuvat ja jatkossa kiinnittää entistä tarkemmin huomiota laadun valvontaan. Lisäksi ulkoseinien ja hv-seinien juuret kitataan jatkossa ennen lattiavalua ilmantiiveyden varmistamiseksi.



Kuva 14 Sokkelin ja ulkoseinän liitosdetalji

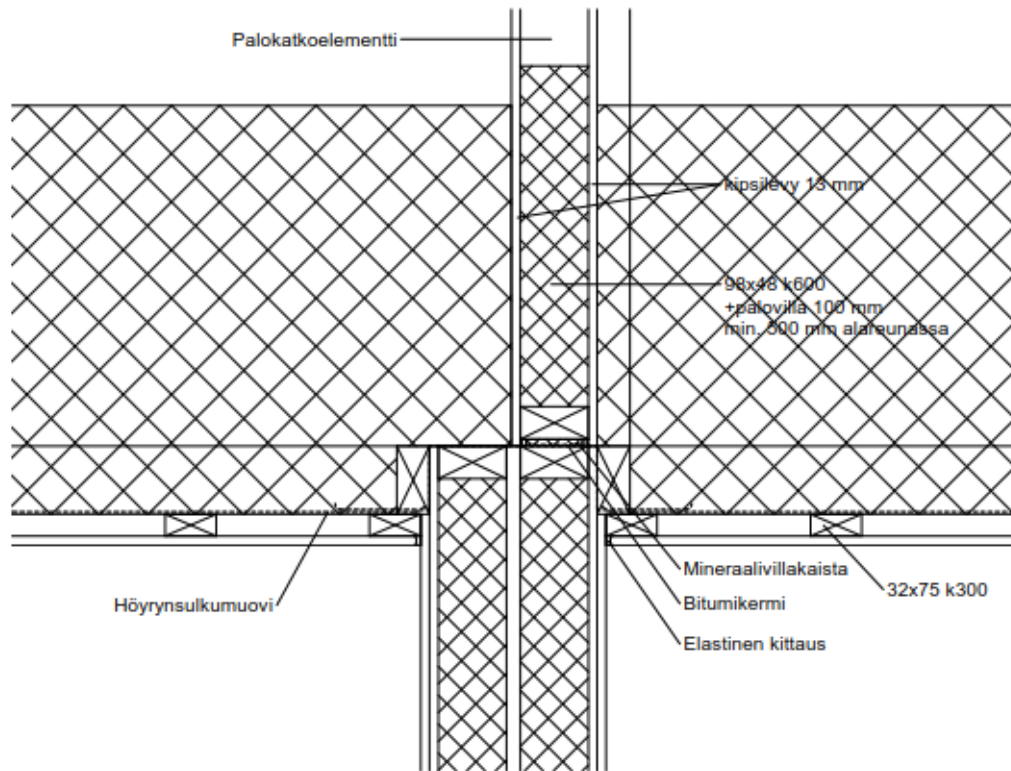
Kylpyhuoneiden kohdalla höyrynsulku kääntyy ACO-elementin alle ja lattiarakenteena on lämpölattian sijaan kaatovalu. ACO-elementin ja ulkoseinän sisäpinnan kipsilevyn väliin jätetään 20mm tuuletusrako. Saunassa ulkoseinärakenteen sisäpintaan lisätään SPU Sauna-Satu, joka toimii myös saunatilaa osalta höyrynsulkuna. SPU:n päälle asennetaan koolaukset ja pintaan panelointi asukkaan valintojen mukaan. Saunatilassa keraaminen laatoitus ja vedeneristys nostetaan vähintään 200mm seinälle.

6.2.3 Väliseinät

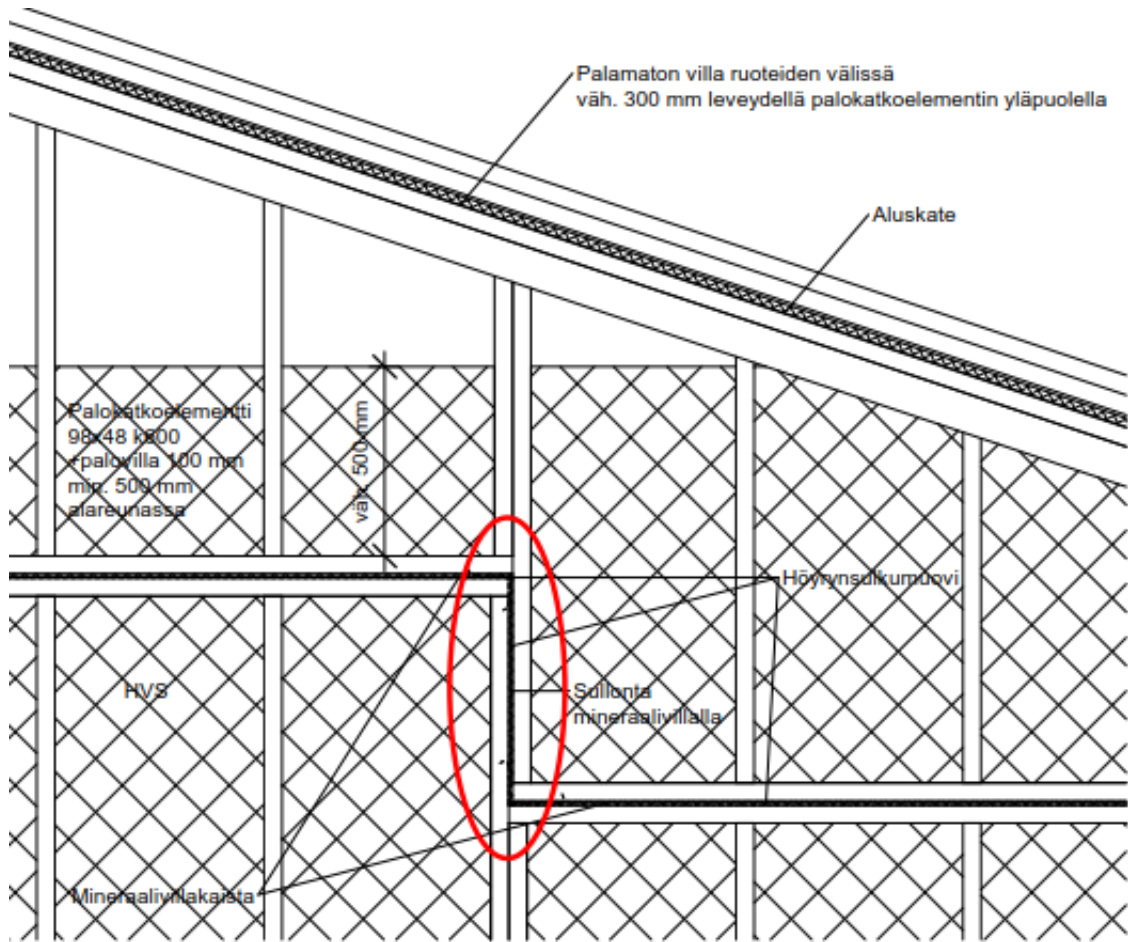
Huoneistojen väliset seinät toteutetaan jatkossakin tuplarungoilla, joiden välissä 20mm tuuletusrako. Runkotolppa muutettiin 68mm kertopuurungosta 98mm lujusluokiteltuun sahatavaraan, jotta ääneneristystä asuntojen välillä saatiin parannettua. HV-seinät toteutetaan jatkossakin elementtinä ja jatkossa kalustetuet asennetaan valmiiksi elementteihin runkotolppien väliin. Kalustetukena käytetään vanerilappuja. HV-seinät ovat REI60 luokiteltuja rakenteita, joten niissä on tuplakipsilevytys molempien asuntojen suuntiin. Ulompi kipsilevy on jatkossa EK-levy, mikä parantaa elementin jäykkyyttä ja kuljetuskestävyyttä.

HV-seinäelementin ja yläpohjan palokatkoelementin liitos on koettu tiiveyden kannalta haasteelliseksi erityisesti lyhyen pystysauman osalta. Saumassa on esiintynyt ilmavuotoa,

ei niinkään yläpohjaan, vaan ennen kaikkea viereisiin asuntoihin. Koska ilmatiiveysmittaus tehdään asunnoittain, liitoskohdassa esiintyneet ilmavuodot ovat heikentäneet merkittävästi asuntojen ilmatiiveyslukuja. Kuvissa 15 ja 16 on esitetty HV-seinän ja yläpohjan palokatkoelementin liitos. Pystysaumaan höyrynsulkumuovin ulkopuolelle tehdään villa sullonta, jonka jälkeen väli puristetaan umpeen ruuvaamalla palokatkoelementti HV-elementtiin kiinni.



Kuva 15 Vaakaleikkaus huoneistojen välisen seinän ja palokatkoelementin liitoksesta



Kuva 16 Naamakuva HV-seinän ja palokatkoelementin liitoksesta. Punaisella merkitty pystysauma.

Väliseinät toteutetaan jatkossakin pääasiassa teräsrankaisina, vain ovien pielet tehdään kertopuutolpilla. Väliseinien alajuoksuksi asennetaan korkea U-profiili ja pystyrankojen puoleen väliin läppärangan patkä tai puutuki jalkalistojen asennustueksi. Väliseinissä normaali kipsilevytys, erikoiskovan kipsin käytölle ei nähty tarvetta.

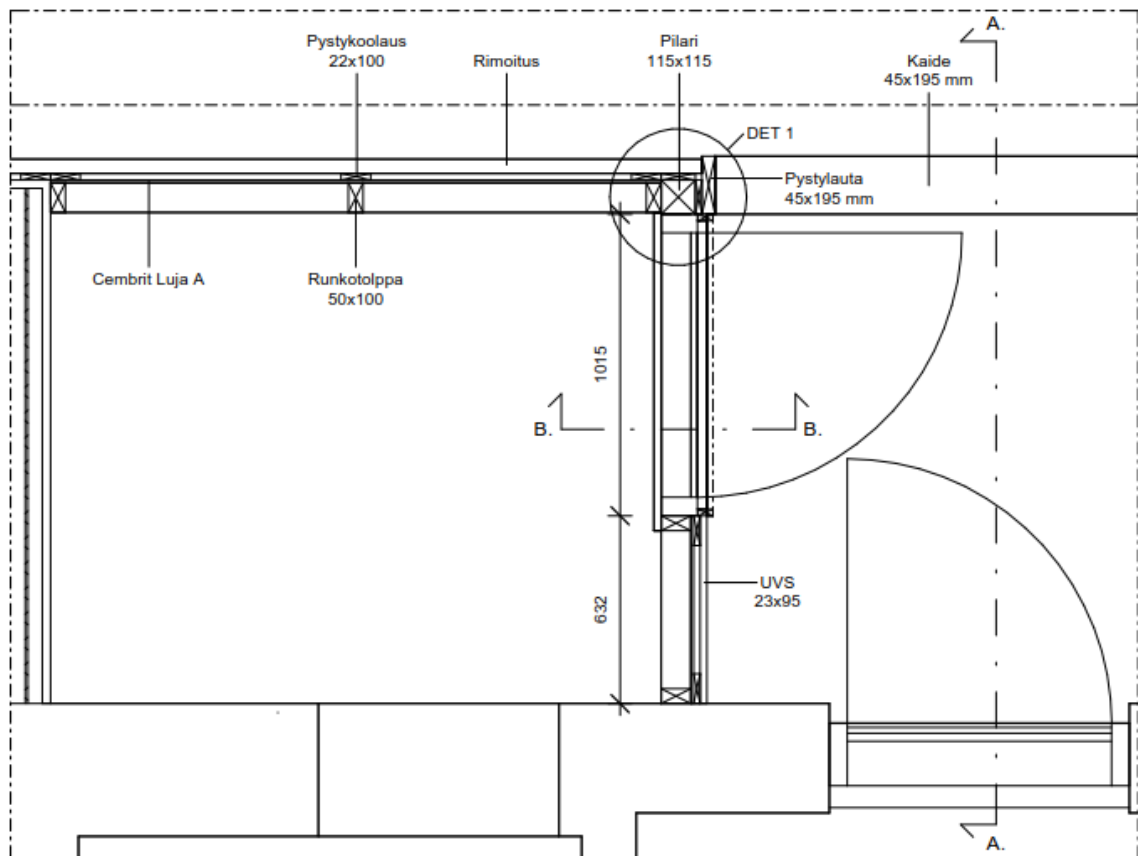
Märkätilojen väliseinien materiaalista on kohdeyrityksessä ollut aiemmin vaihtelevia käytäntöjä ja niitä on toteutettu sekä kivi- että levyrakenteisina. Kylpyhuoneiden seinät päätettiin kuitenkin jatkossa toteuttaa kivrakenteisina ACO-elementeillä. Kosteusongelmat ovat olleet viime aikoina mediassa laajasti esillä ja asiakkailta on ilmennyt perustelustikin huolta rakentamisen laadusta ja kosteusriskeistä. Kivirakenne koettiin laadukkaammaksi, varmemmaksi ja ennen kaikkea asukkaiden toiveiden mukaiseksi.

6.2.4 Detaljit ja ulkoasu

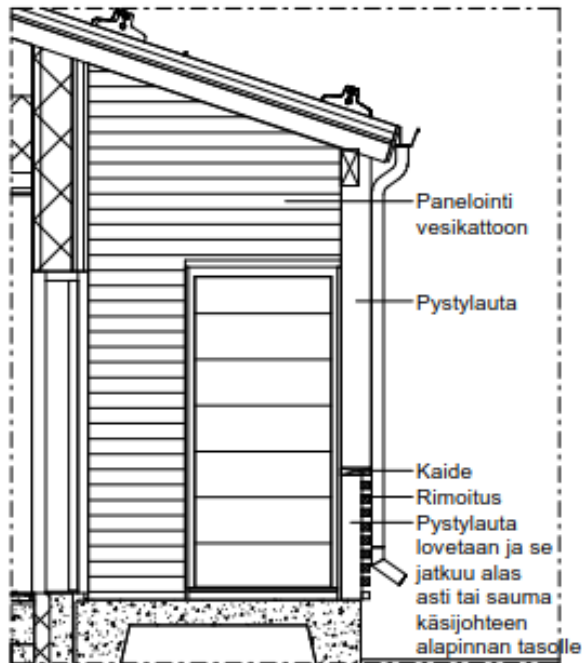
Vesikatteen materiaalina käytetään jatkossakin betonitiiltä. Se on hinta-laatusuhteeltaan huopa- ja peltikattoja laadukkaampi vaihtoehto ja se on perustajaurakoitsijan vastuiden kannalta järkevä vaihtoehto. Hyväksi koettua ratkaisua ei nähty mielekkääksi lähteä

muuttamaan. Ulkoverhous toteutetaan jatkossakin 28mm paksuilla paneeleilla. Ohuempaan 23mm paneeliin verrattuna sen lämpö- ja kosteusliikkeet ovat pienempiä, minkä johdosta julkisivu säilyy parempikuntoisena ja korjattavaa on selkeästi vähemmän. Kustannusvaikutus paksumman paneelinkäytöllä suhteessa ohuempaan on melko pieni, mutta saavutetut edut vähentyneiden korjausten muodossa ovat merkittäviä. Päätettiin myös, että jatkossa ikkunoiden ja ovien pieliin asennetaan sivusmyygien lisäksi myös pielilaudat. Näin lopputuloksesta saadaan siistimpi eikä vuositarkastuksen yhteydessä tarvitse korjailla irvistäviä smyygilautoja.

Terassipuolen seinäkkeet päätettiin jatkossa tukea sokkelista palkkikengällä ja niiden rakennetta samalla hieman päivitetään, jotta rakenteesta tulee jäykempi ja lopputuloksesta siistimpi. Terassi päätettiin toteuttaa jatkossakin betonilaatoilla, koska se on puuterasia edullisempi ja vuosikorjausten kannalta huomattavasti varmempi ratkaisu. Sisäänkäyntilaatoille tulevien varastokoppien ilmettä hieman kohennettiin ja samalla päätettiin laatia selkeät ja skaalattavissa olevat työpiirustukset kopista, joilla voidaan suorittaa myös varastokoppien hankinta. Otteita työpiirustuksista on esitetty kuvissa 17 ja 18. Räystään nurkkien kannatusta ei nähty tarpeelliseksi lähteä vakioimaan, vaan kannatus toteutetaan lähtökohtaisesti puuelementtitoimittaja ehdotuksen mukaan.



Kuva 17 Ote sisäänkäyntilaaatalle tulevan varastokopin työpiirustuksista.



Kuva 18 Leikkauskuva sisäänkäyntiläatalle tulevasta varastokopista.

Ulkoasua ja värimaailmaa pyritään selkeyttämään ja jatkossa julkisivu toteutetaan laajoilla yhtenäisillä paneelikentillä. Paneelityyppiä tai väriä ei vaihdeta keskellä seinää, vaan muutokset sijoitetaan luonnollisiin epäjatkuvuuskohtiin kuten kulmiin ja elementtien saumoihin. Työmaalla toteutettavat maalaukset minimoidaan eikä työmaalle tuoda jatkossa maalamattomia lopulliseen rakenteeseen näkyviin jääviä puuosia, vaan kaikkiin tehdään etukäteen pohjamaalaus ja 1* pintamaali.

6.3 Tulosten analysointi

Kirjallisuusselvityksellä pyrittiin tässä työssä selvittämään vakioinnin vaikutuksia rakennusprosessiin ja lopputuotteeseen sekä laatia ehdotuksia, miten vakiointia voidaan hyödyntää kohdeyrityksen asuntotuotannossa ja analyysi millaisia vaikutuksia vakioinnilla voisi kohdeyrityksen liiketoimintaan olla pitkällä aikavälillä. Kirjallisuusselvitys perustuu laajaan sekä kotimaassa että ulkomailla julkaistuihin tieteellisiin julkaisuihin ja sen tuloksia voidaan lähdeaineiston monipuolisuuden ja kattavuuden perusteella pitää luotettavina. Tuloksena laaditut kehitysehdotukset perustuvat kohdeyrityksen liiketoimintamalliin ja kirjallisuuteen. Tulokset ovat varsin yleisluonteisia ja niitä voidaan luotettavasti soveltaa muissakin rakennusliikkeissä.

Rakentamisen ongelmia käsittelevässä keskustelussa esivalmistusasteen nostoa ja vakioituja toimintamalleja ja rakenteita on tarjottu ratkaisuiksi tuottavuus- ja laatuongelmiin. Tutkijan omien havaintojen mukaan keskustelusta huolimatta konkreettisia toimia rakennustuotteiden esivalmistusasteen nostoon ja rakentamisen tuotteiden ja prosessien vakiointiin on kuitenkin tehty melko vähän. Edistykselliset toimijat vakioivat omia tuotteitaan

ja prosessejaan ja tilaelementtien käyttö on hieman yleistynyt, millä saadaan esivalmistusastetta selvästi nostettua perinteiseen työmaalla tapahtuvaan tuotantoon verrattuna. Rakennusala kehittyi kuitenkin hitaasti eikä esimerkiksi teollisille toimialoille ominaista alan standardisoitumista ole rakentamisessa vielä havaittavissa. Siksi, vaikka tulosten uutuusarvo tieteellisessä mielessä jäi tässä tutkimuksessa melko vaatimattomaksi, ei tämän kaltaista tutkimusta voi tehdä liikaa ja aiheen jatkuva esillä pitäminen on alan kehittymisen kannalta enemmän kuin tarpeellista. Lisäksi tuloksista on kohdeyritykselle käytännön hyötyä tulevaisuuden strategioiden ja kehityssuunnitelmien laadinnassa.

Kohdeyrityksen puurunkoisen pientalon rakenteiden vakioinnissa pyrittiin tässä työssä löytämään haastaviksi koetut rakenneratkaisut sekä kehittämään ja vakioimaan näihin rakenneratkaisuihin laadukkaat, kustannustehokkaat ja toteutuskelpoiset vaihtoehdot. Kehitysehdotukset hyväksyttiin asiantuntijatyöpajassa ja esitetyt ratkaisut otetaan käyttöön kohdeyrityksen pientalotuotannossa. Ratkaisut pohjautuvat suunnitteluohjeisiin ja ne on räätälöity erityisesti kohdeyrityksen puurunkoiseen pientalotuotantoon sopiviksi. Kaikkien työn tuloksena syntyneiden kuvien julkaisua tämän työn yhteydessä ei nähty tarpeelliseksi, vaan kuvista valittiin muutamia, joilla havainnollistetaan kehitysprojektin tuloksia kohdeyritykselle.

On tärkeä muistaa, ettei rakentamisessa ole vain yhtä tapaa tehdä asioita oikein ja tuloksia arvioitaessa tämä on syytä huomioida. Vakioiduksi päätetyt rakenneratkaisut on arvioitu kohdeyrityksen asiantuntijatyöpajassa, joten niiden luotettavuutta ja toteutettavuutta voidaan näin ollen perustellusti pitää hyvänä. Kuten mainittua, ratkaisut on kehitetty varta vasten kohdeyrityksen tuotantoon sopiviksi ja niiden sovellettavuus muussa kuin kohdeyrityksen asuntotuotannossa tulee aina arvioida kulloisessakin tilanteessa erikseen. Vakioitujen rakenneratkaisujen toteutuksessa ei ole kehitetty merkittäviä uusia innovaatioita, joten tulosten uutuusarvoa muille kuin kohdeyritykselle voidaan pitää melko pienenä.

Teemahaastatteluisissa nousi rakenteisiin liittyvien kehityskohtien lisäksi tarve kehittää myös kohdeyrityksen suunnittelun ohjauksen prosesseja. Kuten mainittua, kohdeyrityksessä suunnittelun ohjaukseen on kehitetty vakioitu toimintamalli, jonka jalkautus osaksi päivittäistä toimintaa on vielä hivenen kesken. Edellisen kehityshankkeen keskeneräisyyden ja tämän tutkimuksen rajauksen perusteella suunnittelunohjaukseen liittyviä kehitysehdotuksia ei tarkastella tämän työn tuloksina, vaan ne jätetään kohdeyritykselle nimenomaan kehitysehdotuksina.

Tutkimus tavoitteena oli selvittää, miten rakenteiden vakiointi vaikuttaa rakennusprosessiin ja lopputuotteeseen. Voidaanko rakenneratkaisujen vakioinnilla nopeuttaa suunnitteluprosessia ja vähentää suunnittelunohjauksen työmäärää tai miten rakenteiden vakiointi vaikuttaa hankintaprosessiin, erityisesti onko sillä hankintoja tehostavaa tai selkiyttävää vaikutusta tai vaikutusta saatuihin urakkatarjoushintoihin. Tutkimuksella pyrittiin myös

selvittämään, onko rakenneratkaisujen vakioinnilla vaikutusta lopputuotteen laatuun, rakennustyön kestoon tai lisä- ja muutostöiden määrään. Näihin kysymyksiin tutkimuksessa myös saatiin vastaukset, joten tutkimus saavutti sille asetetut tavoitteet hyvin.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Kirjallisuusselvitys osoittaa selkeästi, että prosessien ja tuotteiden vakioinnilla on saavutettavissa merkittäviä hyötyjä esimerkiksi parantuneen laadun, tehostuneiden prosessien, hallitun kokonaisuuden, madaltuneiden kustannusten, lyhyempien hankkeiden läpimenoaikojen ja parantuneen työturvallisuuden muodossa. Saadut hyödyt perustuvat siihen, miten muutosprosessissa onnistutaan. Teoria ei kuitenkaan anna selkeitä ohjeita, miten muutos uniikkien projektien hallinnasta prosessien hallintaan tulisi toteuttaa, vaikka sekä epäonnistuneita että onnistuneita esimerkkejä tunnetaankin. Kehityshankkeen toteutus perustuu aina analyysiin yrityksen nykytilasta, tuotteesta ja markkinoista ja näin ollen muutosprosessin onnistuminen riippuu hyvin pitkälti näiden analyysien onnistumisesta, muutosjohtajan ammattitaidosta sekä henkilökunnan sitoutumisesta muutosprosessiin.

Yhteenvetona edellisen luvun tuloksista teorian pohjalta tehdyt kehitysedotukset voisi jakaa kolmeen toisiaan tukevaan ydinajatukseseen:

- prosessien vakioinnin edistäminen
- massaräätälöinnin hyödyntäminen
- modulaarisuuden kehittäminen

Prosessien vakiointi on aloitettu ja etenee kohdeyrityksessä hyvin. Käytännössä työtä on kuitenkin vielä paljon ja vakioinnin haasteena on projektinjohtorakentamiselle tyypillinen hankkeiden pirstaleinen organisaatiomalli ja toisaalta kohdeyrityksen henkilöstömäärän voimakas kasvu. Vakioinnin onnistumisen edellytyksenä on, että kaikki uudet työntekijät saadaan perehdytettyä yrityskulttuuriin ja vakioitujen toimintatapojen hyödyntämiseen. Toistaiseksi vakioitujen toimintatapojen jalkautuksessa yrityksen henkilöstön päivittäiseen tekemiseen on ollut haasteita, kuten tässäkin työssä erityisesti suunnittelun ohjauksen prosesseihin liittyen on tullut todettua. Kohdeyrityksen johto on kuitenkin vakuuttunut, että prosessien vakioinnilla työn tuottavuutta ja projektien hallintaa on mahdollista parantaa huomattavasti, ja vakiointiin tähtäävillä kehityshankkeilla onkin johdon täysi tuki takanaan. Tämä motivoi myös henkilöstöä uusien toimintamallien omaksumisessa.

Massaräätälöinti liittyy keskeisesti tuotteen vakiointiin ja toisaalta myyntiprosessiin. Kohdeyrityksen tuleekin vakioida vakioitavissa olevat rakenneosat ja siihen tälläkin tutkimuksella osaltaan pyritään. Toisaalta yrityksen tulee määrittää ne optiot ja tuotevarianit, mitä asiakkaalle tarjotaan, jotta asiakkaiden yksilöllisiin tarpeisiin ja vaatimuksiin kyetään edelleen vastaamaan. Tähän liittyen verkkoalustalla toimivan sisustussuunnitteluohjelman kehittäminen asiakkaan valintojen avuksi ja myynnin tueksi olisi perusteltua.

Modulaarisuutta ei ole toistaiseksi kohdeyrityksessä lähdetty erikseen kehittämään. Teoria kuitenkin osoittaa, että se on tehokkain tapa nostaa esivalmistusastetta, millä taas on saavutettavissa huomattavaa laadullista ja taloudellista kehitystä. Kohdeyrityksen tulisi selvittää, millaisia konkreettisia hyötyjä tilaelementtien käytöllä asuntotuotannossa voitaisiin saavuttaa ja mitä prosessissa ja tuotteessa tulisi muuttaa, jotta tilaelementtien käyttö olisi mahdollista.

Rakenteiden vakiointiin on kohdeyrityksen pientalotuotannossa tämän tutkimuksen jälkeen hyvät edellytykset. Jatkotoimenpiteenä voisikin olla nyt muutaman hankkeen ajan tulosten seuranta, miten vakiointi vaikuttaa kustannuksiin, laatuun, hankkeen kestoon ja ylipäättään prosessiin ja se hallintaan. Rakennerratkaisut vakioimalla saatiin luotua pientalotuotteesta perusmalli, johon jatkossa toteutettavia kehityshankkeita voidaan verrata. Kohdeyrityksen tuleekin jatkossa säännöllisesti arvioida vakioitua tuotetta, vastaavako rakenteet asiakkaiden vaatimuksia, täytyvätkö viranomaisten asettamat ohjeet ja vaatimukset ja toisaalta voisiko jotkin rakenteet toteuttaa järkevämminkin sekä kehittää vakioitua tuotetta edelleen kehityshankkeiden avulla. Tässä tutkimuksessa rakennerratkaisuja vakioitiin vain kohdeyrityksen pientalotuotteen osalta. Kohdeyrityksellä on kuitenkin runsaasti kerrostalotuotantoa ja vastaava kehityshanke tulisi toteuttaa myös betonirakenteisten kerrostalojen osalta.

Tutkimus saavutti sille asetetut tavoitteet hyvin, vaikkakin vakioitujen rakennerratkaisujen vaikutuksia ja toteutettavuutta käytännössä päästään arvioimaan kohdeyrityksessä vasta seuraavien hankkeiden toteutuksen yhteydessä ja jälkeen. Analyysi kehitysehdotuksilla saavutettavista hyödyistä jäi tässä työssä melko yleisluonteiseksi, sillä kehitysehdotusten vaikutusten arviointiin ei ollut olemassa valmista työkalua eikä sellaisen laatimista tämän tutkimuksen puitteissa nähty mielekkääksi toteuttaa. Jatkotutkimuksena voisikin olla nyt selvitettyjen kehitysehdotusten vaikutusten tarkempi arviointi kohdeyrityksen näkökulmasta sekä strategian laadinta, miten konkreettisella tasolla vakiointia voitaisiin lähteä kohdeyrityksen liiketoiminnassa toteuttamaan.

LÄHTEET

Aaltola, J. & Valli, R. (2010). Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1, 3. painos ed. PS-kustannus, Jyväskylä, 261 p.

Aapaoja, A. & Haapasalo, H. (2015). The Challenges of Standardization of Products and Processes in Construction, 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2014 (IGLC 2014): Understanding and Improving Project Based Production, June 25-27, 2014, Curran Associates, Oslo, pp. 983-993.

Aapaoja, A. & Haapasalo, H. (2014). Standardointi ja esivalmistus teollisessa rakentamisessa, in: Koskenvesa, A., Heloma, T. & Laine, K. (ed.), Rakentajain Kalenteri 2015, Rakennustieto Oy, Helsinki, pp. 110-115.

Ahola, J. (2015). Ohjekirja pientalotyömaan hankintatoimelle, Master's Thesis, Tampere University of Technology, 78 p.

Ahoniemi, L., Mertanen, M., Mäkipää, M., Sievänen, M., Suomala, P. & Ruohonen, M. (2007). Massaräätälöinnillä kilpailukykyä, Teknologiateollisuus ry, Helsinki, Finland, 108 p.

Bechthold, M. (2013). Product and process approachess, in: Piroozfar & Piller (ed.), Mass Customisation and Personalisation in Architecture and Construction, Taylor & Francis Group, Milton Park, Abingdon, Oxon, UK, pp. 175-197.

Benros, D. & Duarte, J.P. (2009). An integrated system for providing mass customized housing, Automation in Construction, Vol. 18(3), pp. 310-320.

Forza, C. & Salvador, F. (2007). Product information management for mass customization, 1.th ed. Palgrave Macmillan, Basingstoke, United Kingdom, 206 p.

Gibb, A.G.F. (2001). Standardization and pre-assembly- distinguishing myth from reality using case study research, Construction Management and Economics, Vol. 19(3), pp. 307-315. Available (accessed Viitattu 23.1.2018): <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446190010020435>.

Heikkilä, L. (2015). Rakennusyrityksen asiakasprosessien kehittäminen, Master's Thesis, Tampere University of Technology, 79 p.

Hvam, L., Mortensen, N.H., Thuessen, C. & Haug, A. (2013). Conceptualising the use of system products and system delievers in the building industry, in: Piroozfar, P. & Piller, F. (ed.), Mass Customisation and Personalisation in Architecture and Construction, Taylor & Francis Group, Milton Park, Abingdon, Oxon, UK, pp. 156-174.

Höök, M. (2008). Lean Culture in Industrialized Housing, dissertation, Luleå University of Technology, 82 p. Available: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:998900/FULLTEXT01.pdf>.

Jensen, J.S., Gottlieb, S.C. & Thuesen, C.L. (2011). Construction sector development: frames and governance responses, *Building Research & Information*, Vol. 39(6), pp. 665-677.

Keskiniva, K., Junnonen, J. & Saari, A. (2018). Virtauttamisen toteutuksen periaatteet ja soveltamismahdollisuudet rakennushankkeissa: Rain-tutkimushankkeen osaraportti 1, Rakennustekniikan laboratorio. Rakennustuotanto ja -talous. Raportti 23, TUT, Tampere, 61 p. Available: <http://dspace.cc.tut.fi/dpub/handle/123456789/25180>.

Koskenvesa, A. (2010). Rakennustyön tuottavuus 1975–2010, in: Anonymous (ed.), *Rakentajainkalenteri 2011, Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL; Rakennustietosäätiö RTS; Rakennustieto*, Helsinki, Finland, pp. 138-146.

Kruus, M. & Kiiras, J. (2007). Suunnittelunohjaus SUKE-mallissa, in: Anonymous (ed.), *Rakentajainkalenteri 2007*, Rakennustieto Oy, Helsinki, Finland, pp. 370-382.

Leinonen, J. (2015). Käytönopastus perustajaurakoinnissa, Master's Thesis, Tampere University of Technology, 65 p.

Partanen, J. & Haapasalo, H. (2004). Fast production for order fulfillment: Implementing mass customization in electronics industry, *International Journal of Production Economics*, Vol. 90(2), pp. 213-222.

Pasquire, C.L. & Connolly, G.E. (2002). Leaner Construction Through Off Site Manufacturing, *Proceedings of Conference of the International Group for Lean Construction*, August 6-8, 2002, IGLC, Gramado, Brazil, pp. 13.

Pasquire, C.L. & Gibb, A.G.F. (2002). Considerations for Assessing the Benefits of Standardisation and Pre-Assembly in Construction, *Emerald*, 24 p. Available: <https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/9020/1/2002%20Pasquire%20%20Gibb%20J-FMPC%20SP%20paper.pdf>.

Piller, F. (2004). Mass Customization: Reflections on the State of the Concept, *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 16(4), pp. 313-334.

Pine, B.J. (1993). *Mass customization : the new frontier in business competition*, Harvard Business School, Boston, Massachusetts, USA, 333 p.

Ratamäki, H. Moduulirakentaminen säästää aikaa ja rahaa Tampereen rantatunnelissa, LCI Finland, web page. Available (accessed Viitattu 12.1.2018): <http://lci.fi/blog/tuloskortti/moduulirakentaminen/>.

Raudasoja, M. (2016). Asuinrakennushankkeen dokumenttien hallinta ja arkistointi, Master's Thesis, Tampere University of Technology, 67 p.

Salvador, F., de Holan, P., Martin & Piller, F., T. (2009). Cracking the Code of Mass Customization, *MIT Sloan Management Review*, Vol. 50(3), pp. 71-77.

Syri, N. (2015). Hankintalähtöinen toteutussuunnittelun toimintamalli asuinrakentamisen projektinjohtohankkeissa, Master's Thesis, Tampere University of Technology, 52 p.

Tang, G. & Tseng, M., M. (2013). Economic analysis of customised apartments, in: Piroozfar & Piller (ed.), *Mass Customisation and Personalisation in Architecture and Construction*, Taylor & Francis Group, Milton Park, Abingdon, Oxon, UK, pp. 258-278.

Teriö, O. (2002). Betonirakentamisen esivalmistusasteen nosto, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Tampere, 68 p.

Thuesen, C., Jensen, J., Stissing & Gottlieb, S., Christoffer (2013). Enabling mass customisation in construction - making the long tail work, in: Piroozfar & Piller (ed.), *Mass Customisation and Personalisation in Architecture and Construction*, Taylor & Francis Group, Milton Park, Abingdon, Oxon, UK, pp. 394-414.

Westerholm, T. (2013). Stylemachine - case study: mass tailoring the housing block apartments on the internet, in: Piroozfar & Piller (ed.), *Mass Customisation and Personalisation in Architecture and Construction*, Taylor & Francis Group, Milton Park, Abingdon, Oxon, UK, pp. 376-393.

LIITE A: TEEMAHAASTATTELUN KYSYMYKSET

Kaikki kysymykset käsittelevät yksinomaan T2H:n puurunkoista rivitalotuotetta.

PERUSTUKSET

Mikä on kustannustehokkain perustamistapa? Voisiko syvästabilointia harkita paalutuksen sijaan?

Mitä paalutyyppejä käytetään? TB-paalu vai teräspalkkipaalu? Entä miten liitos perustukseen tulee toteuttaa?

Miten SK-laatta tulee perustaa?

Miten perustus tulee toteuttaa? Voisiko sokkelin tehdä elementtinä tai muurata harkoista?

Lattiatyyppi? Eriste ontelon alla + lämpölattia, käännettylattia, maakostean betonin käyttö lattiavaluissa?

ULKOSEINÄT

Ulkoseinän tyyppi; onko 200 + 50 jatkossakin? Voisiko tuulensuojalevyn korvata tuulensuojapaperilla?

Rakenteiden ilmantiiveys? Ikkunoiden ja ovien tiivistys? Tulisiko höyrynsulkumuovi liittää myös HV-seinään? Perustuksen ja sokkelin liitos on koettu ilmatiiveyden kannalta ongelmalliseksi, miten se tulisi toteuttaa?

HV SEINÄT

HV-seinän materiaali? Puusta vai betonista? Seinän paksuus ja rakennekerrokset? Putkiläpiviennit HVS? Miten äänieristys toteutuu eri HVS-tyypeillä?

Märkätilojen seinämateriaali; ACO, kipsi, muuraus?

Väliseinätolppien materiaali? Teräsranka vai kertopuutolpat? Tuleeko seinissä käyttää EK-kipsilevyjä?

DETALJIT

Vesikatemateriaali? Onko betonitiili jatkossakin?

Ulkoerhousen detaljiikka? Ikkunoihin pelkät sivusmyygit vai pielilaudat? Kitalaudat, räystäsdetaljit, tippapelti...

ULKOASU

vastaako tätä päivää? Mielikuvat ja myytävyys?

LIITE B: TEEMAHAASTATTELUIDEN YHTEENVETO

Haastattelijana Johan Pellikka

Kaikki kysymykset käsittelevät yksinomaan T2H:n puurunkoista rivitalotuotetta.

PERUSTUKSET

Mikä on kustannustehokkain perustamistapa? Voisiko syvästabilointia harkita paalutuksen sijaan?

Mitä paalutyyppejä käytetään? TB-paalu vai teräsputkipaalu? Entä miten liitos perustukseen tulee toteuttaa?

Miten SK-laatta tulee perustaa?

Miten perustus tulee toteuttaa? Voisiko sokkelin tehdä elementtinä tai muurata harkoista?

Lattiatyyppi? Eriste ontelon alla + lämpölattia, käännettylattia, maakostean betonin käyttö lattiavaluissa?

Haastateltavat olivat yksimielisiä siitä, että rakennus tulee perustaa maanvaraisena, mikäli se on pohjaolosuhteiden osalta mahdollista. Mikäli maapohja ei salli maanvaraista perustusta, rakennus perustetaan tukipaaluille. Syvästabilointi painuu pitkän ajan kuluessa ja lisäksi painumat ovat mahdollisesti epätasaisia, joten se ei ole rakennuksen perustamisessa vaihtoehto. Puurakenteisissa pientaloissa kuormat ovat pieniä, joten teräsputkipaalu on kustannustehokkain paalu. Sitä puoltaa myös kevyt paalutuskalusto, joka ei tarvitse erillisiä murskepetejä. Betonipaalu on poikkimitaltaan teräspaalua isompi, joten se tarvitsee leveämmän anturan. Tämäkin puoltaa teräsputkipaalun valintaa. Teräsputkipaalujen betonointi jakoi haastateltavien mielipiteitä. Osa haastateltavista näki betonoinnin liiallisena varmisteluna ja turhana ylimääräisenä kustannuksena. Riittävä varmuus korroosiota vastaan voitaisiin todentaa myös määrittämällä maaperän savien sulfidipitoisuus. Osa haastateltavista taas näki teräspaalujen betonoinnin kustannukset pieninä suhteessa mahdollisiin paalujen korroosiosta aiheutuviin rakennusten painumiin. Eräs haastateltava totesi, että koska alle kolmemetriset paalut tulee toteuttaa määräysten mukaan porapaaluina, voi joissakin tapauksissa olla edullisempaa korvata lyhyet paalut massavaihdolla.

Paaluperusteisissa kohteissa antura on haastateltavien mukaan kustannustehokkain toteuttaa paikallavalurakenteena. Tällöin paalun ja anturan liitos muodostuu luonnollisesti

betonivalun yhteydessä. Lisäksi paikallavaluanturoihin on hyvä urakoitsijatilanne ja kilpailua on mukavasti, mikä laskee saatuja urakkatarjoushintoja. Maanvaraisissa kohteissa elementtirakenteista sokkeliä voi tapauskohtaisesti harkita. Se on hieman paikallavalusokkeliä nopeampi toteuttaa, mutta sen hinta vaihtelee merkittävästi elementtitehtaiden tilauskantojen perusteella. Eräs haastateltava totesi sokkelitilauksen olevan lisäksi niin pieni, etteivät suurimmat toimittajat lähde todennäköisesti edes tarjoamaan niitä ja myös hinta pienestä tiluserästä johtuen nousee melko korkeaksi. Harkoista muurattu sokkeli ei haastateltavien mukaan ole kustannustehokas vaihtoehto.

Sisäänkäyntilaatta paaluperusteisissa kohteissa perustetaan tukilaatan päälle ja tukilaatta puolestaan toteutetaan paikallavalurakenteena tukipaalujen varaan. Tukipaalun ja elementtinä toimitettavan sisäänkäyntilaatan väliin tulee routaeristeet ja murskepatja siten, että sisäänkäyntilaatta saadaan asennettua täsmälleen oikeaan korkoon. Tämä on erityisen tärkeää, koska kattorakenteet kannatetaan osittain sisäänkäyntilaatan päältä, joten sisäänkäyntilaatan korkoasema suhteessa rakennuksen korkoon on todella tarkka. Mikäli kohde on maanvaraisesti perustettu, ei erillistä tukilaattaa tarvita.

Toimivimman lattiatyypin ja alapohjan kohdalla haastateltavien mielipiteissä oli hajontaa. Kaksi haastateltavaa oli ehdottomasti perinteisen lattiarakenteen kannalla, missä alapohjan eriste sijaitsee ontelolaatan alapuolella, kaksi vastaajista ei osannut sanoa tarkasti mikä olisi paras vaihtoehto ja yksi vastaajista kannatti käännettyä lattiarakennetta, jossa eriste asennetaan ontelolaatan päälle. Hän mainitsi käännetyyn lattian olevan kustannustehokas vaihtoehto erityisesti, jos lattiavalu toteutetaan maakostealla betonimassalla. Tällöin kuivumisaika on lyhyt ja pinnoituskosteuteen päästään jopa parissa viikossa ilman kuivureitakin. Maakostealla betonimassalla valettaessa pintalaatan ei ole havaittu merkittävästi käyristyvän, mikä on tavanomaisilla betonilaaduilla valettaessa ollut ongelmana. Ontelolaatan alapuolisen eristeen kannattajat perustelivat näkemystään rakenteiden selkeydellä, kun kaikki talotekniikka kulkee yläpohjassa. Lisäksi se on tuttu menetelmä, josta löytyy hyviä kokemuksia jo aiemmin ja joka osataan toteuttaa varmasti huolellisesti ja oikein.

Maakostean betonimassan käyttö ei saanut laajaa kannatusta haastateltavien keskuudessa, yksi kannatti, kaksi vastustivat ja kaksi ei osannut ottaa asiaan kantaa. Maakostean betonimassan käyttöä vieroksuttiin sitä tekevien urakoitsijoiden pienuuden ja harvalukuisuuden johdosta. Toteuttajia on markkinoilla tällä hetkellä vain kaksi, jotka molemmat ovat pieniä yrityksiä, joilla ei ole merkittävää riskinkatokykyä. Jos lattiavalu epäonnistuu radikaalisti, jää riski perustajaurakoitsijan kannettavaksi. Lisäksi menetelmää pidettiin epäammattimaisena ja lopputulosta tavanomaisilla betonimassoilla tehtyjä valuja heikompana. Lyhyeen kuivumisaikaan päästään vastaajien mukaan kyllä tavanomaisilla betonimassoillakin, kun vain varmistetaan betonille kunnolliset kuivumisolosuhteet. Eräs vastaaja totesi plaano + lämpölatia- vaihtoehdon olevan varmempi, kuin maakostealla betonimassalla valetun lattian. Lisäksi plaanon tekijöitä on paljon, joten hinta on kilpailtu.

ULKOSEINÄT

Ulkoseinän tyyppi; onko 200 + 50 jatkossakin? Voisiko tuulensuojalevyn korvata tuulensuojapaperilla?

Rakenteiden ilmantiiveys? Ikkunoiden ja ovien tiivistys? Tulisiko höyrinsulkumuovi liittämään myös HV-seinään? Perustuksen ja sokkelin liitos on koettu ilmatiiveyden kannalta ongelmalliseksi, miten se tulisi toteuttaa?

Haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että nykyisin käytetty ulkoseinän perusrakenne, missä on 200mm runko, 50mm sisäpuolisella koolauksella ja höyrinsulkumuovi kuljetetaan rungon ja sisäkoolauksen välissä, on hyvä. Monissa vastauksissa korostettiin rakenteen olevan hyvä sen laajan toteuttajakunnan vuoksi. Useimmat puuelementtitehtaat pystyvät ja haluavatkin tehdä kyseistä seinäelementtiä, joten kilpailun vuoksi hinta saadaan edulliseksi. Eräs haastateltava mainitsi myös kyseisen rakenteen täyttävän ulkoseinärakenteille asetetut U-arvo vaateet, eikä määräyksiä paremman U-arvon tavoittelemisen ole enää perusteltua. Ulkoseinän eristepaksuutta kasvattamalla ei juurikaan pystytä enää rakennuksen energiatehokkuutta parantamaan.

Haastateltavat suhtautuivat erittäin varovaisesti ajatukseen ulkoseinän ulkopinnan tuulensuojalevyn korvaamisesta tuulensuojapaperilla kustannussäästön vuoksi. Kustannusero tuulensuojapaperin ja tuulensuojakipsilevyn välillä ei ole niin merkittävä, että olisi perusteltua lähteä hyväksi havaittua ulkoseinärakennetta muuttamaan. Lisäksi se saattaisi rajoittaa mahdollisia puuelementtitoimittajia, joten sitäkin kautta puuelementtien hankintahinta mahdollisesti jopa nousisi sen sijaan että tavoitteiden mukaan laskisi. Muutamassa vastauksessa myös todettiin tuulensuojakipsilevyjen olevan merkittävä tekijä rakennuksen jäykistyksen kannalta, ja mikäli kipsilevyt korvattaisiin paperilla se edellyttäisi lisäjäykisteiden lisäämistä elementteihin, mikä jälleen nostaisi kustannuksia.

Rakenteiden ilmatiiveys on yleisesti hyvä ja huolellisella toteutuksella vaadittuun ilmapuotolukuun päästään. Eräs vastaaja totesi, että määräysten mukaisuus on tavoitetaso, eikä tätä parempiin arvoihin pyrkiminen ole taloudellisesti perusteltua. Haastaviksi paikoiksi ilmatiiveyden kannalta koettiin erityisesti sokkelin ja ulkoseinän liitos, ikkunoiden ja ovien pielet sekä ulkonurkat. Muutama haastateltava totesi, että ilmapuotolukua voitaisiin parantaa limittämällä höyrinsulkumuovi huoneistojen väliseen seinään sen sijaan, että kuljetetaan muovi hv-seinän ylitse. Myös hv-seinän alareunan kittausta pidettiin välttämättömänä ennen lattiavalua. Näillä toimilla saataisiin ilmapuotoja huoneistojen välillä rajoitettua. Ikkunoiden ja ovien ympäri kittausta tai teippaus ja riittävän pitkä limitus, jotta rakenteesta tulee todella ilmatiivis eikä vedontunnetta synny. Sokkelin ja ulkoseinän liittymässä höyrinsulkumuovi tulee kuljettaa lattiaeristeiden alle riittävän pitkälle, jotta ilmatiiveys varmasti saavutetaan. Sokkelin pystyeristettä tulee viistää, jotta höyrinsulkumuovi saadaan vietyä siististi. Lattiavalu tulee erottaa irrotuskaistalla seinästä ja

vaakakoolauksen alle jäävä 50mm kolo tulee täyttää esimerkiksi uretaanivaahdolla. Eräs haastateltava toi esiin ulko-oven tukemistarpeen. Kynnys jää osittain tyhjän päälle, jos lattiavalua ei saada ulotettua kunnolla kynnyksen alle. Hän mietti, voisiko kynnyksen tuke jotenkin, jo ennen valua?

HV SEINÄT

HV-seinän materiaali? Puusta vai betonista? Seinän paksuus ja rakennekerrokset? Putki-läpiviennit HVS? Miten äänieristys toteutuu eri HVS-tyypeillä?

Märkätilojen seinämateriaali; ACO, kipsi, muuraus?

Väliseinätolppien materiaali? Teräsranka vai kertopuutolpat? Tuleeko seinissä käyttää EK-kipsilevyjä?

Huoneistojen välisen seinän materiaali oli usealle haastateltavalle monitahoinen asia, eikä selvää mielipidettä ollut. Puuseinä miellettiin edullisemmaksi, sillä se ei tarvitse erillistä perustusta, vaan se voidaan toteuttaa elementtinä suoraan ontelolaataston päältä. Puuseinää pidettiin myös yhdenmukaisena ja liittymien osalta betoniseinää selkeämpänä. Betoniseinässä ääneneristys puuseinää parempi. Puuväliseinien valintaa puoltaa myös betoniseinän raskaus ja sen vuoksi vaadittu järeämpi nostokalusto, mikä taas edellyttää isompia nosturipetejä ja nostaa näin kustannuksia.

Märkätilojen seinämateriaalista haastateltavat eivät olleet täysin yksimielisiä. Kertopuuranangoilla ja märkätilakipsilevyillä olisi kenties halvin toteuttaa seinät. ACO-elementin käyttöä perustellaan myytävyydellä ja varmuudella. Märkätiloissa kiveä pidetään varmempana ja laadukkaampana rakenteena, kuin kipsilevyseinää ja siten sen käyttö luo kipsilevyä laadukkaamman mielikuvan rakenteesta ja näin parantaa myytävyyttä ja toisaalta myös pienentää kosteusongelmien riskiä. Tosin eräs haastateltava kyseenalaisti myytävyyden parantuneen ja totesi, etteivät asukkaat olleet hänen kokemuksensa mukaan osoittaneet erityistä kiinnostusta märkätilojen seinämateriaalia kohtaan eikä hän uskonut sen vaikuttaneen kenenkään ostopäätökseen. Hän totesi myös, että ACO-elementtien myyjällä on monopoli asema ja lisäksi omat asentajat, mistä johtuen hinta hieman korkea. Olisi selkeämpi, jos kaikki väliseinätyöt tekisi sama urakoitsija, eikä märkätilojen väliseinille olisi omaa asennusryhmää. Eräs haastateltava myös pelkäsi ACO-seinien takaisen höyrynsulkumuovin kestävyysjohdosta. Hän pelkäsi, että kosteusongelmalta suojautumisen sijaan ACO-elementtiä käyttämällä voisimme jopa altistaa seinärakenteen kosteusongelmalle, mikäli elementin asennuksen aikana vahingossa höyrynsulkumuovi rikkoutuu. Eräs vastaaja totesi, että saunan ja eteisen välinen seinä tulisi tehdä kokonaan samasta materiaalista, eikä materiaalia tule vaihtaa kesken seinän kivistä kipsilevyyn, kuten joissakin tapauksissa on käynyt.

Väliseinätolpat hyvä tehdä haastateltavien mukaan teräsrangalla ja väliovien pielet kertosuusta. Väliseinän alajuoksuna voi käyttää korkeaa teräksistä U-profiilia, jolloin listatuksia ei tarvita, mutta eräs vastaaja koki tämän ratkaisun epävarmana ja piti listatuilla saavutettua lopputulosta parempana. Mikäli märkätilojen väliseinät tehdään kipsilevyillä, tulee korkeissa laatoitettavissa seinissä käyttää kertopuutolppaa. Elementeissä on hyvä kipsilevyjen kestävyuden vuoksi käyttää erikoiskovaa kipsilevyä, mutta väliseinissä EK-levyn käytölle ei nähty tarvetta, vaan normaalilujuinen levy on parempi.

DETALJIT

Vesikatemateriaali? Onko betonitiili jatkossakin?

Ulkoverhouksen detaljiikka? Ikkunoihin pelkät sivusmyygit vai pielilaudat? Kitalaudat, räystäsdetaljit, tippapelti...

Haastateltavien mielestä betonitiili on vesikatemateriaalina paras. Se on runsaan urakoitsijakunnan johdosta kilpailtu ja siten edullinen, se on äänetön, huoltovarma, siitä on asukkaillakin laadukas mielikuva ja se on tiilijäljitelmä-peltiä arvokkaamman näköinen.

Ikkunan ja ovien pielissä pielilaudan käyttö smyygilaudan lisäksi perusteltua. Lopputulos on siistimpi, korjausten ja valitusten määrä vähenee eikä pielilaudan lisääminen urakkaan vaikuta urakkasummaan millään tavalla tosin, kuin jälkikäteen niiden asentaminen. Räystään ulkonurkkien tuennan toteuttaminen ”viuhkalla” on havaittu hyväksi. Kitalaudat tulee toteuttaa pätkissä, ei loveuksia, ja niiden alle yksi yhtenäinen pitkä rima. Näin saadaan siisti lopputulos. Eräs vastaaja korosti, että detaljit tulee toteuttaa RT-korttien ohjeiden mukaisesti, niin laatu saadaan hyväksi.

Sisäänkäyntilaattojen vemojen paikkaus? Betonikorjaukset rumia ja sävyero jää aina. Olisiko vemon tulppaus vaihtoehto? Sisäänkäyntilaatan varastokopin toteutuksessa runsaasti ongelmia. Varastokopista saatava ehdottomasti kunnolliset suunnitelmat.

ULKOASU

vastaako tätä päivää? Mielikuvat ja myytävyys?

Haastateltavien mielipiteet ulkoasusta vaihtelivat jonkin verran. Osan mielestä ulkoasu on harkittu ja myyvä, osa taas koki, että parannettavaa on vielä runsaasti. Osa vastaajista käyttäisi ulkoverhouksessa 23mm paneelia, joka on hieman halvempi, nyt käytetty 28mm paksua. Osa taas käyttäisi tuplaponttipaneelia, jotta paneelit eivät käyristyisi ja ulkoverhous olisi siistimpi. Paksumman paneelin käyttöä perustellaan ohutta paremmalla maalipinnan kestävyydellä. Lisäksi paksu paneeli elää ohutta vähemmän ja näin ollen ulkoasu säilyy laadukkaampana. Eräs vastaaja mainitsi, että julkisivuissa tulisi olla isoja selkeitä kenttiä yhdellä paneelityypillä ja värillä, jolloin ulkoasu olisi selkeä, liittyviä olisi vähemmän ja siten ulkoverhous olisi varmempi toteuttaa. Hän myös mainitsi, että paneelit

tulee olla peittomaalattuja, maalin tulee olla laadukasta ja lisäksi tummia sävyjä tulee välttää. Toinen vastaaja totesi vaalean paneelin kestävän tummaa paremmin aurinkoa ja vaalean paneelin myös käyristyvän tummaa vähemmän. Korkeita seinäkkeitä kritisoitiin. Ne koettiin huteriksi, kieroiksi ja vaikeiksi toteuttaa sekä lisäksi roikkuvan näköisiä ja antavat halvan vaikutelman. Päädyn tuenta seinäkkeissä olematonta, kun päädyn terästankoa ei ole kannatettu mistään, ainoastaan kaivettu maahan. Seinäkkeitä tulisi kehittää toimivampaan suuntaan.

Eräs vastaaja vaihtaisi betoniset terassilaatat puuterassiin. Hänen mukaansa hinnassa ei ole juurikaan eroa, kun terassi toteutettaisiin elementtinä, keinumista ei ole, kun routaeristys ulotetaan riittävän pitkälle eikä normaali puun kulumineenkaan kuulu 10-vuotisivastuiden piiriin. Lopputulos olisi nykyistä siistimmän näköinen ja myyvämpi. Muut vastaajat pitivät puuterassia hieman riskialttiina vaihtoehtona. He epäilivät puuterassien olevan jatkuvien korjausten kohteena ja aiheuttavan vain lisätyötä. Eräs vastaaja korosti yrityksen idean olevan kohtuuhintaisissa asunnoissa ja toiminnan painopisteen olevan sisätiloissa, eikä näin ollen hintavan ulkoterassin toteuttaminen mahdu oikein yrityksen liikeidean piiriin.

Eräs vastaaja totesi asuntojen myytävyyden olevan kohdallaan ainakin myynnistä päätellen. Hän totesi, ettei isolla asuntotuotantomäärällä yksittäisen kohteen katetta voi lähteä maksimoimaan, vaan ratkaisussa tulee edetä asuntojen myytävyyttä edellä. Hän jatkoi, että kustannustehokkuudessa tulee huomioida myös tulopuoli, eikä rakenteiden optimoinnilla saa olla myytävyyttä heikentävää vaikutusta, vaan tulee huomioida myös materiaalien ja rakenneratkaisujen herättämät mielikuvat. Asunto on asukkaille usein elämän suurin investointi, eivätkä ihmiset halua sijoittaa omaisuuttaan pilottikohteisiin tai epävarmoihin innovaatioihin.

Onko ongelmatilanteissa ennemmin kyse heikoista suunnitelmista vai kokonaan puuttuneesta suunnitelmasta?

Haastateltavien mukaan ongelmatilanteissa on sekä huonoja suunnitelmia, että suunnitelmapuutteita. Eräs vastaaja epäili suunnittelijoiden kopioivan vain suunnitelmia vanhoista kohteista ilman, että vaivautuvat edes tarkastamaan kuviaan. Hän peräänkuulutti suunnittelijoilta enemmän vastuuta suunnitelmistaan, suunnitelmien huolellista tarkastamista ja parempaa suunnitelmien yhteensovittamista. Hän myös kritisoi suunnitteluaikeita. Usein työmaalla joudutaan kerjäämään suunnittelijoilta suunnitelmia, sen sijaan, että ne toimitettaisiin hyvissä ajoin ennen kunkin työvaiheen aloittamista projektipankkiin. Useat vastaajat peräänkuuluttivat huolellista ennako valmistelua ja työmaahenkilöstön osallistamista suunnittelun ohjaukseen, jotta suunnitelmista löydetään mahdollisia virheitä ja kehityskohtia mahdollisimman paljon ennen rakentamisen aloitusta. Näin saadaan lisä- ja muutostyökuluja hankkeista vähennettyä ja työnjohto voi rakennusvaiheessa ongelmien ratkaisun sijaan keskittyä tuotannonohjaukseen ja työsuoritusten valvontaan.