Tampereen yliopisto

Anton Pulkkinen

KORKEAN RAKENTAMISEN SUUNNITTELUN JOHTAMINEN HANKEKEHITYSVAIHEESSA

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Tarkastajat: Professori Arto Saari,
Väitöskirjatutkija Ulrika Uotila
Kesäkuu 2020

TIIVISTELMÄ

Anton Pulkkinen: Korkean rakentamisen suunnittelun johtaminen hankekehitysvaiheessa
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Vastuuohjaaja ja tarkastaja: Professori Arto Saari
Tarkastaja: Väitöskirjatutkija Ulrika Uotila
Kesäkuu 2020

Korkean rakentamisen yleistyminen Suomessa on herättänyt tarpeen tarkastella niiden ominaispiirteitä ja vaikutuksia suunnittelun johtamiseen. Korkeiden rakennusten suunnitteluun liittyy haasteita, joita ei esiinny tavanomaisten matalien rakennusten kohdalla. Ne aiheuttavat siten haasteita johtaa suunnittelua tehokkaasti läpi hankkeen ja laatia suunnitelmasta tavoitteiden mukainen kokonaisuus. Suunnittelun johdon keinoin varmistetaan hankkeelle toimiva ja tavoitteiden mukainen lopputulos, mutta keinot sen toteutukseen on määriteltävä ennen hankkeeseen ryhtymistä. Tutkimuksen tavoitteena oli tunnistaa korkean rakentamisen suunnittelua haastavat tekijät ja ehdottaa toimintaa tehostavia menetelmiä havaittuihin keskeisiin ongelmiin. Tutkimuksen tarkoitus on ensisijaisesti palvella hankkeiden suunnittelun hallinnasta vastaavia, mutta myös kaikkia muita korkeiden rakentamisen suunnittelussa mukana olevia osapuolia.

Tutkimuksen kirjallisuustutkimuksessa käsiteltiin kahta eri teemaa. Ensin korkea rakentamista ja sen suunnitteluun vaikuttavia ominaispiirteitä. Lähdemateriaali koostui useista korkeaa rakentamista käsittelevistä lähteistä. Toisessa osuudessa tarkasteltiin suunnittelun johtamista rakennusalan yleisen kirjallisuuden kautta. Suunnittelun johtamista käsiteltiin tutkimuksessa osatekijöidensä kautta, joita ovat organisointi, ohjaus, valvonta ja koordinointi. Tämän jälkeen käsiteltiin suunnittelun johtamisen toimintaa kehittäviä menetelmiä alalla julkaistuja aikaisempia tutkimuksia tarkastellen. Tarkastelu keskittyi rakennuksen joustavuutta tehostavan avoin rakentaminen -periaatteeseen, toteutussuunnittelun suunnitelma- ja hankintajakoa selkeyttävään suunnitelmapaketti -periaatteeseen sekä kompleksisen järjestelmän ohjaukseen tarkoitettuun takaisinkytkentä -periaatteeseen.

Tutkimuksen kirjallisuustutkimuksen lisäksi suoritettiin haastatteluja, joihin osallistui rakennusalan asiantuntijoita. Kaikilla haastateltavilla oli kokemuksia korkea rakentamisesta. Haastatteluissa käsiteltiin kolmea eri teemaa, joita olivat korkean rakentamisen haasteet suunnitteluun yleisesti, suunnittelun johtamisen haasteet ja tutkimuksessa tarkasteltujen teorioiden soveltuvuus. Haastatteluissa esiin nousseet asiat liittyivät pääasiassa korkean rakentamisen teknisiin ominaispiirteisiin sekä monipuolisen asiantuntijaryhmän toiminnan hallintaan ja päätöksentekoon.

Korkean rakentamisen suunnittelun johtamisen tehostamiseksi ehdotetaan avoimen rakentaminen ja suunnitelmapaketti periaatteiden soveltamista korkean rakentamisen ominaispiirteiden mukaisesti sekä takaisinkytkentä -periaatteen noudattamista tutkimuksessa ehdotettujen pelisääntöjen mukaisesti. Avoimen rakentamisen soveltamisessa korostuu kiinteiden ja muuntuvien osien rajapintojen tarkka määrittely hankkeen alussa sekä kiinteiden osien suunnitteluun panostaminen heti hankkeen alkuvaiheessa. Suunnitelmapakettien muodostamista tulee aikaistaa ja niiden tulee tukea avoimen rakentamisen periaatteita. Takaisinkytkennän soveltamisessa keskeistä on sen hallinta, jotta siihen liittyvä iteraatio tuottaa hankkeen kannalta perusteltuja päätöksiä.

Avainsanat: Korkea rakentaminen, suunnittelun johtaminen, avoin rakentaminen, suunnitelmapaketit, takaisinkytkentä

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Anton Pulkkinen: Design management of high-rise buildings at development phase
Master of Science Thesis
Tampere University
Degree Programme in Civil Engineering
Responsible Supervisor and Examiner: Professor Arto Saari
Examiner: Doctoral Student Ulrika Uotila
June 2020

The proliferation of high-rise building construction in Finland has raised the need to examine their characteristics and effects on design management. The design of tall buildings involves challenges that do not occur with conventional low-rise buildings. Tall buildings pose challenges to lead planning effectively through the project and form a plan that meets the objectives. The means of design management ensure a functional and objective result for the project but the means for its implementation must be determined before the project is undertaken. The aim of the study was to identify the factors challenging construction design and to propose methods to prevent the identified key problems. The purpose of the study is primarily to serve those responsible for managing design but also all other parties involved in the design of high-rise buildings.

The study's literature review addressed two different themes. First, the high-rise building and the characteristics that affect its design. The source material consisted of several sources on high-rise building. The second section examined design management through the general literature in the construction industry. Design management was addressed in the study through its components which are organization, guidance, control, and coordination. Methods for developing design management activities were then examined in the light of previous studies published in the field. The review focused on the open building principle which enhances the flexibility of the building, the plan package principle clarifying the division of plans and procurement at the detailed design and the feedback principle for the control of the complex system.

In addition to the literature review of the study, interviews were conducted with the participation of construction experts. All interviewees had experiences with high-rise building construction. The interviews addressed three different themes which were high-rise construction challenges to design in general, design management challenges, and the applicability of the theories considered in the study. The issues raised in the interviews were mainly related to the technical characteristics of high-rise building and the management and decision-making of a diverse group of experts.

In order to increase the efficiency of high-rise building design management, it is proposed to apply the principles of open building and plan packages in accordance with the characteristics of high-rise building and to follow the feedback principle in accordance with the rules proposed in the study. In the application of open building, the emphasis is on the precise definition of the interfaces of base building and infill parts at the beginning of the project, as well as investing in the design of base building at the very beginning of the project. The formation of plan packages should be done earlier and they must support the principles of open building. Central to the application of feedback is its management so that the associated iteration produces informed decisions for the project.

Keywords: high-rise building, design management, open building, plan packages, feedback

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty opinnäytetyöksi Tampereen yliopistolle. Diplomityön aihe on muodostettu yhteistyössä tutkimuksen tilanneen rakennusyritys YIT Suomi Oy:n kanssa.

Kiitän tutkimuksen ohjauksesta DI Jukka Viinamäkeä ja Professori Arto Saarta. Haluan myös kiittää kaikkia asiantuntijoita, jotka osallistuivat tutkimuksen haastatteluun sekä asiantuntijoita Kai Gulinia, Goran Josipovicia ja John Parkeria asiantuntevista kommenteista kirjallisuustutkimuksen osa-alueisiin. Lopuksi haluan kiittää vanhempiani kaikesta tuesta, mitä olen opiskelujeni aikana heiltä saanut sekä opiskelukavereitani kaikista yhteisistä vuosista koulussa ja vapaa-ajalla.

Helsingissä, 3.6.2020

Anton Pulkkinen

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO 1
1.1 Tutkimuksen tausta 1
1.2 Tutkimuksen tavoitteet 2
1.3 Tutkimuksen rajaukset 3
1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne 3
2. KORKEAN RAKENTAMISEN OMINAISPIIRTEIDEN TARKASTELU 6
2.1 Korkea rakentaminen käsitteenä 6
2.2 Korkean rakentamisen historia 7
2.3 Korkea rakentaminen globaalissa toimintaympäristöissä 8
2.4 Korkean rakentamisen periaatteet Suomen toimintaympäristössä 10
2.5 Korkeiden rakennusten toimintamallit 11
2.6 Korkean rakentamisen suunnittelua ohjaavat haasteet 15
2.6.1 Pohjaolosuhteet ja perustukset 16
2.6.2 Kantavan rungon rakenneratkaisut ja materiaalit 19
2.6.3 Julkisivut 26
2.6.4 Tuulikuorma ja tuulisuus 28
2.6.5 Hormi-ilmiö 31
2.6.6 Talviolosuhteet 32
2.6.7 Eko- ja energiatehokkuus 32
2.6.8 Vertikaalinen liikenne 33
2.6.9 Paloturvallisuus ja poistumistiet 35
2.7 Suunnittelun vaikutus kustannuksiin 37
2.7.1 Korkeuden vaikutus kustannuksiin 38
2.7.2 Korkeuden kustannusvaikutukset Suomessa 44
2.8 Yhteenveto korkean rakentamisen vaikutuksista suunnitteluttamiseen 46
3. SUUNNITTELUN JOHTAMINEN HANKEKEHITYSVAIHEESSA 48
3.1 Suunnittelun johtaminen 50
3.2 Suunnittelun johtamisen haasteita yleisesti 53
3.3 Suunnittelun johtamista kehittävien menetelmien tarkastelu 56
3.3.1 SUKE-malli 56
3.3.2 Takaisinkytkentä 63
4. ASIANTUNTIJAHAASTATTELUT 66
4.1 Asiantuntijahaastattelun suunnittelu ja toteutus 66
4.2 Haastateltavat 67
4.3 Haastattelujen tulokset 68
4.3.1 Korkean rakentamisen suunnitteluun liittyvät yleiset haasteet 68
4.3.2 Suunnittelun johtaminen korkeissa rakennushankkeissa 71
4.3.3 Kirjallisuustutkimuksessa tarkasteltujen menetelmien soveltuvuus korkean rakentamisen suunnittelun johdon kehittämiseen 78

5. EHDOTUKSET KORKEAN RAKENTAMISEN SUUNNITTELUN JOHDON TOIMINNAN KEHITTÄMISEKSI 83
5.1 Ehdotukset korkean rakentamisen suunnittelun johtamisen tehostamiseksi 83
5.1.1 Avoimen rakentamisen soveltaminen 83
5.1.2 Suunnitelmapaketit 86
5.1.3 Muutostenhallinta 89
5.2 Edellytykset toimintaa tehostavien menetelmien käyttöön 91
6. TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA 93
6.1 Tavoitteiden asetus ja saavuttaminen 93
6.2 Kirjallisuustutkimuksen arviointi 94
6.3 Haastattelutulosten arviointi 94
6.4 Tutkijan ehdotusten arviointi 96
7. JOHTOPÄÄTÖKSET 98
LÄHTEET 100
LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET 105

LYHENTEET JA MERKINNÄT

Big Room	Työskentelytapa, jossa hankkeen osapuolet kehittävät ratkaisuja yhdessä samassa tilassa
CTBUH	Council on tall buildings and urban habitat
Eurokoodit	Kantavien rakenteiden suunnittelustandardeja
Hankekehitysvaihe	Rakennushankkeen vaihe, joka käsittää hanke-, yleis-, ehdotus- ja toteutussuunnitteluvaiheet.
m^2	Neliömetri
MRL	Maankäyttö- ja rakennuslaki
PJ-rakentaminen	Projektinjohtorakentaminen
RAKLI	Kiinteistöalan yhteistyöjärjestö
RT-kortisto	Rakennusalan monipuolinen tietojärjestelmä
SUKE-tutkimus	Suunnittelujärjestelmän kehittäminen talonrakennuksen projektinjohtototeutuksessa -tutkimus on Teknillisen korkeakoulun vuonna 2003-2007 toteuttama konstruktiivinen tutkimus.
TATE	Talotekniikka
YIT Suomi Oy	Suomalainen rakennusalan yritys

1. JOHDANTO

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen tausta, joka toimii pohjustuksena tutkimuksen tarpeellisuudelle. Luvussa käsitellään myös tutkimuksen tavoitteet, rajaukset ja tutkimuksen menetelmät sekä rakenne. Tutkimuksen on tilannut YIT Suomi Oy, joka on halunnut tutkimuksen kautta saada toimintaa kehittäviä ratkaisuja korkeiden rakennusten suunnittelun johtamiseen hankekehitysvaiheessa. Tutkimus koostuu kirjallisuustutkimuksesta ja alan asiantuntijoiden haastatteluista. Näiden pohjalta tutkija ehdottaa toimintaa tehostavia menetelmiä korkeiden asuinrakennusten suunnittelun johtamisprosessiin.

1.1 Tutkimuksen tausta

Korkea rakentaminen on kansainvälinen trendi, jonka vaikutukset ovat alkaneet näkyä myös Suomessa. Korkeita asuinrakennuksia on alettu rakentaa ja kehitellä useaan suomalaiseen kaupunkiin. Tämä on aiheuttanut laajaa keskustelua rakennusalalla ja sen ulkopuolella. Kokemusta korkeista yli 16-kerroksisista rakennuksista on Suomessa hyvin vähän, joka on herättänyt rakennusliikkeet kehittämään osaamistaan kyseisten hankkeiden parissa. Korkeiden rakennusten vaikutus Suomen muutoin mataliin kaupunkeihin on suuri, jonka myötä useat suomalaiset kaupungit ovat toteuttaneet kaupunkikohtaisia korkean rakentamisen selvityksiä ja ohjeistuksia. Myös viranomaiset ovat julkaisseet ohjeistuksen korkeiden rakennushankkeiden viranomaisyhteistyön sujuvoittamiseksi. (Turun kaupunki 2017; Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011) Korkeiden rakennusten toteuttaminen on monitahoinen kokonaisuus, johon osallistuu tavallista rakentamista suurempi määrä sidosryhmiä. Tästä johtuen korkean rakennushankkeen toteuttavalla organisaatiolla tulee olla kyky hallita korkean rakentamisen toteutukseen liittyvät ominaispiirteet.

Korkea rakentaminen on haastavampaa usealla suunnittelun ja toteutuksen saralla. Ne ovat kalliita toteuttaa ja sisältävät suuria taloudellisia riskejä. (Rajajärvi 2011) Rakennusalan yleinen kehitys on vuosien varrella lisännyt tilojen toiminnan monimuotoisuutta, mikä puolestaan on tehnyt hankkeista hyvin kompleksisia. Tämä tarkoittaa, että toteutettava kokonaisuus ei ole pelkästään osiensa summa, vaan sen muodostavat osakokonaisuudet ovat vahvasti vuorovaikutuksessa toistensa kanssa. Tämä aiheuttaa haasteita etenkin hankkeen alkuvaiheessa, jossa tulee muodostaa ristiriidaton ja toteutettavissa

oleva kokonaisuus. (Pennanen 2012) Suunnitteluprosessin hallintaan on tutkimusten mukaan Suomessa oltu tyytymättömiä. Tämä tuli ilmi vuonna 2003-2007 toteutetun SUKE-tutkimuksen yhteydessä. Syynä tähän on ollut muun muassa päällekkäiset tehtävät, puutteellinen yhteistyö ja epäselvät roolit. (Kruus et al. 2006)

Tutkimuksen tilannut yritys voitti Pasila High-rise kilpailun vuoden 2018 lopulla, jonka myötä alueelle aletaan toteuttamaan yhdeksän tornitalon kokonaisuutta. Torneista korkein tulee olemaan 180 metrin luokkaa, mikä tekee siitä Suomen korkeimman rakennuksen. (YIT 2019a) Kyseinen hanke on osaltaan herättänyt tarpeen myös tälle tutkimukselle. Tutkimuksen tilaavan yrityksen toiminta perustuu pitkälti omaperusteiseen tuotantoon, jossa se kantaa suuren vastuun suunnittelun johtamisesta. Tämän johdosta yrityksen tarpeena on ollut kehittää osaamistaan korkeiden rakennusten suunnitteluprosessin johtamisessa ja luoda toimivan suunnitteluprosessin avulla edellytykset siirtyä hankkeessa rakentamisvaiheeseen. Tutkimuksessa keskitytään suunnitteluprosessiin ennen rakennusvaihetta, joten rakennusvaiheen aikaista suunnitteluprosessia ei käsitellä. Tässä tutkimuksessa rakentamisvaihetta edeltävää suunnitteluprosessia käsitellään nimellä hankekehitysvaihe.

1.2 Tutkimuksen tavoitteet

Tämän tutkimuksen päätavoitteena on tunnistaa korkean rakentamishankkeen hankekehitysvaiheen suunnittelun johtamiseen liittyvät keskeiset haasteet ja ehdottaa ratkaisuja toiminnan tehostamiseen. Tutkimuksessa kehiteltyjen ehdotusten tulee kehittää toimintaa Suomen toimintaympäristössä. Tutkimuksen tavoite liittyy suunnitteluprosessin kehittämiseen, ei korkean rakentamisen teknisten osa-alueiden haasteiden ratkaisemiseen.

Tutkimuksen päätavoitteen tueksi on asetettu alatavoitteita, joiden avulla tutkimuksen päätavoite saavutetaan. Alatavoitteiden kautta lukijalle hahmottuu selkeämmin tutkimuksen rakenne. Tutkimuksen alatavoitteet ovat:

- määritellä korkean rakentamisen käsite
- tunnistaa suunnittelun johtamisen kannalta oleellisimmat muutokset korkeuden kasvaessa
- määritellä suunnittelun johtaminen rakennusalan yleisen kirjallisuuden kautta
- tunnistaa hankekehitysvaiheen suunnittelun johdon keskeisiä haasteita, jotka korostuvat suurissa kompleksisissa hankkeissa
- soveltaa kriittisesti rakennusalan aikaisemmissa tutkimuksissa kehitettyjä toimintaa tehostavia menetelmiä korkean rakentamisen suunnittelun johtamiseen

1.3 Tutkimuksen rajaukset

Tutkimuksen tilannut yritys toteuttaa hankkeensa tyypillisesti sellaisia toteutusmuotoja hyödyntäen, joissa sillä on myös vastuu suunnittelusta. Tutkimus onkin pääosin rajattu kyseisen näkökulman mukaisesti, mutta tulokset ovat hyödynnettävissä myös muiden toteutusmuotojen kohdalla. Tutkimus rajattiin käsittelemään korkean rakennushankkeen hankekehitysvaihetta, koska suuren hankkeen kannalta keskeiset suunnittelun johtamista koskevat menetelmät ja toimintatavat muodostetaan juuri hankekehitysvaiheen aikana.

Tutkimuksessa tarkasteltava korkea rakentaminen on rajattu koskemaan yli 16-kerroksisia rakennuksia, sen ollessa yleinen määritelmä korkealle rakentamiselle Suomessa. Teknisten ominaispiirteiden tarkastelu on rajattu käsittelemään sellaisia osakokonaisuuksia, joilla on suuri merkitys hankekehitysvaiheen aikaisessa suunnittelussa ja jotka poikkeavat oleellisesti korkean ja matalan rakentamisen välillä. Tutkimuksessa käsitellään korkean rakentamisen taloudellisuutta vain yleisellä tasolla, sen ollessa tutkimuksen kannalta liian suuri kokonaisuus. Taloudelliset tekijät ohjaavat suunnittelua, joten yleinen tarkastelu on toteutettu siinä laajuudessa kuin se on nähty tarpeelliseksi johtopäätösten muodostuksen kannalta.

Suunnittelun johtaminen on laaja ja epäselvä käsite, jonka määritelmä saattaa vaihdella lähteestä riippuen paljonkin. Lisäksi suunnittelun ’’johtaminen’’ ja ’’ohjaaminen’’ käsitteitä käytetään alalla yleisesti sekaisin. Tässä tutkimuksessa käytetään käsitettä ’’johtaminen’’ ja sitä käsitellään Rakennustieto-yhteisön julkaisemien RT-korttien kuvausten mukaisesti. RT-korteissa suunnittelun ohjaaminen katsotaan yhdeksi suunnittelun johtamisen osa-alueeksi. Hankekehitysvaihe on kuvattu rakennusalan kirjallisuudessa esitettyjen yleisten määritelmien ja tutkimuksen tilanneen yrityksen toiminnan mukaisia menetelmiä soveltaen.

Tutkimuksen tarkoitus on palvella erityisesti rakennuttamista suorittavaa tahoa, joten tutkimuksen näkökulma on siltä osin rajattu kyseiseen osapuoleen. Tutkimus on kuitenkin myös sovellettavissa muiden hankkeen osapuolten toiminnan tehostamiseen.

1.4 Tutkimusmenetelmät ja tutkimuksen rakenne

Tutkimus toteutetaan hyödyntäen kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä, joita ovat kirjallisuustutkimus, asiantuntijahaastattelut ja osallistuva havainnointi. Tutkimuksen kirjallisuusaineisto koostuu useista aihepiiriä käsittelevistä julkaisuista ja niiden triangulaatioilla

muodostetaan pohja työn teoreettiselle reliabiliteetille. Kirjallisuustutkimusta täydentävän ja syvällisemmän ymmärryksen saavuttamiseksi on suoritettu asiantuntijahaastatteluja, joilla voidaan testata kirjallisuustutkimuksen teorian soveltuvuutta tutkittavaan aihepiiriin sekä saada näkökulmaa työn tulosten muodostamiselle. Tutkija on myös työnsä puolesta osallistunut korkean rakentamisen kontekstia käsittelevään seminaariin sekä työn tilaavan yrityksen korkean rakentamisen työpajoihin. Tutkijan rooli kyseisissä tilaisuuksissa on sisältänyt osallistavaa passiivista sekä aktiivista havainnointia. Hirsjärvi & Hurmeen (2011) mukaan eri aineistoja ja tutkimusmenetelmiä yhdistelemällä voidaan tarkastella tutkimuksen validiutta. Monimetodisen lähestymistavan (triangulaatioiden) kautta saadaan aikaan erilaisia vastauksia, joita ei välttämättä saataisi aikaan yhtä menetelmää käyttämällä. Näin voidaan karsia tutkimuksen näennäistä varmuutta. (Hirsjärvi & Hurme 2011)

Tutkimusaiheen kehittelyyn hyödynnettävä tutkimusmateriaali on peräisin kirjallisuustutkimusten pohjalta, jossa on sovellettu suunnittelun johtamista aikaisemmin tutkineiden asiantuntijoiden julkaisuja. Aikaisemmissa tutkimuksessa kehitettyjen konstruktioiden ja menetelmien soveltuvuutta tähän tutkimukseen on pidetty perusteltuna lähtökohtana. Ratkaisu perustuu korkean rakentamisen vähäiseen määrään ja asiantuntijoiden rajalliseen kokemukseen Suomen toimintaympäristössä, jolloin empiirisen tiedon tieteellinen arvo on myös oletettavasti melko geneeristä ja nopeasti vanhenevaa.

Tutkimus sisältää seitsemän lukua. Ensimmäinen luku on tutkimuksen yleinen kuvaus ja johdanto. Toisessa luvussa tarkastellaan korkean rakentamisen erityisiä ominaispiirteitä, joiden avulla vastataan osittain tutkimuksen alatavoitteisiin sekä tuodaan esille korkean rakentamisen suunnitteluun liittyvät keskeiset haasteet. Tarkastelussa on pyritty löytämään korkeiden rakennusten keskeiset ominaispiirteet globaalilla tasolla sekä tutkimuksen kannalta oleellisen näkökulman, eli Suomen toimintaympäristöön liittyvät keskeiset ominaispiirteet. Tämä toimii pohjustuksena tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa ehdotettavalle korkean rakentamisen suunnittelun johtamisen toimintaa kehittäville menetelmille. Tutkimuksen kolmas luku keskittyy tarkastelemaan talonrakennushankkeen suunnittelun johtamista hankekehitysvaiheessa. Tarkastelun painopisteenä on ollut kuvata suunnittelun johtaminen yleisellä tasolla sekä nostaa esiin siinä ilmeneviä haasteita, jotka korostuvat etenkin kompleksisissa hankkeissa, kuten korkeissa rakennushankkeissa. Tämän jälkeen kolmannessa luvussa esitellään suunnittelun johtamista tehostavia menetelmiä, jotka pohjautuvat aikaisempiin tutkimuksiin Suomen toimintaympäristössä. Valittujen aikaisempien tutkimusten teoriaa hyödynnetään soveltaen, sillä perus-

teella kuin tutkija näkee niiden hyödynnettävyyden tämän tutkimuksen tulosten muodostamisen kannalta. Tarkasteltavat tutkimukset ovat laajuudeltaan niin suuria, ettei niitä ole syytä esitellä kuin yleisellä tasolla. Tutkimuksen neljäs luku sisältää asiantuntijahaastatteluja, joilla tuetaan tutkimuksen kirjallisen osuuden tieteellistä arvoa. Tutkimuksen viides luku toimii tutkimuksen syntetisoivana osana, jossa yhdistetään luvut kaksi ja kolme luvun neljä tukemana sekä ehdotetaan suunnittelun johtamisen tueksi soveltuvia menetelmiä korkeissa talonrakennushankkeissa. Kuudennessa luvussa arvioidaan tutkimusta kriittisesti ja pohditaan tutkimuksen tuloksia. Seitsemännessä luvussa esitellään johtopäätökset ja esitellään jatkotutkimusaiheet. Tutkimuksen lopuksi on esitelty tutkimuksessa hyödynnetty lähdekirjallisuus ja asiantuntijahaastatteluiden kyselylomake liitteenä.

2. KORKEAN RAKENTAMISEN OMINAISPIIRTEIDEN TARKASTELU

Tässä luvussa käsitellään korkean rakentamisen kehittymistä, ominaispiirteitä ja vaatimuksia, joiden tarkastelun seurauksena vastataan osittain tutkimuksen alatavoitteisiin. Luvun lopussa on yhteenveto korkean rakentamisen ominaispiirteiden vaikutuksesta suunnitteluttamiseen, joka toimii osaltaan pohjustuksena tutkimuksen seuraavaan lukuun. Tarkastelun pääpaino on Suomen toimintaympäristö. Aiheesta tehdyn suomalaisen kirjallisuuden ollessa vielä melko rajallista, on tarkastelua tehty myös kansainvälistä kirjallisuutta hyödyntäen.

2.1 Korkea rakentaminen käsitteenä

Korkean rakennuksen määritelmälle ei ole olemassa yhtä selkeää määritelmää. Tämä johtuu tulkinnallisista eroavaisuuksista eri tahojen välillä. Käsite on osaltaan myös subjektiivinen, koska saman korkuinen rakennus voi näyttää muutoin matalassa kaupungissa korkealta, kun taas pilvenpiirtäjäkaupungissa tasoaan pienemmältä. Lisäksi rakennuksen hoikka rakenne saattaa antaa vaikutelman, jonka mukaan rakennus olisi tavallista korkeampi tai päinvastoin suuren pohja pinta-alan omaava rakennus voi näyttää tasoaan matalammalta. Myös tekniset ratkaisut, jotka selkeästi liittyvät rakenteen korkeaan luonteeseen voivat osaltaan antaa sille korkean rakennuksen määritelmän. (CTBUH 2019)

Maailman laajin rakennusten tietokanta Emporis määrittelee korkeaksi rakennukseksi 12 kerrosta tai 35 metriä (Emporis 2019), mikä taas poikkeaa Council on tall buildings and urban habitat:in (myöhemmin CTBUH) määritelmästä 14 kerrosta tai 50 metriä. Kerrosten korkeudet voivat vaihdella, etenkin niiden käyttötarkoituksesta johtuen, joten määritelmälle on myös tarpeen antaa selventävä kuvaus metreissä. Suomessa korkean rakentamisen ohjekorteissa yleinen korkean rakennuksen määritelmä on 16 kerrosta. (Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018) Helsingin kaupungin teettämässä korkean rakentamisen selvityksessä korkea rakentaminen on määritelty seuraavasti: ’’kaupunkimaisemassa alueen siluettiin tai keskeisiin näkymiin vaikuttavaa, ympäröivän rakennuskannan korkeuksista selkeästi poikkeavaa ja kauas näkyvää rakentamista’’. Raportissa määritelmälle ei ole annettu erillistä metrimäärää tai kerroslukua, koska topografialla ja rakennuspaikan sijainnilla suhteessa muuhun vallitsevaan ympäristöön todetaan olevan

ratkaiseva merkitys hankkeiden näkyvyyden ja mittakaavan kokemisen kannalta. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011) Pilvenpiirtäjäksi (skyscraper) kutsutaan yleisesti rakennusta, joka on vähintään 150 metriä korkea, vaikka määritelmä saattaa joissain lähteissä vaihdella tämänkin suhteen. Superkorkeaksi rakennukseksi lasketaan vähintään 300 metriä korkeat ja megakorkeiksi vähintään 600 metriset rakennukset. (CTBUH 2019)

2.2 Korkean rakentamisen historia

Korkeat rakennukset ovat kiehtoneet ihmiskuntaa sivilisaation alusta alkaen, jolloin tarve rakentaa korkeaa liittyi lähinnä puolustukseen ja sittemmin uskonnollisiin tarkoitusperiin. Modernin korkean rakentamisen voidaan katsoa alkaneen 1880-luvulla Yhdysvalloissa. Korkean rakentamisen kehittyminen johtui useasta tekijästä. Yritysten tarve sijoittaa toiminta kaupunkien keskustaan lähelle toisia yrityksiä johti rajallisen tilan vuoksi tarpeeseen rakentaa ylöspäin. Lisäksi korkeat rakennukset toimivat osaltaan yrityksen arvovaltaa symbolisoivana tekijänä. Väestön nopea kasvu kaupungeissa ja siitä seurannut tilan tarve nostatti tonttien hintaa, jonka seurauksena korkea rakentaminen muodostui kannattavaksi vaihtoehdoksi. Lisäksi korkealla rakentamisella haluttiin ehkäistä kaupunkirakenteen hajoamista. Chicagossa väestö tuplaantui vuosien 1880-1890 välillä, mikä nosti tonttien hintaa moninkertaisesti, joten rakentaminen siellä ylöspäin oli perusteltua. Lisäksi Chicagon suuri palo vuonna 1871 tuhosi suuren osan kaupungin rakennuskannasta, joka osaltaan mahdollisti uudenlaisten rakennusten rakentamisen. Samanaikainen teknisten innovaatioiden kehitys puolestaan mahdollisti rakentamisen ylöspäin taloudellisesti ja toiminnallisesti järkevällä tavalla. Uusien teknisten innovaatioiden kuten teräsrungon ja hissin avulla rakennuksien kerroskokoa voitiin kasvattaa tehokkaasti, eikä liikkuminen vertikaalisesti korkealle muodostunut ongelmaksi käyttäjän näkökulmasta katsottuna. (Stafford Smith & Coull 1991 s.1; Dupre 2008) Ensimmäisten pilvenpiirtäjien kerroskorkeudet olivat verrattain maltillisia nykypäivän mittoihin nähden. 10-kerroksinen ja 55 metrinen Home Insurance Building Chicagossa nousi maailman korkeimmaksi taloksi vuonna 1885 ja sitä pidetään ensimmäisenä pilvenpiirtäjänä. (Ali & Al-Kodmany 2012, s.385) Home Insurance Building oli ensimmäinen korkea rakennus, joka oli rakennettu metallisen rungon avulla ja siten se edusti uutta alkua korkealle rakentamiselle. (Dupre 2008)

Korkea rakentaminen yleistyi nopeasti myös New Yorkissa, jossa tonttien pieni koko ja maan hinnannousu olivat pohjustaneet tarpeen rakentaa korkealle. Edellä mainittujen syiden lisäksi pilvenpiirtäjien rakentamista vauhditti se, ettei rakennuskorkeuksia kaupungissa säännelty juuri ollenkaan ennen vuoden 1916 asemakaavalakia. Sääntely tuli

tarpeelliseksi, kun uusien pilvenpiirtäjien seurauksena kaupunki oli muuttunut hyvin pimeäksi ja epämiellyttäväksi. Sääntelyn seurauksena pilvenpiirtäjien muoto muuttui ylöspäin kapenevaksi, jotta auringon valoa riittäisi myös kaduille ja viereisiin rakennuksiin. Vastaavanlainen sääntely siirtyi useisiin muihin maihin ja kaupunkeihin, myös Suomeen. Vuoden 1917 rakennusjärjestyksessä rakennuskorkeuden suhteen oli asetettu periaate, jonka mukaan kadun varrella olevan rakennuksen ja sen julkisivusta 26 metrin etäisyydellä sijaitsevat siipirakennukset saivat enintään olla yhtä korkeita kuin kadun leveys, johon oli lisätty vielä 1,5 metriä. Rakentamisen säätely alkoi lisääntyä viranomaisten toimesta 1920-luvulla Suomessa ja erityisesti Helsingissä. Tonttimaa oli ollut Helsingissä 1800-luvulla halpaa, eikä matala rakennuskorkeus ollut noussut sen johdosta kovinkaan merkittäväksi taloudelliseksi kysymykseksi. Korkean rakentamisen yleistymisen johdosta maailmalla 1900-luvun alussa, myös Suomessa alettiin kaavailla korkeita rakennuksia. 1920-luvulla korkeasta rakentamisesta käytiin Helsingissä kiivasta keskustelua puolesta ja vastaan. Helsinkiin oli suunnitteilla useita korkeita rakennuksia, joista kuitenkin toteutui ainoastaan Hotelli Torni vuonna 1931. Korkea rakentaminen on kohdannut paljon kritiikkiä jo alkuajoistaan lähtien, mistä kielii muun muassa se, että hotelli Tornin rakennuslupaa käsiteltiin aikoinaan läänihallituksessa ja korkeimmassa oikeudessa asti. (Laine 2011, s. 15, 16, 117)

Toisen maailmansodan jälkeen korkea rakentaminen sai uutta nostetta kasvaneen toimitilojen ja asuntojen kovan tarpeen seurauksena. Rakentaminen kehittyi uusien rakenneteknisten innovaatioiden avulla, joiden myötä myös korkeudet kasvoivat. Korkeiden rakennusten ilme muuttui lasisen julkisivun (glass curtain wall) suosion myötä, joka oli toimiva ratkaisu suojaamaan rakennusta ulkoilmalta. Lisäksi lasinen julkisivu oli edullinen ja mahdollisti auringonvalon paremman hyödyntämisen. (Al-Kodmany 2018; Eisele & Kloft 2003 s.17) 2000-luvulla korkea rakentaminen on siirtynyt vahvasti Aasian taloudellisesti kehittyville alueille, Arabian niemimaan öljyvaltioihin sekä länsimaisiin suurkaupunkeihin, joissa pankkisektori ja suuryritykset ovat näkyvästi läsnä. Nykypäivän tietotekniikan ja suunnitteluohjelmistojen kehittymisellä on myös ollut merkittävä rooli rakennusteknisesti uudentyylisten rakennusten toteutuksessa. (Turun kaupunki 2017)

2.3 Korkea rakentaminen globaalissa toimintaympäristöissä

Korkea rakentaminen maailmalla perustuu maiden ja kaupunkien erilaisiin lähtökohtiin ja tarpeisiin. Yhdysvalloissa kaupunkirakenne on useissa kaupungeissa rakentunut yksityisautoilun ympärille ja kaupungit ovat melko nuoria. Näille tyypillistä ovat matalat esikaupunkialueet ja pilvenpiirtäjistä muodostuva keskusta. Euroopassa puolestaan korkeaa rakentamista on tavallisesti rajoittanut historialliset ja kaupunkikuvalliset perusteet

sekä tiukat säädökset liittyen etenkin paloturvallisuuteen. Korkeiden rakennusten on nähty muokkaavan vanhojen kaupunkien siluettia, mikä on osaltaan aiheuttanut vastustusta niitä kohtaan. Tämä huomattiin muun muassa Pariisissa, jossa vuonna 1973 rakennettu Montparnassen torni vanhaan keskustaan aiheutti laajaa kritiikkiä, jonka seurauksena korkea rakentaminen keskustassa kiellettiin ja siirrettiin La Defencen alueelle 7 kilometrin päähän ydinkeskustasta. Aasian kehittyvillä talousalueilla voimakas talouskasvu on vauhdittanut pilvenpiirtäjien rakentamista. Lähi-idässä taas varakkaiden öljymaiden korkea rakentaminen perustuu kansainvälisen huomion tavoitteluun ja niiden avulla pyritään luomaan alueelle turismia. (Turun kaupunki 2017, s.36-37, 40)

2000-luvulla rakennuskorkeuden kasvattaminen on muodostunut kansainväliseksi trendiksi. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2014) Yli 200 metriä korkeita rakennuksia valmistui maailmalle vuonna 2018 yhteensä 143. Näistä 109 valmistui Aasiaan, 16 Pohjois-Amerikkaan, 13 Lähi-itään, 3 Etelä-Amerikkaan, 1 Oseaniaan ja 1 Eurooppaan. Pelkästään Kiinaan valmistui yhteensä 88 uutta yli 200 metristä rakennusta. Koko maailmassa yli 200 metrisiä rakennuksia oli vuonna 2018 lopussa 1478. Yli 300 metriä korkeita, eli superkorkeita rakennuksia valmistui vuonna 2018 yhteensä 18, joista 14 Aasiaan, 3 Pohjois-Amerikkaan ja yksi Lähi-itään. Kuten aikaisemmassa luvussa mainittiin, on korkea rakentaminen siirtynyt vahvasti Aasiaan. Korkeiden rakennusten määrä oli Aasiassa vuonna 2018 yli kuusinkertainen verrattuna pilvenpiirtäjien synnyinmaanosaan Pohjois-Amerikkaan. (Törmänen & Sahla 2019)

Korkeita rakennuksia perustellaan vaihtelevasti eri tahojen intressien kautta. Kaupunkisuunnittelun näkökulman mukaan korkeiden tornitalojen nähdään kehittävän kaupunkirakenteen hahmotettavuutta, vaihtelevuutta ja ekotehokkuutta. Yritysmaailman halut korkeille torneille saatetaan perustella muun muassa tarpeella saada näkyvyyttä kaupunkikuvassa. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011) Korkeiden rakennusten sijoittumisen kannalta oleellista on kaupungin päättävien tahojen näkemyksen ja kiinteistömarkkinoiden trendien yhteensovitus. Korkeiden rakennusten kehittäminen osaksi kaupungin identiteettiä ilman todellista näkemystä saattaa aiheuttaa monitahoisia ongelmia, kuten historiallisten alueiden identiteetin tuhoutumista, liikenteen ruuhkautumista autojen ja jalankulkijoiden osalta sekä kaupunkirakenteen muuttumista kaoottiseksi. Korkeiden rakennusten yleistymisen myötä kaupunkikehityksessä on ilmennyt uusi trendi, jossa yksittäisistä korkeista rakennuksista tehdään kaupungin symboleita, vaikka ne eivät aina vastaisikaan kiinteistömarkkinoiden tarpeisiin. (Tamošaitienė et al. 2013)

2.4 Korkean rakentamisen periaatteet Suomen toimintaympäristössä

Tätä tutkimusta tehdessä, Suomen korkein asuinrakennus on Helsingin Kalasatamassa sijaitseva 134 metriä korkea Majakka. Keski-Pasilaan suunnitteilla olevan Trigoni-tornikompleksin korkein rakennus tulee olemaan noin 180 metriä. (Törmänen & Sahla 2019) Korkea rakentaminen on ollut Suomessa maltillista, kun painetta rakentaa tiivistä ja korkeaa ei ole ollut, toisin kuin esimerkiksi New Yorkin Manhattanilla, jossa väestöntiheys on paljon suurempi. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston korkeaa rakentamista käsittelevän raportin mukaan lähitulevaisuudessa ainoat taloudelliset edellytykset korkealle rakentamiselle saadaan vain sijainniltaan erityisen keskeisiltä paikoilta, joissa tornitalojen tuottama rakennusoikeus luo taloudellisesti kannattavan pohjan hankkeiden sisältämille mittaville infrastruktuuriin liittyville investoinneille. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011)

Korkean rakentamisen yleistyminen maailmalla viime vuosikymmenen aikana on myös vaikuttanut Suomessa, minkä johdosta useita tornihankkeita on alettu rakentamaan ja kaavailemaan. Kokemusta korkeista torneista on kuitenkin hyvin vähän, eikä yhteisiä ohjeistuksia laadittu ennen 2010-lukua. Korkeaa rakentamista ohjaavat kansalliset ohjeet ovat olleet rajallisia, jolloin korkeiden hankkeiden viranomaisyhteistyö on perustunut erillisselvityksiin, eikä korkean rakentamisen ohjeistus ole ollut täysin yhdenmukaista. Suomen rakentamismääräyskokoelma käsitteli enintään 16-kerroksisia rakennuksia ja sitä korkeammat rakennukset menivät lupaviranomaisen erillisselvityksiin. Helsingin kaupunki käynnisti vuonna 2010 konsulttityön, jonka tarkoituksena oli selkeyttää korkean rakentamisen toteutuksen edellyttämiä selvityksiä. Työn tuloksena syntyi ohjeistus virastojen, rakennuttajien, suunnittelijoiden ja rakentajien käyttöön, jonka kohteena ovat 17-50 kerrosta korkeat rakennukset. Ohjeistuksessa tavoitteena oli kehittää hankkeeseen ryhtyvän, hänen edustajiensa ja kaupungin yhteistyötä tavalla, joka edesauttaa hankkeiden kehittämistä, suunnittelua, hyväksymismenettelyjä ja toteutusta. (Levanto 2011; Nousiainen 2019) Rakennusvalvontavirasto on ottanut ohjeistuksen käyttöön vuodesta 2012 alkaen. Tavoitteena on kehittää korkeiden rakennusten viranomaiskäsittely sujuvaksi ja ennakoitavaksi. (Martikainen 2017) Rakentamistapaohje on päivitetty nykyiseen muotoonsa vuonna 2018.

Helsingin Kaupunkisuunnittelulautakunta totesi vuonna 2011 useiden korkeiden rakennushankkeiden ja suunnitelmien yhteisvaikutuksen olevan niin suuri, että niitä on välttämätöntä tarkastella laajemmassa yhteydessä. Tavanomaisen asemakaavaprosessin

mukainen lähiympäristöön painottuva tarkastelu ei ole riittävä havainnollistamaan hankkeiden yhteisvaikutusta koko kaupungin mittakaavassa. Helsingin Kaupunkisuunnittelulautakunta määritteli periaatteet korkean rakentamisen sijoittumisesta ja toimintatavat suunnitelmien tarkasteluun vuonna 2011 julkaistun ’’Korkea rakentaminen Helsingissä’’ raportin pohjalta. Kaupunginsuunnitteluviraston julkaisemassa raportissa Helsingin kaupunki jaettiin neljään vyöhykkeeseen A, B, Ba ja C. Jaottelu toimii ohjeistuksena kaavoitukseen ja siten korkeiden rakennusten sijaintiin Helsingissä. (Rajajärvi 2011) Ohjeistuksella on haluttu estää korkeiden ’’torahampaiden’’ nousua kilpailemaan kaupunkien vanhojen matalien keskusten kanssa. (Martikainen 2017) Myös muissa Suomen kaupungeissa on toteutettu erillisiä kaupunkikohtaisia korkean rakentamisen selvityksiä ja ohjeistuksia. Selvityksiä ovat tehneet muun muassa Oulu, Turku, Tampere ja Espoo, joihin on kaavailtu korkeaa rakentamista.

Korkean rakentamisen yleistymisen johdosta, myös suunnittelijoilta vaadittavat pätevyydet ovat lisääntyneet. Rakennesuunnittelijoilta ja talotekniikkasuunnittelijoilta vaaditaan kykyä hallita monimutkaisempia rakenteita ja mallinnusohjelmistoja, jotka ovat edellytyksenä nykypäivän korkeiden rakennusten toteutuksessa. Suomessa korkean rakentamisen rakennustapaohjeistuksen mukaan korkeaan rakennushankkeeseen osallistuvien vastaavien suunnittelijoiden pätevyydet tulee olla todennettuna ennen rakennuslupakäsittelyä. (Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018) Suunnittelijoiden pätevyydet tarkastetaan yhdessä rakennusvalvonnan kanssa, jolloin viranomaisen rooli suunnittelijoiden valinnassa on merkittävä. Korkean rakentamisen haasteellisuuden vuoksi suunnittelukokonaisuuden toteutus vaatii riskianalyysejä, kolmannen osapuolen tarkistuksia ja muita erityismenettelyjä, joiden seurauksena projektin hallinta ja aikataulutus poikkeavat tavanomaisesta. (Valjus 2019a)

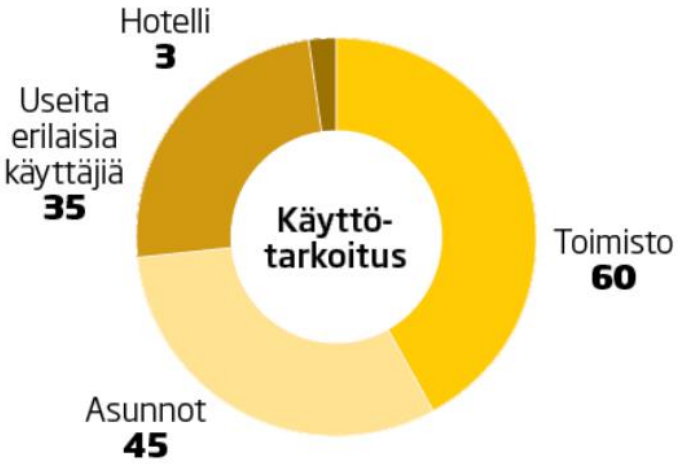
Normaaliin rakentamiseen verrattuna korkea rakentaminen on jokaisella suunnittelun ja toteuttamisen tasolla vaativampaa ja kalliimpaa. Sen vuoksi siihen liittyy taloudellisia riskejä, joiden realisoituminen voi heijastua kaupunkikuvaan haitallisesti. Oikein kohdennettu ja korkealaatuisesti toteutettu korkea rakentaminen voi kuitenkin edistää kaupunkirakenteen hahmotettavuutta, luoda alueelle positiivista imagoa sekä parantaa mahdollisuuksia hyödyntää urbaanin talouden kasautumisedun tuottamaa lisäarvoa kaupungille. (Rajajärvi 2011, s.7)

2.5 Korkeiden rakennusten toimintamallit

Korkean rakennuksen toimintamalli voi olla keskittynyt yhteen tiettyyn toimintaan tai sisältää useita toimintoja samassa rakennuksessa. Yleisesti yhteen toimintoon keskittynyt

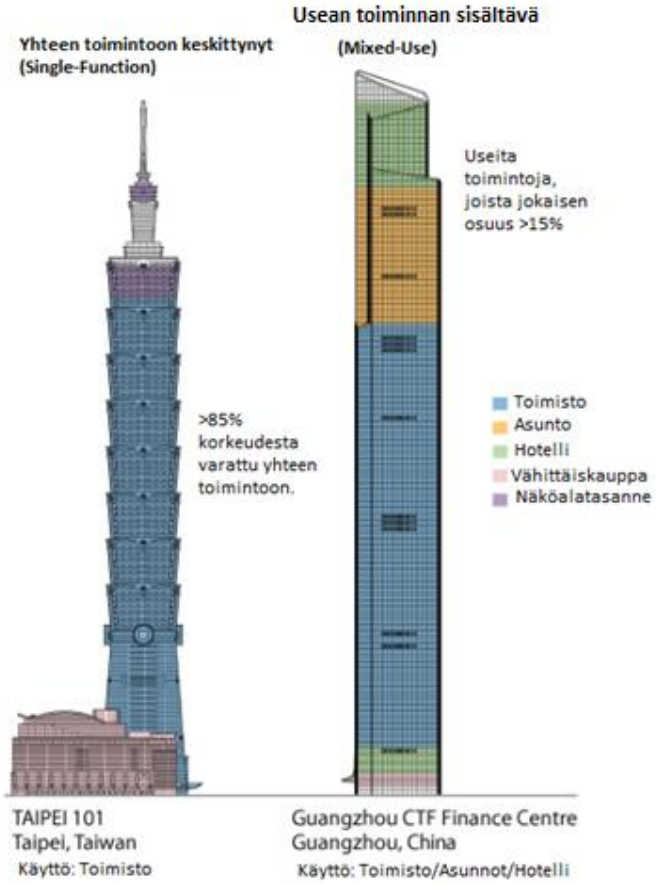
toiminta tarkoittaa, että vähintään 85 prosenttia kokonaispinta-alasta on keskittynyt samaan toimintaan. Perinteisesti korkeat rakennukset ovat juuri keskittyneet yhteen toimintaan, erityisesti toimistoihin, mutta usean toiminnan sisältämät ratkaisut ovat yleistyneet viime vuosikymmeninä nopeasti. (CTBUH 2019; Ali & Moon 2007)

Tekniikka & Talous lehden toimittaman tilaston (kuva 1) mukaan vuoden 2018 aikana valmistuneista 143:sta yli 200 metriä korkeasta rakennuksesta 108 oli keskittynyt yhteen toimintaan ja 35 sisälsi useita erilaisia käyttäjiä. Eniten yhteen toimintaan keskittyneistä yli 200 metriä korkeista rakennuksista oli toimistoja. (Törmänen & Sahla 2019)



Kuva 1. Vuonna 2018 valmistuneiden yli 200 -metristen rakennusten toiminnot (Törmänen & Sahla 2019)

Toimintojen sijoittuminen korkeassa rakennuksessa vaihtelee konseptin mukaan. Kuvassa 2 nähdään esimerkki toimintojen sijoittumisesta yhteen toimintaan keskittyneessä sekä usean toiminnan sisältävässä korkeassa rakennuksessa.



Kuva 2. Korkeiden rakennusten toimintamallit (CTBUH 2019; Käännös Pulkkinen 2019)

Yhteen toimintaan keskittyneet korkeat rakennukset ovat asuin-, toimitila- tai hotellitorneja. Rakennuksen toimintamalli vaikuttaa usein myös rakennuksen muotoon. Korkeat asuinrakennukset ovat tavallisesti hoikempia, jotta luonnonvaloa voidaan hyödyntää vaatimusten mukaisesti. Suomessa tämä tulee ilmi jo lain edellyttämien määräysten muodossa. Maankäyttö- ja rakennuslain (myöhemmin MRL) mukaan asuin- ja majoitustiloille vaaditaan ikkuna ja mahdollisuus suoraan luonnonvaloon. Laissa kuitenkin sallitaan luonnonvalon järjestäminen välillisesti toisen tilan kautta työtilaan sekä yhteen asuinhuoneiston huoneeseen. Työtilan valaistus voidaan työn luonteen niin edellyttäessä myös järjestää osittain tai kokonaan keinovalaistusta hyödyntämällä, jolloin huoneen syvyys voi olla suurempi kuin asuinrakennuksessa. (Kalita & Watts 2007; MRL 117j §) Lisäksi toimistotilojen luonne poikkeaa avoimen tilantarpeen puolesta asuintiloista. Toimintamallilla on vaikutus korkean rakennuksen rakenne- ja taloteknisiin valintoihin. Tämä tulee tutkimuksessa tarkemmin ilmi alaluvussa 2.6.

CTBUH (2019) määritelmän mukaan ’’mixed-use’’ toimintamalli, jota lähteissä käsitellään joko usean toiminnan sisältävänä rakennuksena tai hybridisenä toimintamallina, sisältää ainakin kahta eri toimintaa, joista yhden toiminnan osuus rakennuksessa on vähintään 15%. Kyseisiä toimintoja ovat esimerkiksi toimistot, asunnot, hotellit, kaupalliset tilat, jne. Riippuen toimintojen osuuksista, ne voidaan jaotella kolmeen päätyyppiin, joita ovat dominoiva toiminto (dominating), lisätoiminto (additional) tai toimintaa täydentävä (accompanying). Yleisin dominoiva toiminta usean toiminnan sisältävässä korkeassa rakennuksessa on asunnot, toiseksi yleisin hotellit ja kolmanneksi toimistot. Toimintaa tukevat alueet, kuten pysäköintihallit tai tekniset alueet eivät ole laskennassa mukana. (CTBUH 2019; Generalova et al. 2018)

Hybridirakennuksiksi kutsutaan rakennuksia, joissa useat toiminnot on sekoitettu tavalla, joka luo mahdollisia synergioita toimintojen välille. Hybridirakennuksen toimiva kokonaisuus tuo liiketiloille niiden tarvitsemia asiakkaita ja asukkaat puolestaan saavat palveluita. Hybridirakennusten liiketilat tarvitsevat asiakkaita myös rakennuksen ulkopuolelta, joten ne toteutetaan tavallisesti hyvien liikenneyhteyksien varrelle. Kyseinen menettely myös lisää toimitilojen houkuttelevuutta. Lisäksi hybridinen rakennus elävöittää rakennuksen alueellista ympäristöä ihmisvirrallaan. (Generalova et al. 2018; Dubey 2016; Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011; Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2014)

Kyseinen toimintamalli edellyttää rakennukselta avoimuutta, joka mahdollistaa kaupallisten palveluiden toiminnan, mutta myös rakennuksen sulautumisen urbaaniin ympäristöön. Asunnot, hotelli ja toimisto vaativat kuitenkin tietynasteista yksityisyyttä, joten rakennus ei voi olla kuitenkaan täysin avoin kaikille. Hybridisen rakennuksen toiminnan kannalta oleellista on tavoitella kokonaisuutta, jossa avoin ja yksityinen osa rakennuksesta ovat tasapainossa. Tapa jaotella toiminnot hybridirakennuksessa vaihtelee konseptista riippuen. Yleinen tapa on sijoittaa liike- ja toimistotiloja alimpiin kerroksiin ja asunnot ylimpiin. (Generalova et al. 2018; Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011; Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2014)

Usean toiminnon sisältävän korkean rakennuksen tekninen toteutus on haastavaa. Kerrosten pohjan vaihdos ja muuntuvat tekniset tarpeet lisäävät rakennuksen suunnittelun

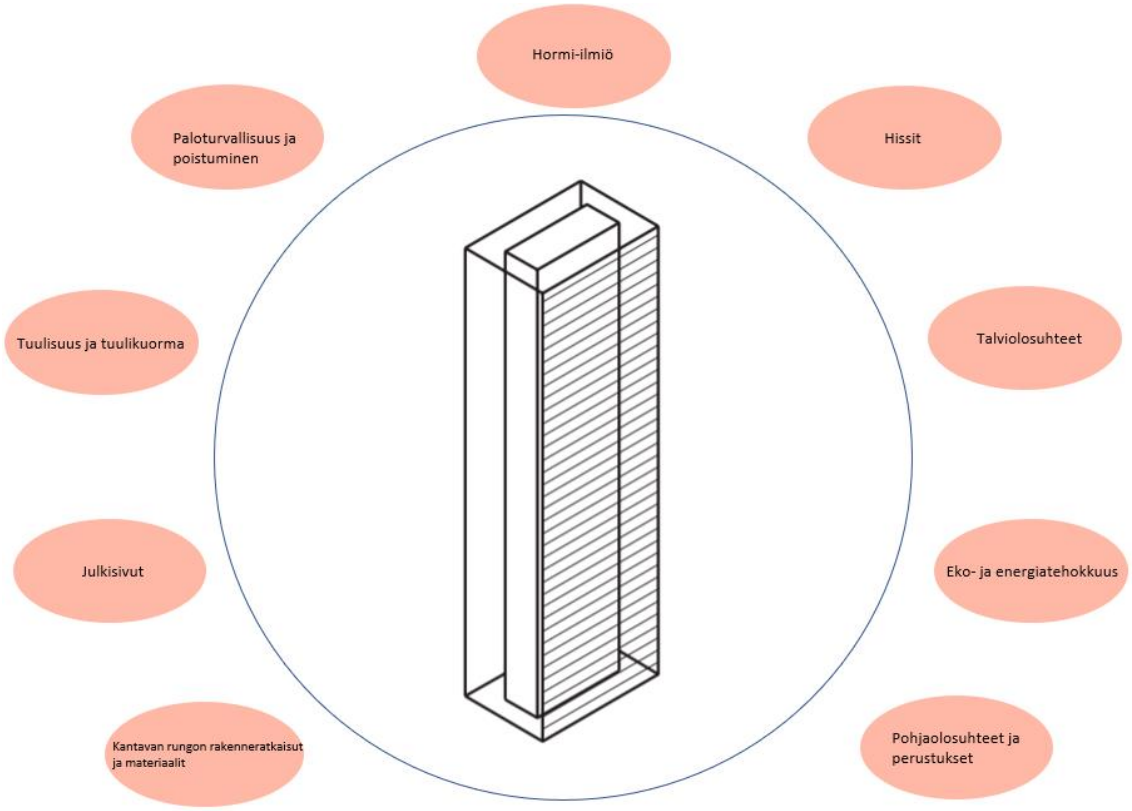
kompleksisuutta. Lisäksi rakennukset ovat lopulta hyvin ainutlaatuisia, jolloin tavanomaisten teknisten ratkaisujen hyödyntäminen voi olla rajallista tai jopa mahdotonta. (Dubey 2016)

Vaikka yhteen toimintoon keskittyneitä rakennuksia toteutetaankin vielä määrällisesti enemmän, on useaan toimintoon keskittyneiden rakennusten osuus kasvanut. Ensimmäinen CTBUH:n määritelmät täyttävä hybridinen korkea rakennus toteutettiin Chicagossa vuonna 1924, kun 173 metriä korkea Chicago Temple Building avattiin. Vuosien 1924-2000 välisenä aikana usean toiminnan omaavia yli 150 metriä korkeita rakennuksia toteutettiin kaikkiaan 96. Tämän jälkeen kasvu on kuitenkin ollut suurta, koska vuosien 2000-2016 välillä toteutettiin peräti 499 usean toiminnan sisältävää korkeaa rakennusta. Määrän suuren kasvun selittää osaltaan myös korkean rakentamisen merkittävä lisääntyminen 2000-luvulla. (Generalova et al. 2018)

2.6 Korkean rakentamisen suunnittelua ohjaavat haasteet

Korkeita rakennuksia koskevat kaikki tavanomaiseen rakentamiseen liittyvät asetukset ja määräykset. MRL 132/1999 mukaan kaikkien rakennusten tulee täyttää rakentamista koskevat olennaiset tekniset vaatimukset käyttötarkoituksensa edellyttämällä tavalla. Nämä vaatimukset koskevat rakenteiden lujuutta ja vakautta, paloturvallisuutta, terveellisyyttä, käyttöturvallisuutta, esteettömyyttä, meluntorjuntaa sekä energiatehokkuutta. (MRL 132/1999)

Korkean rakentamisen suunnittelua ohjaavat haasteet muodostuvat olosuhteiden aiheuttamista teknisistä tekijöistä, viranomaisten säädöksistä sekä edellä mainittujen tekijöiden aiheuttamista kustannuksista. Tässä alaluvussa käsitellään olosuhteiden aiheuttamia teknisiä haasteita, sekä viranomaisten vaatimuksia. Aiheita on perusteltua tarkastella samassa luvussa, niiden liittyessä usein tiiviisti toisiinsa. Luvussa käsiteltävät haasteet on esitelty kuvassa 3.



Kuva 3. Korkean rakennuksen suunnittelua ohjaavia haasteita

Kuvassa 3 esitetyt haasteet ovat melko laajoja kokonaisuuksia, eikä tässä tutkimuksessa ole tarkoitus käsitellä niitä tyhjentävästi. Tarkoituksena on muodostaa yleinen katsaus kyseisiin osuuksiin, jotta lukijalle muodostuu käsitys haasteiden laajuudesta sekä niiden vaikutuksista kokonaisuuden lisäksi myös toisiinsa nähden.

2.6.1 Pohjaolosuhteet ja perustukset

Onnistuneen geoteknisen suunnittelun tuotos on yleensä piilossa maan alla korkeissa rakennushankkeissa ja ne nousevat puheenaiheiksi yleensä vain, jos ongelmia ilmenee. Kaivuu- ja perustustöiden kustannusosuus korkeissa rakennushankkeissa on melko vähäinen verrattuna niiden sisältämään taloudelliseen riskiin. Geotekninen suunnittelija kantaa korkeissa rakennushankkeissa suurta vastuuta. Hän luo hankkeelle huomattavan määrän arvoa, jolla on osaltaan ratkaiseva merkitys hankkeen onnistumisen kannalta. (Eisele&Kloft, 2003 s.59) Korkeiden rakennusten perustusten suunnittelussa tulisikin aina hyödyntää geotekniikan asiantuntijaa. (Tall buildings 2014 s. 39) Geosuunnittelijan rooli on oleellinen heti hankkeen alusta alkaen, maaperän tutkimusten kannalta. Tantun (2015) mukaan suunnittelun kannalta on aina parempi, mitä tarkemmin maaperätutkimukset tehdään. Siihen kuitenkin vaikuttaa se, kuinka paljon tilaaja on valmis panostamaan resursseja maaperän olosuhteiden tutkintaan. (Tanttu 2015) Maaperätutkimuksilla

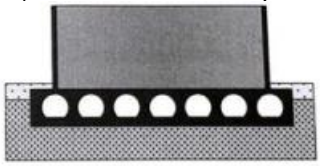
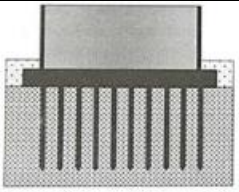
voidaan varmistaa sopiva ja tehokas perustusratkaisu. Ilman tarkkoja maaperätutkimuksia, on todennäköistä, että perustusratkaisu on hyvin konservatiivinen. (Tall buildings 2014 s. 40)

Kallionpinnan syvyys vaikuttaa rakennushankkeen suunnitteluun monin eri tavoin, jolloin sen sijainti olisi hyvä tietää mahdollisimman tarkasti. Suomen maaperä poikkeaa monista maista siten, että kallion pinta on varsin pinnalla, jolloin kaivuulla kallio saavutetaan melko helposti. Paaluja käytettäessä niiden pituudet voivat olla suhteellisen lyhyitä verrattuna muihin maihin, joka puolestaan helpottaa perustamista ja vähentää kustannuksia. (Tanttu 2015) Pohjoismaissa perustusten suunnittelun idea on viedä kuormat kallioon, jonka kantavuus on riittävä. Korkeiden rakennusten kohdalla perustusten suunnittelussa tavallisesta poikkeavia haasteita aiheuttaa muun muassa tuulikuormien siirtäminen perustuksille. (Henkilökohtainen tiedonanto Gulin 30.8.2019)

Suomessa käytettävistä paalutyypeistä korkeaan rakentamiseen soveltuvat ainakin lyötävä teräsputkipaalu, porapaalu ja kaivinpaalu. Kuormakeskittymien ollessa suuria, on paalujenkin oltava läpimitaltaan suuria, tyypillisesti >600 mm. Teräspaalut kantavat kärjillään ja soveltuvat hyvin juuri Suomen geologiaan, jossa kallion pinta on melko helposti saavutettavissa. Ulkomailla puolestaan kantava kallio voi olla saavuttamattomissa, jolloin kaivinpaalu soveltuu paremmin kuin teräsputki, koska kaivinpaalu kantaa suuremman osan kuormasta vaipallaan. Kaivinpaalun vaippakitka on huomattavasti parempi kuin teräsputkipaaluissa, jolloin se soveltuu paremmin kitkapaaluksi. Kustannuksiltaan teräsputkipaalut ovat Suomessa olleet edullisempi vaihtoehto, jolloin ne ovat tyypillisesti myös yleisempi ratkaisu kuin kaivinpaalu. (Henkilökohtainen tiedonanto Gulin 30.8.2019)

Korol & Kustikova (2018) esittelee artikkelissan tavanomaiset perustusratkaisut korkeille rakennuksille. Taulukossa 1 on esitelty korkeiden rakennusten tyypillisimmät perustusratkaisut, jotka ovat paalutettu perustus, laattaperustukset ja niiden yhdistelmä paalutetut laattaperustukset.

Taulukko 1. Tavanomaiset perustusratkaisut korkeille rakennuksille (Korol & Kustikova 2018; käännös Pulkkinen 2019)

Perustustyyppi	Ominaisuus
 a) Paalutettu perustus	Paalutettu perustus on luotettava ja siten myös tyypillisin perustustyyppi korkeille rakennuksille. Tätä perustustapaa käytetään, kun perustusmaa on heikosti kantava.
 b) Yhtenäinen laattaperustus  c) Ontelolaattaperustus	Laattaperustukset tehdään joko yhtenäisestä teräsbetonisesta massiivilaatasta, jonka paksuus voi olla jopa 6 metriä tai ontelolaattamaisesta rakenteesta, jonka sisäisiä onkaloita voidaan hyödyntää parkkialueena tai teknisiin tarpeisiin.
 d) Paalutettu laattaperustus e) Irrallinen paalutettu laattaperustus	Paalutetussa laattaperustuksessa kuormat tulevat noin 80% paaluille. Tämän tyylistä perustusta suositellaan käytettäväksi painuvien maakerrosten kohdalla. Kuorman epäsymmetrisyyttä voidaan kompensoida paalujen määrällä ja järjestyksellä ja säätämällä niiden kapasiteettia dimensioiden valinnalla. Irrallinen paalulaatta soveltuu kohteisiin, jotka ovat suhteellisen matalia ja joissa maapohja ei ole erityisen painuvaa kuormituksen alla. Menetelmässä ei ole paalujen ja laatan välistä liitosta. Paalut vahvistavat maan kantokykyä tässä menetelmässä. Paalujen päät on erotettu laatasta synteettisen tiivisteen avulla, joka siirtää kuormat laatalta paaluille.

Perustusratkaisu valikoituu yhdessä rungon rakenneratkaisun kanssa, jotta kokonaisuudesta muodostuu yhtenäinen toimiva kokonaisuus. Tässä on oleellista rakennesuunnittelijan ja geosuunnittelijan välinen yhteistyö, jonka tulee alkaa hyvin aikaisessa vaiheessa. (Henkilökohtainen tiedonanto Gulin 30.8.2019)

Maapohjan ja rakennuksen yhteistoiminta (soil-structure interaction) on ilmiö, joka tulee huomioida suunnittelussa, kun suunnitellaan korkeaa rakennusta. Siinä maapohjan ja perustusten jäykkyys huomioidaan rakennuksen rakennemallissa. Yhteistoiminta vaikuttaa vertikaalikuormien jakaantumiseen maapohjaan, jännityksiin rakenteissa, perustusten suunnitteluun, perustusten painumiseen ja vaakavoimista johtuvaan rakennuksen dynaamiseen käyttäytymiseen. (Tall buildings 2014)

Taloudellisin perustusratkaisu muodostetaan siten, että pohjarakennesuunnittelija antaa rakennesuunnittelijan malliin tiedot maapohjan lujuudesta, jolloin maapohjan lujuusominaisuudet voidaan hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti suunnittelussa. Kun hallitaan perustusten ja maapohjan yhteiskäyttäytyminen eri kuormitustilanteissa, voidaan välttyä turhalta ylimitoitukselta. (Henkilökohtainen tiedonanto Gulin 30.8.2019)

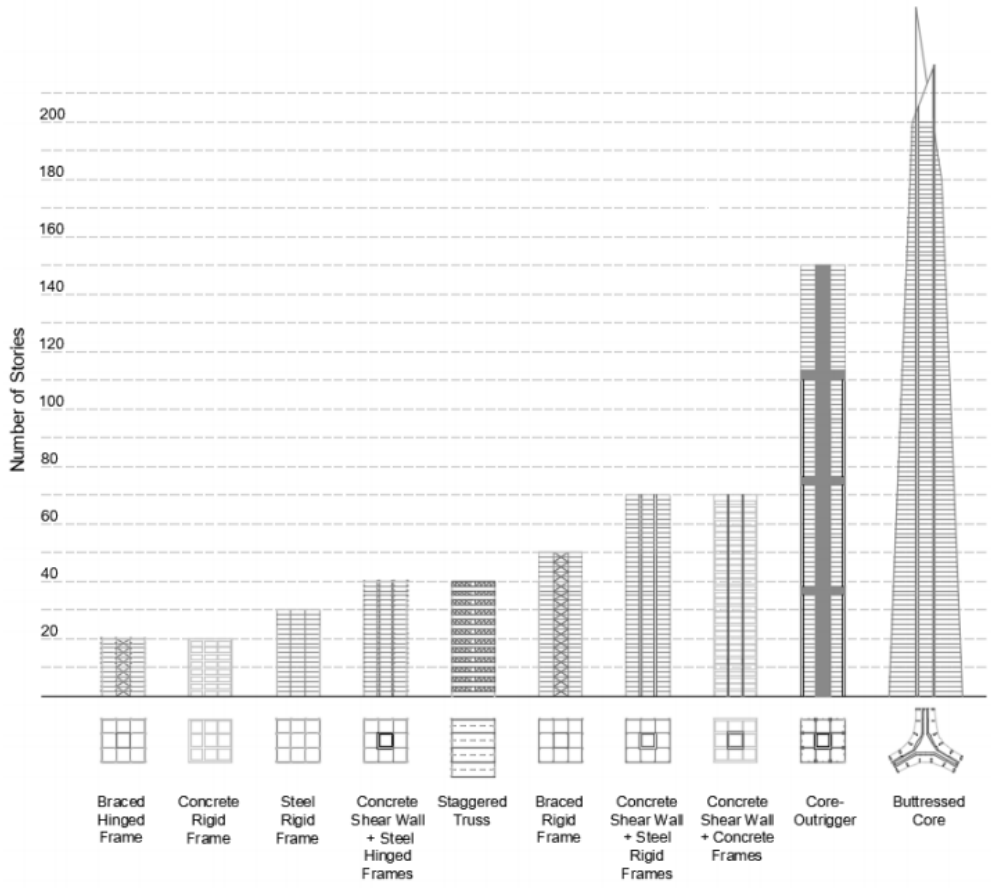
2.6.2 Kantavan rungon rakenneratkaisut ja materiaalit

Korkea rakentaminen on rakennesuunnittelun näkökulmasta hyvin haasteellista. Matalaan rakentamiseen verrattuna rakennesuunnittelun haasteina korkeissa rakennuksissa ovat luotettavien runkorakenteiden, tehokkuuden ja erilaisten järjestelmien sekä rakentamisen nopeuden yhteensovituksen toteuttaminen. Onnistunut kustannustehokas ratkaisu vaatii nykyistä enemmän yhteistyötä ja ymmärrystä suunnittelun ja rakentamisen osapuolilta. (Valjus 2019a)

Korkeiden tornitalojen runkoratkaisun valinta on olennainen osa suunnittelua ja se täytyy tehdä suunnittelun alkuvaiheessa. (Tall buildings 2014) Rungon valinnassa tärkeitä tekijöitä ovat rakennusfysikaalisten edellytysten täyttyminen, rakennuksen toiminnallisten tavoitteiden mahdollistaminen ja rungon toteutuksen riskien hallinta. Rakennus ei saa sortua, vaikka jokin sen osa pettäisi jostain syystä. Suunnitelmissa tulee huomioida mahdolliset riskit ja varmistaa jatkuvan sortuman estäminen. Tämä varmistetaan rakenteiden mitoituksessa testaamalla rakennuksen kantavuutta ottamalla jokin rakenteen osa pois, jonka jälkeen lasketaan sen aiheuttamat vaikutukset. (Martikainen 2017; Valjus 2019b) Korkean tornitalon rakenneteknisessä suunnittelussa tavoitteena on optimaalinen ratkaisu sen sijaan että maksimoitaisiin rakenteita. Kaikki ylimääräinen on myytävän tilan uhraamista, mikä täytyy ottaa suunnittelussa huomioon. Kustannukset saadaan pidettyä kurissa, kun jäykistyssysteemi on mahdollisimman selkeä. (Horelli 2012)

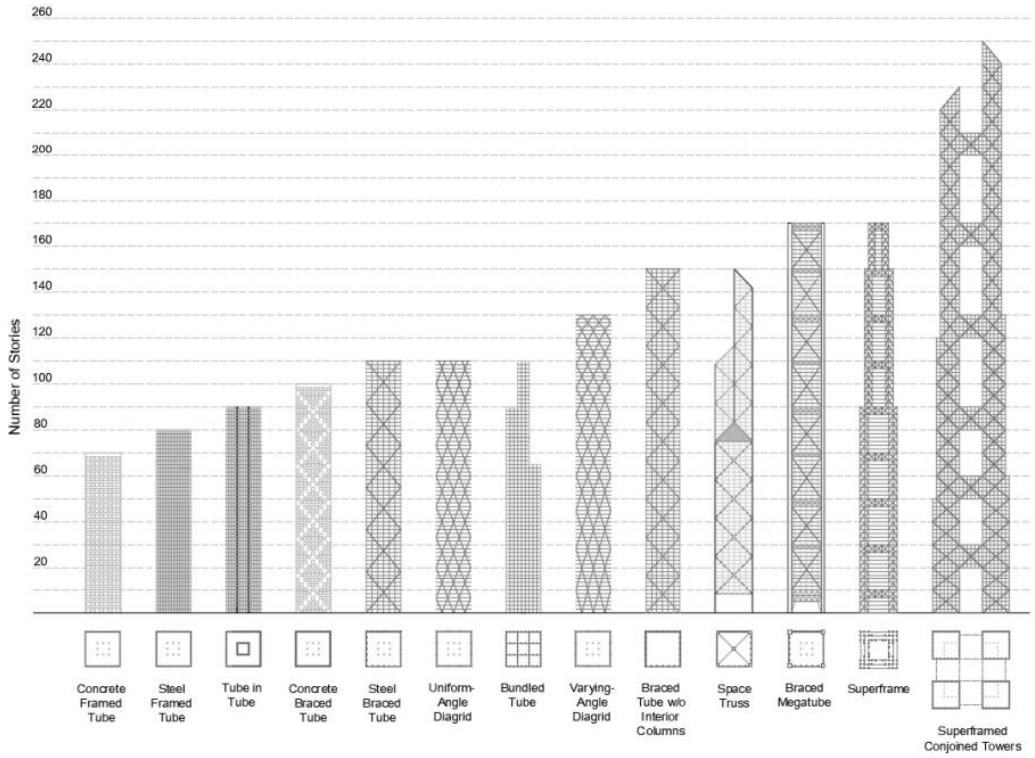
Korkeille rakennuksille on vuosien varrella kehitetty erilaisia runkoratkaisuja. Ali & Moon (2018) esittelevät artikkelissaan nykypäivän tyypillisimmät runkoratkaisut korkeille torneille. He jaottelevat korkeiden rakennusten kantavat rakenteet kahteen eri kategoriaan, jotka ovat sisäiset rakenteet (interior structures) ja ulkoiset rakenteet (exterior structures). Kyseinen jaottelu perustuu rakennuksen kantavien rakenteiden tai rakenneosien sijoittumiseen rakennuksessa. Sisäisten rakenteiden kategoriaan kuuluvat rakennukset, joiden kantavista rakenteista valtaosa sijoittuu rakennuksen sisäosiin. Ulkoisten rakenteiden kategorian rakennuksien kantavat rakenteet sijoittuvat rakennusten ulkokuorelle. Rakennukset sisältävät jaottelusta huolimatta myös jonkin verran rakenteita toisesta kategoriasta. (Ali & Moon 2007; 2018)

Kuva 4 esittelee sisäpuolisten jäykistysjärjestelmien eri ratkaisuja ja niiden viitteelliset tehokkaat maksimikorkeudet.



Kuva 4. Sisäpuoliset jäykistysjärjestelmät (Ali & Moon 2018)

Kuvassa 5 on esitelty ulkopuolisten jäykistysjärjestelmien eri vaihtoehdot ja niiden tehokkaat maksimikorkeudet.



Kuva 5. Ulkopuoliset jäykistysjärjestelmät (Ali & Moon 2018)

Taulukoissa 2 ja 3 on esitelty sisä- ja ulkopuolisten jäykistysjärjestelmien eri vaihtoehdot, niiden mahdolliset alakategoriat, pääasialliset materiaalit ja asetelmat, tehokkaat maksimikorkeudet sekä jäykistysjärjestelmien edut ja haitat. Ali & Moon (2018) mukaan taulukon määritelmät ovat viitteellisiä, koska tehokas maksimikorkeus riippuu monesta eri tekijästä, kuten rakennuksen muodosta, käyttötarkoituksesta ja rakennuspaikasta. (Ali & Moon 2018) Lisäksi rakennus voi epäsymmetrisen muotonsa takia olla haastava toteuttaa vain yhtä jäykistysjärjestelmää hyödyntäen, jolloin kokonaisuus voi muodostua kahden tai jopa useamman jäykistysjärjestelmän yhdistelmänä. (Stafford Smith & Coull 1991)

Taulukko 2. Sisäpuoliset jäykistysjärjestelmät (Ali & Moon, 2018; käännös Pulkkinen 2019)

Kategoria	Alakategoria	Materiaali/asetelma	Tehokas maksimi-korkeus (kerrosta)	Edut	Haitat
Kehäjäykistys (Rigid Frames)	-	Teräs	30	Mahdollistaa joustavan tilasuunnittelun. Nopea rakentaa.	Momenttiliitosten ja palosuojauksen toteutus kallista
		Betoni	20	Mahdollistaa joustavan tilasuunnittelun. Helppo valaa.	Muottityö kallista. Hidas rakentaa.
Ristikkojäykistys (Braced Hinged Frames)	-	Jäykistävät teräsristikot + Teräksinen kehänivel	20	Ottaa vaakakuormat tehokkaasti vastaan. Kuormat siirtyvät sauvojen aksiaalivoimina. Sallii matalampia palkkeja verrattuna jäykkään kehään, jossa ei ole diagonaalisauva jäykistystä.	Rajoittaa tilasuunnittelua jäykistävien ristikoiden takia. Kalliit diagonaali liitokset.
Jäykistävä seinä/ Ristikko (Shear Wall/ Hinged Frames)	-	Jäykistävä betoniseinä + Teräsristikko	40	Ottaa tehokkaasti vaakasuuntaista leikkausta vastaan jäykistävien betoniseinien ansiosta.	Rajoittaa tilasuunnittelua jäykistävien seinien vuoksi
Porrastettu ristikko (Staggered Truss)	-	Teräs	40	Tehokkaasti vastustaa vaakakuormia, tyypillisesti pilariton alataso. Nopea rakentaa. Matala kerroskorkeus, joka vähentää rakennuksen kokonaiskorkeutta ja siten teräskustannuksia.	Aiheuttaa merkittävän tilasuunnittelurajoituksen ristikoiden ollessa kerroksen korkuisia kantavia rakenteita. Heikko pituussuunnassa.
Jäykistävä seinä (tai ristikko) - kehäjäykistyksen yhdistelmä Shear Wall (or Shear Truss) – Frame Interaction	Jäykkä kehäjäykistys	Jäykistävät teräsristikot + Jäykistävä teräskehä	40	Ottaa tehokkaasti vaakakuormia vastaan yhdistetyn jäykistävän ristikko-kehänrakenteen avulla.	Rajoittaa tilasuunnittelua jäykistävien ristikoiden takia
	Jäykistävä seinä/ kehäjäykistys	Jäykistävä betoni (tai liittorakenteinen) seinä/ ydin + jäykkä teräskehä	70	Ottaa tehokkaasti vaakakuormia vastaan yhdistetyn jäykistävän seinä-kehärakenteen avulla.	Rajoittaa tilasuunnittelua jäykistävien seinien vuoksi
		Jäykistävä betoniseinä/ ydin + Betoninen kehärakenne	70	‘’	‘’
Ydin-Outrigger -rakenne	Vyöristikko tai vyöseinä (satunnaiset virtual outriggerit)	Betoni tai teräs tai liittorakenne ydin + Outriggerit (tai virtual outriggeri) + vyöristikko tai vyöseinä + reunapilarit	80	Tehokkaasti vastustaa kumoavia momentteja reunapilareiden avulla, jotka on yhdistetty ytimeen outriggereiden avulla vyöristikoiden tai vyöseinien kautta. Voidaan muuntaa virtual outrigger järjestelmäksi eliminoimalla outriggerit ja jäykistävät kerrokset, jotta outriggerit eivät häiritse kerroksia.	Outriggerit ovat hyödynnettävän tai vuokrattavan tilan esteenä kerrostilassa, jonka vuoksi ne sijoitetaan yleensä teknisiin tiloihin.

(Core-Outrigger)	Suurpilarit (kanssa tai ilman vyöristikoita tai vyöseiniä)	Betoni tai teräs tai liittorakenne ydin + outrigger + (vyöristikko tai vyöseinä) + reunasuurpilarit	150	Tehokkaasti vastustaa kumoavia momentteja suurreunapilareiden avulla, jotka on yhdistetty ytimeen outriggereiden avulla vyöristikoiden tai vyöseinien kautta. Tarjoaa arkkitehdille enemmän joustavuutta luoda esteetöntä julkisivua verrattuna saman korkuisiin putkirakenne rakennuksiin.	,,
Tukipylväs ydin rakenne (Buttressed Core)	-	Betoniydin + ytimestä ulkonevat jäykistävät ja tukevat seinät (+ripamaiset seinät ja/tai outriggerit lisäjäykistämässä systeemiä)	200	Vastustaa tehokkaasti vaakakuormia. Ratkaisee erittäin korkeiden rakennusten ongelman liian syvästä sisätilasta, joka vaaditaan vaakakuormia vastaan.	Huomattavia rajoituksia tilankäytössä johtuen suuren avoimen tilan luomisen haastavuudesta

Taulukko 3. Ulkopuoliset jäykistysjärjestelmät (Ali & Moon 2018; käännös Pulkkinen 2019)

Kategoria	Alakategoria	Materiaali/asetelma	Tehokas maksimikorkeus (kerrosta)	Edut	Haitat
Kehämäinen putkirakenne (Framed tube)	-	Teräs	80	Ulkokehälle sijoitettu vaakajäykistysjärjestelmä ottaa tehokkaasti vastaan vaakavoimia. Häiritsee vähiten tilasuunnittelua.	Leikkausviiveilmiö (Shear lag) estää todellisen putkimaisen käyttäytymisen. Kapea pilariväli estää näkymän.
		Betoni	70	,,	,,
Jäykistetty putkirakenne (Braced tube)	Sisäiset pilarit	Teräs	110	Tehokkaasti vastustaa vaakavoimia jäykistettyjen putkiprofiilien kautta. Suuremmat pilarietäisyydet verrattuna kehämäiseen putkirakenteeseen. Vähentää leikkausviiveilmiötä.	Jäykistysjärjestelmä haittaa näkymää.
		Betoni	100	,,	,,
	Ilman sisäisiä pilareita	Teräs tai liittorakenteinen	150	Voi olla korkeampi kuin perinteiset jäykistetyt putkirakenteet, joissa on sisäpuoliset pilarit, johtuen pienemmistä vetokuormista	Vaatii hyvin pitkäjänteiset kerroskannattajat, joiden pitää kantaa koko rakennuksen leveydeltä
	Jäykistetty suurputki	Liittorakenne	170	Entistä tehokkaammin vastustaa kumoavia momentteja reunan suurpilareilla, kuin perinteiset jäykistetyt putket. Suurpilareiden väliset gravitaatiopilarit voidaan helposti suunnitella mekanismiksi estämään jatkuva sortuma.	Jäykistysjärjestelmä haittaa näkymää.

Niputettu putkirakenne (Bundled tube)	-	Teräs	110	Vähentää leikkausviiveilmiötä verrattuna kehämäiseen putkirakenteeseen	Voi aiheuttaa yleisesti rajoituksia sisätilan suunnittelussa, johtuen putkien välisistä pilarilinjoista.
		Betoni	110	,,	,,
Diagonaalinen julkisivuristikko (Diagrid)	Diagonaalinen ristikko – yhtenäinen kulma	Teräs	100	Ottaa tehokkaasti vaakaleikkausta vastaan. Voimat siirtyvät diagonaalisauvojen aksiaalivoimina.	Monimutkaiset liitokset. Useat diagonaalit voivat olla esteitä.
		Betoni	80	,,	Kallis muottityö. Hidas rakentaa.
		Liittorakenne	110	,,	Hidas rakentaa
	Diagonaalinen ristikko – vaihtuva kulma	Teräs tai liittorakenne	130	Kantaa tehokkaammin vaakavoimia, kuin yhtenäisen kulman diagonaaliristikkorakenne korkeammissa ja hoikemmissa rakennuksissa	Rakentaminen voi olla kalliimpaa kuin tasakulmaisen diagonaaliristikkorakenteen
Putki putkessa rakenne (Tube in tube)	-	Ulkokehällä putkirakenne (Teräs tai betoni) + Sisäpuolella ydinputkirakenne (teräs tai betoni)	90-150 riippuen putkirakenteen yhdistelmästä	Ottaa tehokkaasti vaakakuormia vastaan sisäpuolisen ydinputken ja ulkopuolisen kehäputken yhteisvaikutuksen ansiosta	Tilasuunnittelussa rajoituksia, johtuen sisäpuolisesta ydinputkesta
Avaruusristikko rakenne (Space Truss)	-	Liittorakenne	150	Ottaa tehokkaasti vaakaleikkausta vastaan. Voimat siirtyvät avaruusristikoiden sauvojen aksiaalivoimina.	Jäykistysjärjestelmä rajoittaa näkymää
Superkehärakenne (Superframe)	Itsestään seisova	Teräs	170	Vastustaa tehokkaasti vaakavoimia monipuolisten superkehäkonfiguraatioiden avulla	Rakennuksen muoto riippuu suuressa määrin jäykistävästä rakennejärjestelmästä.
		Betoni	100	,,	,,
	Yhteen liitetyt tornit	Liittorakenne	250+	Voidaan tehokkaasti rakentaa erittäin korkea rakennuskokonaisuus. Tarvitsee useita hätäpoistumistievaihtoehtoja.	Vaatii todella suuren rakennusalueen

Korkean rakennuksen rakennejärjestelmä olisi rakennesuunnittelun näkökulmasta yksinkertaisinta valita gravitaatio- ja vaakavoimien perusteella. Rakennejärjestelmän valintaa ei kuitenkaan voida valita niin yksinkertaisesti, johtuen valintaan vaikuttavista useista eri tekijöistä. Valintaan vaikuttavat ainakin:

- tilasuunnittelu
- rakennusmateriaalit ja toteutustapa
- arkkitehtoniset ratkaisut
- talotekniikan sijainti ja reititys

- vallitsevien vaakavoimien suuruus ja luonne
- rakennuksen korkeus ja laajuus

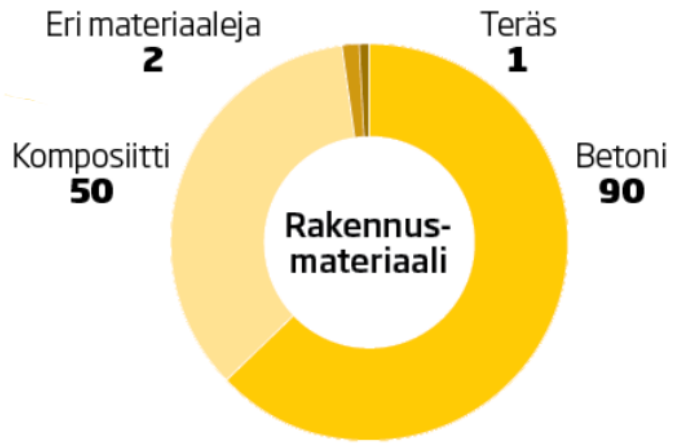
Tärkein tekijä korkean rakennuksen rungon rakenneratkaisun valinnassa on kuitenkin rakennuksen käyttötarkoitus. Taulukoissa 2 ja 3 on karkeasti kuvailtu eri jäykistysjärjestelmien vahvuuksia ja heikkouksia, jotka liittyvät rakennuksen toimintoihin. Toimistot vaativat tyypillisesti avointa tilaa, joka on helposti jaettavissa osiin kevein rakentein, käyttäjien tarpeiden mukaan. Tällöin rungon vertikaaliset rakenteet tulee sijoittaa rakennuksen reunalle tai keskelle hissi-, porras- ja tekniikkakuilujen yhteyteen. Talotekniikka johdetaan avoimeen tilaan alakaton teknisen tilan kautta. Toimistojen avoimuus muodostaa tilasta melko syvän, jolloin kerroskorkeus on myös korkea, tyypillisesti 3,5 metrin luokkaa. Asuin- ja hotellirakennuksissa tila jaetaan tavallisesti kantavien rakenteiden mukaisesti, jotka myös toistuvat kerroksittain. Talotekniikan on mahdollista kulkea kantavien ja toistuvien rakenteiden mukana, jolloin ne ovat lähellä palveltavia tiloja tai ne voidaan ohjata kulkemaan kerroskohtaisia käytäviä pitkin alakaton sisällä. Ilman alakattoratkaisua kerroskorkeudet saadaan matalammaksi, tyypillisesti 2,7 metrin korkeudelle. Korkeiden rakennusten kerroskorkeudet vaihtelevatkin rakennuksen toiminnan mukaan ja siitä johtuen saman kerrosmäärän omaavat asuin- ja hotellitornit voidaan rakentaa toimistotorneja matalampana. (Stafford Smith & Coull 1991)

Toimivan runkoratkaisun suunnittelu edellyttää muiden suunnittelun alojen kannalta ratkaisuja samanaikaisesti. Hankkeen suunnittelu aikaistuu, mikä poikkeaa tavanomaisesta suunnitteluprosessista. Rakennuksen kaikkien tilojen käyttötarkoituksia ei tavallisesti ole täysin määritelty suunnittelun alkaessa. Tämä aiheuttaa haasteita erityisesti talotekniikan suunnittelulle, jonka täytyy pystyä määrittelemään jäykistäviin rakenteisiin tulevat talotekniset varaukset jo hyvin aikaisessa vaiheessa. (Valjus 2019a)

Teräs ja betoni sekä niiden yhdistelmät ovat korkeiden rakennusten pääasialliset rakennusmateriaalit. Korkean rakentamisen alkuaikojen kaltaiset täysin teräksiset vertikaaliset jäykistävät rakenteet ovat edelleen mahdollisia, mutta teräsbetonin ja teräksen muodostamat liittorakenteet ovat nykyään paljon yleisempiä. Teräsrungolla on etuna nopeus, kun rakenteet voidaan esivalmistaa tehtaissa. Teräksen ominaisuudet palotilanteissa ovat kuitenkin heikot, jonka takia teräsrunko täytyy aina palosuojata. Tämä aiheuttaa kustannuksia ja hidastaa toteutusta sekä heikentää lopulta teräsrungon toteutuksen todellista nopeutta. Betonin luontaiset ominaisuudet, kuten massan vaimentava ominaisuus, palonsieto ja ääneneristys ovat edesauttaneet sen käyttöä korkeissa rakennuksissa. Lisäksi korkealujuusbetonin kehittyminen on mahdollistanut betonin hyödyntämi-

sen korkeassa rakentamisessa kasvavassa määrin ja betonin pumppaustekniikan kehittyminen on mahdollistanut betonin pumppauksen entistä korkeammalle. Betoni onkin muodostunut pääasialliseksi materiaaliksi korkeiden rakennusten toteutuksessa. (Eisele & Kloft 2003 s. 80-81; Tall buildings 2014)

Kuvasta 6 nähdään kuinka betoni ja komposiittimateriaalit, eli liittorakenteet ovat olleet vuoden 2018 yleisimmät rakennusmateriaalit yli 200 metrisissä korkeissa rakennuksissa.



Kuva 6. Vuonna 2018 rakennettujen yli 200 -metristen rakennusten rakennusmateriaalit (Törmänen & Sahla 2019)

Elementtitekniikalla rakentamista voidaan yleisesti nopeuttaa ja sitä voidaan hyödyntää myös korkeassa rakentamisessa. Matalaan rakentamiseen verrattuna ongelmia aiheuttaa kuitenkin nosturin rajallinen nostokapasiteetti sekä nostamiseen kuluva aika. (Valjus 2019a)

Korkean rakennuksen toteutustavan ja materiaalin valinta on pääasiassa hankekohtainen päätös, jota ohjaa hankkeen taloudelliset ja toiminnalliset tekijät. Globalisaation myötä paikallisten rakennustapojen vaikutus rakennustapoihin on vähentynyt, mikä on mahdollistanut monipuolisten vaihtoehtojen toteutukseen. (Eisele & Kloft 2003)

2.6.3 Julkisivut

Julkisivun tehtävänä on suojata rakennusta ulkoilman vaikutuksilta, joihin liittyy oleellisesti tuulen, veden ja lämpötilan muodostamat olosuhteet, auringon valon hallinta sekä akustiset asiat. Korkeissa rakennuksissa julkisivut toteutetaan usein verhoavalla julkisivulla (curtain wall), joka toimii ikään kuin rakennusta suojaavana verhona. Verhoavana julkisivumateriaalina käytetään yleisesti lasia, joka on ominaisuuksiltaan kestävä ja monipuolinen. (Boon Kwee 2018)

Korkeat rakennukset suunnitellaan 100 vuoden käyttöikään, eikä julkisivuja ole tarkoitus vaihtaa tai saneerata suuremmin sillä aikavälillä. Tämä asettaa haasteita suunnittelulle toteuttaa julkisivut kerralla oikein. Ulkovaipalle kohdistuu erityisiä vaatimuksia, kun ulkoilma on kylmä, sateinen ja tuulinen keli. Kova tuuli voi muuttaa sateen suuntaa vaakasuuntaiseksi ja vesi voi nousta rakennuksen seinää pitkin useita metrejä. Virheet julkisivuissa ilmenevät tiiveyden puutteena, jolloin vesi pääsee rakenteisiin sisään ja tuuli voi aiheuttaa liitoksissa ikävää vihellystä. Virheellisesti toteutettu julkisivu on myös suuri turvallisuusriski osien putoamisen kannalta. Virheiden korjaaminen on hyvin kallista, kun kyseessä on korkea rakennus. Julkisivujen asennus korkealle on myös tavallista haastavampaa. Suunnittelussa voidaan kuitenkin tehdä ratkaisuja, jolloin julkisivujärjestelmät asennetaan sisältä päin laatan reunalta, sen sijaan, että ne asennettaisiin telineiltä ulkoa päin. (Ala-Ojala 2011; Martikainen 2017; Boon Kwee 2018)

Julkisivu on korkean rakennuksen oleellinen osakokonaisuus, jonka toteutus edellyttää selvityksiä sen toimintaan liittyen. Erilliset selvitykset tulee esittää jo rakennuslupavaiheessa. Korkean rakentamisen rakentamistapaohjeen (2018) mukaan selvityksissä tulee esittää:

- tuuliselvitys
- rakennesuunnittelijan tekemä selvitys julkisivurakenteiden suunnittelussa käytettävistä kuormista
- julkisivurakenteiden staattiset ja dynaamiset lujuusanalyysit on laadittava sekä tarkistutettava ulkopuolisen tarkastajan toimesta
- Julkisivua koskevien suunnitelmien ulkopuolinen tarkastus vaaditaan ainakin seuraavista:
    - lujuuslaskelmat
    - dynaamiset rasitukset
    - muodonmuutokset
    - kiinnitykset ja liitokset
    - vedenpitävyys- ja ilmanpitävyys sekä julkisivun kosteustekninen toiminta
    - paloturvallisuus
    - julkisivun lämmönpitävyys ja lämpöliikkeet
    - julkisivun huoltojärjestelyt
    - rakenneosien pitkäaikaiskestävyys
    - irtoavien esineiden, jään ja lumen putoaminen
    - asennussuunnitelma, joka sisältää esineiden ja elementtien putoamisen estämisen
    - auringonvalon ja varjostumien vaikutukset sekä auringonvalon heijastuminen
    - äänitekninen toimivuus
    - salamasuojaus
    - lentoestevalaistus
- Riskianalyysi, jossa julkisivurakenteet käsitellään osakokonaisuutena

Julkisivuratkaisu vaatii paljon selvityksiä, jotka vaaditaan mukaan rakennuslupaa haettaessa. Tästä johtuen ennakkoneuvottelut käytettävästä julkisivuratkaisusta on tehtävä

yhteistyössä viranomaisen kanssa hyvissä ajoin ennen rakennuslupaa. (Korkean rakentamisen ohjekortit 2018)

2.6.4 Tuulikuorma ja tuulisuus

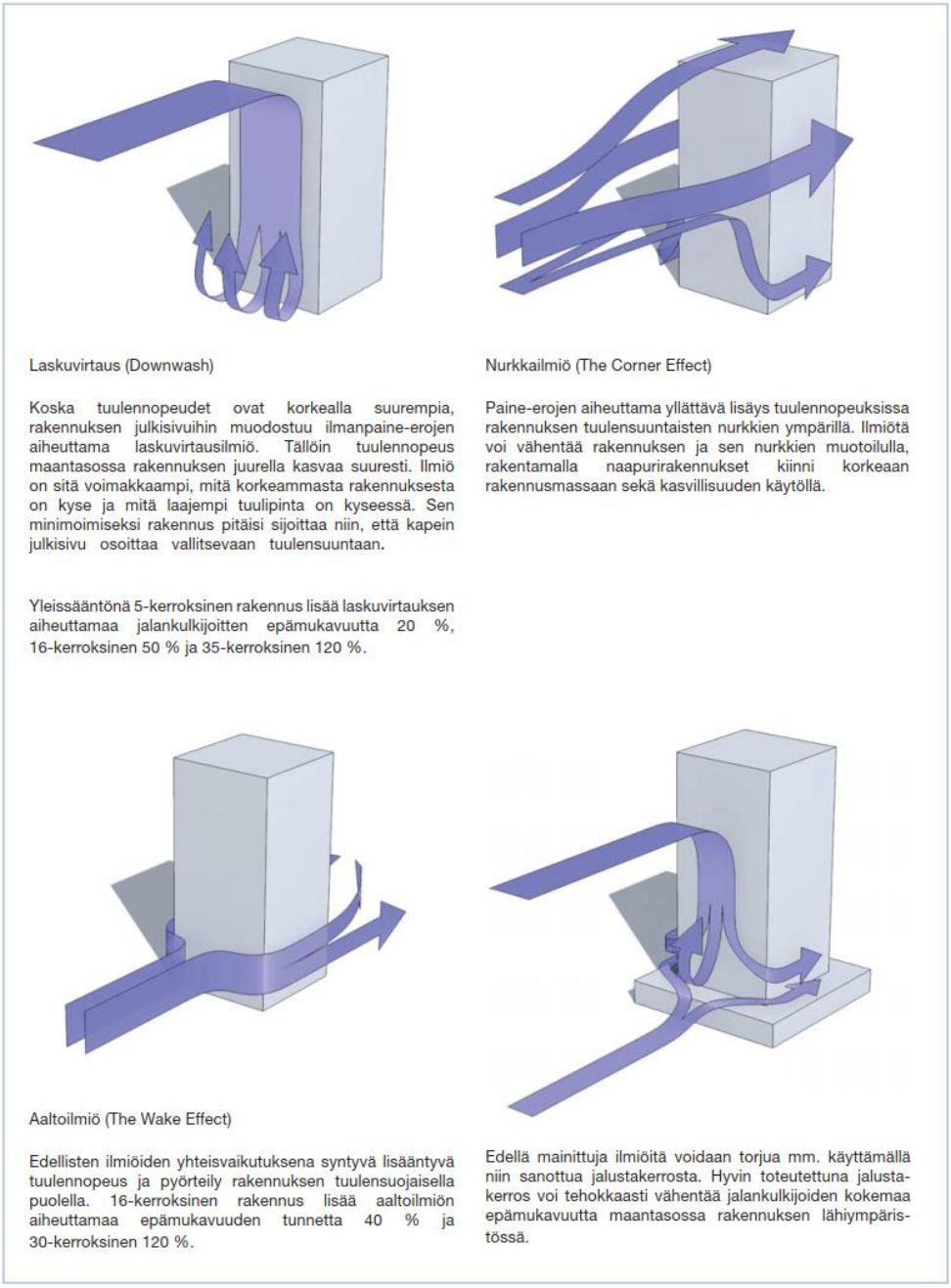
Tuulikuorma aiheuttaa korkeissa rakennuksissa erilaisia ilmiöitä ja haasteita. Tämä johtuu siitä, että korkeammalle mentäessä tuulen vaikutukset korostuvat ja etenkin tuulennopeuden ja puuskaisuuden vaihtelut korostuvat merkittävästi. Lisäksi korkeuden kasvaessa rakennuksen hoikkuus, eli korkeuden suhde leveyteen kasvaa ja rakennus on entistä alttiimpi tuulikuormien vaikutuksille. (Mäkinen 2016)

Vaakavoimien vaikutusten huomioiminen suunnittelussa on yksi tärkeimpiä tekijöitä korkeiden rakennusten suunnittelussa ja myös merkittävin tekijä, joka erottaa korkean ja matalan rakennusten suunnittelun. (Tall buildings 2014, s.3) Suunnittelun ja mitoituksen perustana ovat oikein mitoitetut kuormitukset, joihin eurokoodeista saadaan yleensä tarvittavat peruskuormat ja perusmitoitusohjeet. Käytännössä tuulikuormien luotettava määritys vaatii yleensä tuulitunnelikokeita. (Valjus 2019a)

Tuulikuormat aiheuttavat staattisia ja dynaamisia kuormia, jotka riippuvat tuulisuhteista, rakennuksen ulkoisesta geometriasta ja rakenteesta, johon liittyvät rakennuksen elastiset ominaisuudet ja sen sisäinen vaimennus. Tuulisuhteilla tarkoitetaan tuulen maksiminopeutta, tuuligradienttia ja tuulen puuskaisuutta. Maksiminopeus muodostuu keskiarvona tietyltä määritetyltä ajanjaksolta ja koska tuuli on puuskaista, ilmoitetaan se jonkin aikajakson keskiarvona, joka on yleisesti 1-10 minuutin väliltä. Lisäksi tuulen nopeus kasvaa ylöspäin mentäessä, joten maksiminopeus on redusoitu vastaamaan nopeutta 10m korkeudella. Tuuligradientti puolestaan viittaa nopeusprofiilin muotoon, joka on riippuvainen maastotyypistä. Tuulen puuskaisuuden eli turbulenttisuuden aiheuttaa maan ja ilman välinen kitka. Tuulen keskinopeuden ollessa suuri, puuskan frekvenssialue osuu rakennuksen frekvenssialueeseen, joka puolestaan aiheuttaa rakennuksessa värähtelyä. (Laine 1972 s. 4-6) Korkeiden rakennusten kohdalla merkittävä tuulesta johtuva ilmiö on myös pyörreratailmiö ja se aiheuttamat poikittaisvoimat, koska ne aiheuttavat rakennukselle poikittaissuuntaista liikettä ja värähtelyä. Mikäli pyörteiden irtoamisfrekvenssi sattuu lähelle rakennuksen ominaistaajuutta, voi rakennus värähtelyn lisäksi alkaa resonoimaan tuulen vaikutuksesta, mikä voi puutteellisesti vaimennetussa rakennuksessa aiheuttaa vaarallisen suuria siirtymiä. Pyörreratailmiölle on laskettavissa kriittinen tuulen nopeus, jolla voidaan määritellä raja-arvo tuulen sallitulle nopeudelle. Rakennusten muodon ja korkeuden poiketessa tavanomaisesta ei normien mukaiset mitoitukset ja vakiintuneet painekertoimien arvot todennäköisesti enää sovellu laskentaan, vaan silloin on

tarpeellista määrittää paine- ja muotokertoimet tuulitunnelikokeiden sekä numeerista virtausdynamiikkaa hyödyntävien ohjelmistojen avulla. (Mäkinen 2016; Valjus 2019a)

Kuvassa 7 on esitelty yleisiä tuulen liikkeitä korkean rakennuksen pinnalla sekä sen aiheuttamia laskuvirtaus-, nurkka- ja aaltoilmiötä.



Kuva 7. Korkeaan rakentamiseen liittyviä tuulisuusilmiöitä (Bennet et al. 2007, käännös Turun kaupunki 2017)

Asukkaiden viihtyisyyden, turvallisuuden ja energiatehokkuuden kannalta alueen tuulisuus ja tuulen suunnat täytyy ottaa huomioon kaavoituksessa ja rakennussuunnittelussa. Suunnittelulla tulee ehkäistä ja välttää tuulen kanavoituminen sekä minimoida korkeiden rakennusten aiheuttamat tuuliolosuhteiden muutokset lähiympäristössä. Lisäksi turvallisuuden kannalta on oleellista, että rakenteet kestävät tuulen aiheuttaman dynaamisen rasitteen koko elinkaarensa ajan, eli myös rakentamisen ajan. Kaavoituksen ja rakennussuunnittelun tueksi tehtävien tuulisuusselvityksien avulla voidaan mallintaa rakennettavaan rakennukseen kohdistuvia tuulen aiheuttamia haasteita. Lisäksi selvityksissä voidaan arvioida viistosateiden esiintymistodennäköisyyttä, jotka voivat aiheuttaa rakennukseen esimerkiksi kosteusongelmia. (Ilmatieteenlaitos 2019a)

Horelli (2012) raportissa haastatellun Wise Group Finlandin rakennesuunnittelija Jukka Ala-Ojalan mukaan korkeiden rakennusten suunnittelussa on tekijöitä, joita ei Suomessa ole juurikaan tarvinnut ennen huomioida. Näistä tärkeimpiä ovat juuri tuulen dynaamisten voimien vaihtelut ja värähtelyt, joiden suunnittelussa menetellään laajalti kansainvälisten mallien ja käytäntöjen mukaisesti, koska Suomessa niitä ei ole tarkasti normitettu. Hän huomauttaa värähtelyn ja kiihtyvyyksien hallitsemisessa olevan kyse käyttömukavuudesta (Human comfort), mikä ei niinkään ole turvallisuusasia. Turvallisuustekijät ovat erillinen asiakokonaisuus, johon liittyy tuulen paineen mitoitus. Turvallisuustekijöiden laskenta perustuu normeihin, jotka ovat peräisin tutkimustiedoista ja kaavoista, mutta aina ne eivät ole riittäviä. Tämä ilmenee esimerkiksi tapauksissa, joissa tornirykelmät muodostavat tuulenpyörteitä ja vaikuttavat siten vierekkäisiin torneihin. Kyseisissä tapauksissa täytyy hyödyntää tuulitunnelikokeita, joiden avulla tuulikuormat voidaan määritellä. Ala-Ojalan mukaan 40-kerroksinen rakennus huojuu tuulessa ja laskennalla voidaan määritellä, paljonko se huojuu. Oleellista on myös määritellä, paljonko se saa huojua sekä millaista huojuminen tulee olemaan. Liikkeen määrä ei ole tärkeintä vaan oleellista on tietää kiihtyvyys. Häiritsevä huojuminen aiheuttaa ihmisissä muun muassa merisairauden tunnetta, mikä voidaan suunnittelun avulla ehkäistä. Rakennuksen rungon ja perustuksien kestävyyden lisäksi tuulen haitallisia vaikutuksia täytyy myös tarkastella kokonaisvaltaisesti rakennuksen muuhun tekniikkaan. Korkean rakennuksen liiallinen värähtely voi aiheuttaa ongelmia rakennuksen julkisivun saumoihin, jotka voivat liiallisen värähtelyn seurauksena alkaa vuotamaan. Lisäksi rungon värähtely saattaa aiheuttaa liiallista heiluntaa hissien kannatinvaijereihin. Jäykistäviä rakenneratkaisuja on olemassa erilaisia ja niiden valintaa ohjaa rakennuksen suunniteltu käyttötarkoitus. Täysin huojumatonta rakennusta ei ole syytä suunnitella, koska se ei ole kannattavaa, eikä tilaa ole syytä tuhlata jäykistyksen ylimitoitukseen. Huojunnan optimointi on tärkeä osa korkean

rakentamisen suunnittelua, koska sillä on taloudelliset ja käytännölliset vaikutukset. Huojunnan raja-arvot vaihtelevat asunnoille, toimistoille ja hotelleille. Asunnoilla raja-arvot ovat tiukimmat, toimistoilla lievimmät ja hotellien raja-arvojen katsotaan olevan niiden välillä. Huojunnan sallittavana raja-arvoina pidetään tasoa, jossa viiden vuoden aikana 2% asukkaista saattaa havaita huojuntaa. Rakennuksen toiminnot määrittelevät tilojen luonteen ja sen perusteella myös korkealle rakennukselle määritellään jäykistyssysteemi. Erilaisille jäykistyssysteemeille on määritelty taloudellisia kerrosmääriä, jotka osaltaan ohjaavat jäykistyssysteemin valintaa. Lisäksi rakennuksen pohjan muodolla voidaan vaikuttaa tuulen vaikutuksiin ja siten se osaltaan vaikuttaa myös huojunnan optimointiin. (Horelli 2012; Kiviluoma 2007)

Mikäli huojunta kuitenkin kasvaa liian suureksi, on sitä hallittava vaimentajien avulla. Rakennukseen asennettavat vaimentimet viritetään toimimaan rakennuksen ominaistaajuudella, jolloin ne vaimentavat huojuntaa tehokkaasti. Vaimentimia on olemassa monenlaisia, kuten viritetty massavaimennin (tuned mass damper) sekä vedellä täytettävät vaimennussäiliöt. Vaimentimien hyödyntäminen on tavanomaista yli 200 metriä korkeissa rakennuksissa. (Valjus 2019b)

2.6.5 Hormi-ilmiö

Hormi-ilmiö (Stack effect) on vertikaalista ilmavirtausta rakennuksen sisällä, jonka aiheuttaa sisä- ja ulkoilman välisen lämpötilan vaihtelun seurauksena muodostuva paine-ero. Lämpötilaerot ovat varsin suuret talviaikaan, jolloin hormi-ilmiön vaikutukset korostuvat. Paine-ero voi myös tapahtua rakennuksen sisällä kahden eri tilan välillä. Hormi-ilmiön vaikutukset ovat usein ongelmallisia, koska ne aiheuttavat ei toivottua ilmavirtausta rakennuksen sisällä ja edistävät palon syttyessä savun ja tulen leviämistä. Lisäksi paine-erojen takia hissien ovet saattavat mennä epäkuntoon ja manuaalisten ovien avaaminen voi olla hankalaa. Korkeissa rakennuksissa ilmiö korostuu, kun rappu- ja hissikuilut toimivat hormeina, joiden kautta ilmavirran on helppo päästä liikkumaan vertikaalisesti. (Strege et al. 2016, s. 212; Simmonds & Zhu 2013, s.324)

Hormi-ilmiötä hallitaan lähtökohtaisesti rakenteita tiivistämällä, joka estää ilmaa virtaamasta vapaasti rakennuksessa. Rakennusta ei kuitenkaan voida saada täysin tiiviiksi, joten hormi-ilmiötä täytyy myös hallita taloteknisten ratkaisujen avulla. Talotekniikan avulla voidaan hallita ilmavirtoja ja painejakaumaa. Hormi-ilmiön kannalta oleellisia paikkoja, kuten sisääntuloauloja tulisi tarvittaessa paineistaa erikseen ilmanvaihdon avulla. (Simmonds & Zhu 2013)

Rakennuksen hormi-ilmiö muodostuu usean eri tekijän kokonaisuutena, joten sen tarkastelu täytyy tehdä kiinnittämällä huomiota sitä aiheuttaviin tekijöihin ja niiden muodostamaan yhteisvaikutukseen. Rakennuksen korkeus ja vallitseva ulkoilman lämpötila ovat keskeisimmät tekijät hormi-ilmiölle, mutta ne eivät kuitenkaan määrittele täysin ilmiön suuruutta ja luonnetta. Rakennuksen pohjan muoto ja sen vaihtelut, vaipan vuotavuus, tuulen vaikutukset ja ilmastointisysteemi ovat myös hormi-ilmiölle altistavia tekijöitä, joten niiden vaikutusta kokonaisuuteen tulee tarkastella. Useista tekijöistä johtuen hormi-ilmiötä tulee käsitellä osatekijöiden muodostamana systeeminä, joka tulee myös huomioida laskutoimituksissa. Lopullista luonnetta ei yleensä voida selvittää osatekijöiden erillisten laskutoimitusten avulla, koska ne eivät käsittele ilmiötä osatekijöidensä muodostamana kokonaisuutena ja siten ne saattavat antaa virheellisen tuloksen. Hormi-ilmiön hallinnan monitahoisuudesta johtuen, onnistunut toteutus vaatii suunnittelijoiden välistä yhteistyötä. (Strege et al. 2016, s.211-212; Simmonds & Zhu 2013)

2.6.6 Talviolosuhteet

Talviolosuhteet aiheuttavat haasteita rakennusten toteutuksessa ja käytön aikana, kuten edellisessä alaluvussakin todettiin. Tässä tutkimuksessa ei tarkastella korkean rakennuksen rakentamisvaihetta ja siinä ilmeneviä talven aiheuttamia haasteita. Kylmä ilmasto täytyy kuitenkin huomioida jo suunnitteluvaiheessa.

Terminen talvi on suuressa osassa Suomea pisin vuodenaika. Talvi ei kuitenkaan ala tai lopu yhdellä kertaa, vaan lämpötila vaihtelee plussan ja miinuksen välillä pitkäänkin. (Ilmatieteenlaitos 2019b) Tämä aiheuttaa ongelmia, kun jää kertyy ja sulaa talojen rakenteissa. Talviolosuhteissa jään ja lumen tippuminen korkealta on estettävä. Perusratkaisuna korkeissa paikoissa on, ettei lunta ja jäätä aleta poistamaa vaan ne sulatetaan, jonka jälkeen ne ohjataan vetenä pois. Korkeissa rakennuksissa sulavalle lumelle täytyykin olla toimiva poistotie. Jääpuikkojen muodostumista vastaan on mahdollista rakentaa esimerkiksi suojaverkkoja tai -katoksia. Lisäksi lumen ja jään suojautumisessa on mahdollista hyödyntää terasseja, pergoloita ja erkkereitä. Lumen ja jään hallinta rakennuksen pinnalla tarkoittaa kuitenkin, ettei terasseja tai parvekkeita voida toteuttaa perinteisellä tavalla. (Martikainen 2017)

2.6.7 Eko- ja energiatehokkuus

Ekotehokkuudella tarkoitetaan toimintaa, jossa vähemmällä pyritään tuottamaan enemmän ja tavoitteena on kuluttaa mahdollisimman vähän materiaaleja, raaka-aineita ja

energiaa. Korkeat rakennukset eivät lähtökohtaisesti ole ekotehokkaita, johtuen rakenteiden suuresta materiaalin määrästä, suhteellisen tehottomasta tilankäytöstä ja suuremmasta käytönaikaisesta energiankulutuksesta. Korkeiden rakennusten energia- ja materiaalitehokkuutta tuleekin kehittää muiden keinojen avulla. Hankkeen ekotehokkuutta kehittävät ratkaisut tulee käsitellä aikaisessa vaiheessa, jotta niiden vaikutukset suunnitteluun ja kustannuksiin voidaan käsitellä ajoissa. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011)

Simmonds (2015) käsittelee teoksessaan korkeiden rakennusten energiatehokkuutta kehittäviä toimenpiteitä. Seuraava listaus sisältää olennaisia toimenpiteitä, joilla korkeiden rakennusten energiankulutusta voidaan laskea:

- auringonvalon haitallisten vaikutusten minimointi julkisivun ratkaisujen avulla
- päivänvalon hyödyntäminen valaistuksessa
- rakennuksen energian uudelleenkäyttö
- puhallin- ja pumppausjärjestelmien kuluttaman energian vähentäminen kerroskohtaisten LVI-järjestelmien avulla
- tuulen ja rakennuksen sisäisiin virtauksiin perustuvan ilmastoinnin ja jäähdytyksen hyödyntäminen, mikäli mahdollista
- vähän kuluttavien ilmanvaihdon päätelaitteiden hyödyntäminen asuinkerroksissa
- sisäilman lämpötilan ja ilmankosteuden tason heilahtelun salliminen mukavuusalueiden rajoissa (Simmonds 2015)

Korkean rakennuksen energiatehokkuutta voidaan kehittää periaatteiltaan samoin keinoin kuin tavallisen matalan rakennuksen. Energiatehokkuuden kehittämisen ensisijainen periaate on vähentää energiantarvetta, joka voidaan toteuttaa lämmöneristystä parantamalla. (Koikkalainen 2012)

Korkeiden rakennusten elinkaari on pitkä, jolloin tulevaisuuden vaatimusten mukaisiin energiatehokkuuden vaatimuksiin täytyy varautua. Tulevaisuuden muutoksiin varautuminen voidaan toteuttaa rakennuksen joustavuudella. Rakennuksen tilojen suunnittelussa täytyy huomioida muun muassa talotekniikalle varattujen tilojen riittävyys tulevaisuuden tarpeisiin. (Dubey 2016)

2.6.8 Vertikaalinen liikenne

Hissien kehitys mahdollisti aikoinaan toiminnallisesti järkevien korkeiden rakennusten toteuttamisen. Toimivan vertikaalisen liikkumisen toteuttaminen korkeassa rakennuksessa on haaste suunnittelulle, joka täytyy huomioida jo hankkeen alkuvaiheessa, koska

muutokset toteutuksen jälkeen ovat hyvin vaikea toteuttaa, ellei mahdottomia. Korkean rakennuksen rungon ja ytimen suunnittelu voidaan viimeistellä, vasta kun lopullinen hissistrategia on saatu valmiiksi. Hissien määrään ja sijaintiin vaikuttavat ainakin:

- rakennuksen toiminnallinen tarkoitus (asunto, hotelli, toimisto vai hybridi)
- kerrosten määrä
- kerrosten arvioitu käyttö
- hissien nopeus ja kapasiteetti
- hissin toiminnan tarkoitus (tavara-, henkilö-, palomies- vai paikallishissi) (Kalita & Watts 2007; Simmonds 2015)

Rakennuksen toiminnallinen tarkoitus asettaa suurimmat haasteet hissien suunnittelulle. Yhteen toimintoon tarkoitetut rakennukset omaavat yleensä selkeämmän runkoratkaisun ja ihmisvirratkin on helpompi arvioida, toisin kuin hybridirakennuksissa. Tikkanen (2015) mukaan hissikuilut ovat hybridirakennusten sisäisen liikenteen perusta, eikä portaita voida pitää todellisena vaihtoehtona niiden rinnalla. Hybridirakennuksen sisäisen liikenteen toimivuus toteutuu hissien ja käytävien muodostaman sisäisen katuverkoston kautta, jossa hissit toimivat kokoojaväylinä ja käytävät liityntäväylinä. (Tikkanen 2015) Hissijärjestelmän toteutuksen tavoitteena on optimoida matkustus- ja odotusajat rakennuksen oletettavan ihmismäärän mukaisesti. Lisäksi rakennuksen muu vertikaalinen liikenne, kuten tavaraliikenne on oltava sujuvaa. Korkeuden kasvaessa myös tilan määrä kasvaa, jolloin erillinen tavarahissi on yleensä tarpeellinen. Tavarahissin koko on henkilöhissiä suurempi, tyypillisesti se tulisi mitoittaa rakennuksen suurimman mahdollista vaihtoa tarvitsevan laitteen mukaisesti. (Simmonds 2015)

Rakennuksen korkeuden kasvaessa myös optimoitujen ja taloudellisesti kannattavien strategisten vaihtoehtojen määrä kasvaa. Ihmisvirtojen liikenteen sujuvoittamiseksi näköalatasanteelle voidaan toteuttaa oma erillinen hissi. Lisäksi hissit voidaan varustella kehittyneillä automaatiotoiminnoilla, joilla parannetaan niiden suorituskykyä. Hissien määrän optimointi on myös taloudellisessa mielessä tärkeää, koska hissikuilut vievät paljon vuokrattavaa ja myytävää tilaa. (Al-Kodmany 2018; Watts 2013; Wit 2019) Optimoinnissa on tavallista hyödyntää asiantuntevaa hissikonsulttia, jonka kanssa rakennuksen hissien määrää arvioidaan muun muassa:

- tilojen ihmisvita-analyysin avulla
- muuttamalla hissejä yhteiskäyttöön eri toiminnallisten tilojen välillä
- hyödyntämällä konehuoneettomia hissejä mahdollisuuksien mukaan
- hyödyntämällä kaksikerroksisia hissejä

Hybridirakennuksissa eri tilojen välillä hyödynnettävät yhteiskäyttöhissit mahdollistavat tilan säästön, mutta niiden hyödyntäminen riippuu suuresti tilojen luonteesta. Asuntojen ja hotellin välinen yhteishissi on lähtökohtaisesti helpompi toteuttaa toimintojen hissitarpeen ruuhka-ajan ollessa lähtökohtaisesti erilainen kuin asuntojen ja toimistojen välillä. Yhteiskäyttöhissin haasteena on myös varmistaa turvallisuus tilojen välillä, mikä saattaa rajoittaa niiden käyttöä. (Henkilökohtainen tiedonanto Josipovic 23.10.2019)

Hissien energiankulutus koko rakennuksen energiakulutuksesta on suhteellisesti korkeissa rakennuksissa matalaa suurempaa. Tämä johtuu siitä, että korkeiden rakennusten hissit kulkevat pidempää matkaa ja yleensä niiden tulee olla nopeampia. Hissien energiankulutus koko rakennuksen energiankulutuksesta voi korkeissa rakennuksissa olla jopa 5-25% luokkaa. (Watts 2013; Al-Kodmany 2018; Wit 2019)

Toiminnallisten haasteiden lisäksi hissikuilujen toteutus vaatii tekniseltä suunnittelulta erityistä huomiota. Hormi-ilmiön lisäksi hissikuilussa muodostuu ilmavirtausta, kun hissi liikkuessaan liikuttaa kuilussa olevaa ilmaa. Tätä ilmiötä kutsutaan mäntävaikutukseksi (piston effect), joka muodostuu varsinkin ahtaissa kuiluissa, kun ilma ei pääse siirtymään pois liikkuvan hissin tieltä ja hissi toimii silloin männän lailla. Ilmavirta kuilussa voi aiheuttaa ikäviä ääniä ja ilman purkauksia, joita varten ilmavirralle täytyy olla kuilussa reitti hissin ohitse. Mäntävaikutus myös korostuu korkeissa rakennuksissa, joissa hissien nopeuden halutaan olevan tavallista suurempi. Hissien muodostamien äänien takia on tärkeää toteuttaa suunnittelu akustiikan asiantuntijaa hyödyntäen. (Simmonds 2015; Wit 2019)

Hissien suunnittelu onkin monitahoinen kokonaisuus, joka vaatii tarkkaa analysointia. Suunnittelutiimin avuksi onkin perusteltua hankkia ulkopuolista asiantuntemusta jo hankkeen alkuvaiheessa. (Simmonds 2015; Wit 2019) Konsultin tulee toimia yhteistyössä rakennuksen suunnittelijoiden ja tilaajan kanssa, jotta rakennuksen vertikaalinen liikenne muodostuu toiminnallisesti ja tilankäytöllisesti tehokkaaksi. (Henkilökohtainen tiedonanto Josipovic 23.10.2019; Henkilökohtainen tiedonanto Parker 30.9.2019)

2.6.9 Paloturvallisuus ja poistumistiet

Korkean rakentamisen rakentamistapaohjeissa (2018) on määritelty korkeiden rakentamishankkeiden vastaavan paloturvallisuussuunnittelijalta edellytettävä kelpoisuus. Ohjeistuksen mukaan vastaavalta paloturvallisuussuunnittelijalta vaaditaan poikkeuksellisen vaativan luokan paloturvallisuussuunnittelijan pätevyys tai vastaava osaaminen ja

aikaisempaa kokemusta korkeiden rakennusten suunnittelusta Suomessa. Suunnittelijan kelpoisuus tulee ohjeistuksen mukaan olla todennettu ennen rakennuslupakäsittelyä. (Korkean rakentamisen rakentamistapaohje 2018)

Horellin (2012) haastatteli raportissaan palokonsultti Juha-Pekka Laaksosta sekä Tampereen pelastuspäällikkö Seppo Männikköä liittyen korkeiden rakennusten paloturvallisuuteen. Raportin mukaan paloturvallisuuden kannalta haasteellista korkeissa rakennuksissa on niiden suuri väkimäärä ja pitkä kapea rakenne, jonka myötä rakennuksen tyhjentäminen vie aikaa. Tämän takia rakennukset tuleekin suunnitella siten, ettei palotilanteessa rakennusta tarvitse evakuoida kokonaan, vaan rakennuksen palontorjuntajärjestelmät sammuttavat alkavan palon ja estävät sitä leviämästä muualle rakennukseen, kunnes palokunta saapuu paikalle. (Horelli 2012) Hätäpoistuminen toteutetaan suunnitelmallisesti, jotta vältytään suuren väkimäärän yhtäaikaiselta poistumiselta ja sen myötä syntyvältä paniikilta sekä kaaokselta. Maailmalla moderneissa korkeissa rakennuksissa hätäkuulutus soitetaan aluksi vain niihin kerroksiin, jotka on tyhjennettävä. (Henkilökohtainen tiedonanto Parker 30.9.2019)

Suomen toimintaympäristössä suunnitteluun vaikuttavat normit ovat vielä kehitysvaiheessa. Yleisesti normit käsittelevät 16-kerroksisia ja sitä korkeampia rakennuksia, mutta niissä ei ole kattavasti eritelty todella korkeita rakennuksia, vaan samat ohjeistukset on luotu ohjaamaan myös niiden suunnittelua. Erityisen korkeiden rakennusten ohjeistuksissa on tarkasteltu kansainvälistä toimintatapaa, josta ohjeistukset tulevat soveltaen myös Suomeen. Perusajatus kuitenkin suunnittelussa on, että rakennukset tehdään kestämään palaminen pitkänkin aikaa ja se voidaan eristää pysymään rajoitetussa tilassa. Tällainen menettely vaatii kuitenkin korkean rakennuksen muiden teknisten haasteiden hahmottamista, kuten sitä, että korkealla rakennuksella ilmenee pystyvirtauksia, jotka levittävät paloa ylöspäin. Korkeiden rakennusten palontorjunnan keskiössä on sprinklerijärjestelmä, joka on korkeiden rakennusten tärkein palontorjuntajärjestelmä, vaikka palontorjuntajärjestelmä käsittää myös palo-osastoinnin ja savunpoistojärjestelmät. Sprinklattu pilvenpiirtäjä on Horellin (2012) mukaan paloturvallisuuden näkökulmasta turvallisempi kuin sprinklaamaton normaali kerrostalo. Poistumisteiden rooli on myös korkeissa rakennuksissa poikkeava mataliin kohteisiin verrattuna. Lupaviranomainen voi erittäin vaativissa kohteissa edellyttää laadittavaksi turvallisuusselvityksen poistumisturvallisuuden varmistamiseksi. Poistumisteitä tulee olla riittävästi ja niiden on oltava toisistaan riippumattomia kokonaisuuksia. Yli 8 kerroksisissa rakennuksissa täytyy olla jo kaksi poistumistietä. Lisäksi korkeissa rakennuksissa poistumistiet eivät saa täyttyä savuilla vaan ne osastoidaan, jolloin poistuminen on turvallista, jopa turvallisempaa

kuin matalissa rakennuksissa. Männikkö painottaa raportissa korkeiden rakennusten tiukkojen turvallisuusmääräysten johtavan siihen, että korkeat rakennukset ovat palotilanteissa tavanomaista rakennusta turvallisempia, mikä ei kuitenkaan ole vielä välittynyt ihmisten mielikuviin ja siten ennakko-oletukset korkeiden rakennusten paloturvallisuudesta ovat usein virheellisiä. (Horelli 2012; MRL 117b §)

Korkeiden rakennusten paloturvallisuus asettaa palokunnalle uusia haasteita. Matalissa kerrostaloissa palomiehet kulkevat rappukäytäviä pitkin. Korkeissa rakennuksissa kulku tapahtuu kuitenkin hissien kautta, koska kulku kymmeniä kerroksia pitkin raskaan kaluston kanssa on haasteellista. Tällainen toimintamalli vaatii hissien suunnittelun palotilanteita varten. Hissit voidaan varustaa palomiestoiminnoilla ja ohjelmoida laskeutumaan palotilanteissa pohjakerrokseen, kunnes palokunta ottaa ne komentoonsa. (Horelli 2012)

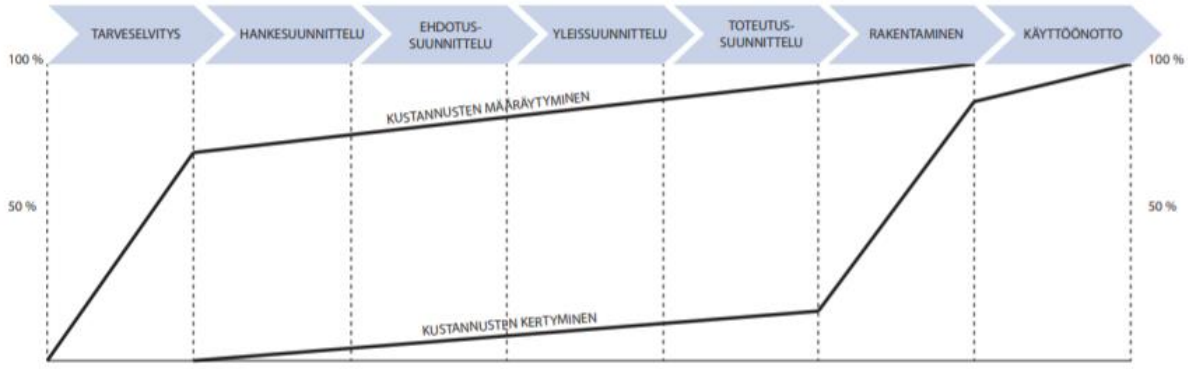
2.7 Suunnittelun vaikutus kustannuksiin

Tässä tutkimuksessa katsaus korkean rakentamisen kustannuksiin on toteutettu vain yleisellä tasolla aiheen laajuuden vuoksi. Kustannustarkastelu tehdään, jotta saadaan tarkempi vastaus alatavoitteeseen ’’tunnistaa suunnittelun johtamisen kannalta oleellisimmat muutokset korkeuden kasvaessa’’. Viitteellinen tieto kustannusten jakautumisesta korkeuden kasvaessa auttaa suunnittelun johtoa varautumaan eri suunnittelualojen kustannusten kasvuun ja siten myös suunnittelun organisointiin sekä suunnittelulle varattujen varojen allokointiin. Tutkija haluaa selventää jokaisen rakennushankkeen olevan kuitenkin yksilöllinen kokonaisuus, jota tulee tarkastella kyseisen hankkeen ominaispiirteiden kautta.

Rakennushanke on investointi haluttujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tavoitteet vaihtelevat hankekohtaisesti ja yleensä ne liittyvät laatuun, käytettävyyteen, aikatauluun, turvallisuuteen, yms. Tavoitteita arvioidaan ja vertaillaan keskenään niiden aiheuttamien kustannusvaikutusten perusteella, jonka myötä voidaan arvioida myös hankkeen onnistuminen. Hankkeen tavoitteet voivat olla ristiriidassa toisiinsa nähden, mikä tavallisesti johtuu siitä, ettei tilaaja saa palautetta päätöstensä kustannusvaikutuksista. Oleellista onkin, että hankkeelle asetetut tavoitteet muodostavat realistisen, ymmärrettävän ja toteutettavan kokonaisuuden, jonka jälkeen hanketta viedään kohti päämäärää suunnittelun- ja tuotannonohjauksen keinoin. Yhteisten tavoitteiden merkitys ja esiintuonti ovat avainasemassa hankkeen kustannusten hallinnassa. Kustannushallinta on moniulotteinen kokonaisuus, joka työllistää useita hankkeeseen osallistuvia osapuolia eri vaiheissa.

Suunnitteluvaiheessa osapuolten toiminnalta vaaditaan tarkkuutta ja osuvuutta. Toteutusvaiheessa puolestaan toiminnan tulee olla tehokasta. (Ratu KI-6033 2018, s.5-6; Haahtela & Kiiras 2013)

Tilaajan ja käyttäjien tarpeet määrittelevät yleisen raamin tuleville kustannuksille. Rakennushankkeen alkuvaiheessa päätöksenteko on monesti nopeaa ja iteroivaa, joten kustannusten laskennan ja esittelyn tulisi olla nopeaa erilaisten vaihtoehtojen arvioinnin kannalta. Rakennussuunnitteluvaiheen keskeinen tavoite on muodostaa kustannus- ja laajuusvaatimukset täyttävä suunnitteluratkaisu. Rakennussuunnitteluvaiheessa vaikutetaan suunnittelun yleisratkaisuun, jolla puolestaan on suuri vaikutus tuleviin kustannuksiin, jotka sitten konkretisoituvat rakentamisen aikana. Kuvassa 8 on esitetty rakennushankkeen kustannusten kertyminen, josta nähdään hankkeen alkuvaiheen vaikutusmahdollisuus ja sen väheneminen sitä mukaan, kun hankkeen suunnittelu jatkuu ja tuotantovaihe alkaa. Lisäksi nähdään kuinka kustannukset konkretisoituvat vasta kun rakentaminen alkaa. (Ratu KI-6033 2018, s.7)



Kuva 8. Kustannusten määräytyminen ja kertyminen rakennushankkeessa (Ratu KI-6033 2018)

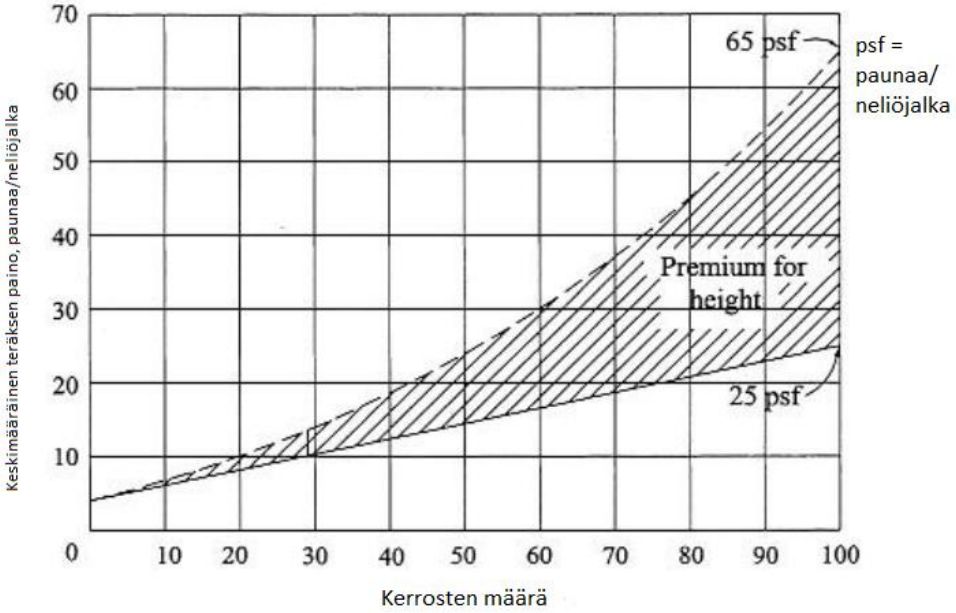
Hankkeen päätyttyä taloudellinen onnistuminen voidaan tarkastaa ja saadut kustannustiedot tulee päivittää seuraavien hankkeiden kustannusten suunnittelua varten. (Ratu KI-6033 2018)

2.7.1 Korkeuden vaikutus kustannuksiin

Korkeat rakennukset ovat kalliimpia toteuttaa verrattuna neliömääräisesti samankokoiseen matalaan rakennukseen. Tämä johtuu pitkälti korkeiden rakennusten vahvemmista perustuksista ja rakennejärjestelmästä, joiden myötä myös rakennusmateriaalin tarve on suurempi. Korkeuden kasvaessa jäykistävät rakenteet, porraskuilut, hissit, vertikaalinen liikenne ja poistumistiet vaativat lisää tilaa rakennuksen sisällä, mikä puolestaan vähentää myytävien neliöiden määrää. Teknisten laitteiden tulee pystyä palvelemaan käyttäjiä

korkealle, mikä lisää laitteiden hintaa ja energiankulutusta. Tavallisesta toteutuksesta poikkeavat LVIS- ja rakennetekniset ratkaisut vievät myös tilaa ja ovat kalliita toteuttaa. Usein osa korkeiden tornien kerroksista toimii teknisenä kerroksena. (Al-Kodmany 2018; Martikainen 2017)

Rakennuksen kustannukset eivät lähtökohtaisesti kasva lineaarisesti korkeuden kasvamisen myötä. Fazlur Kahn esitteli ensimmäisenä käsitteen ’’korkeuden lisäkustannus’’ (premium for height), jonka mukaan korkeuden kasvaessa vaakavoimien suuruus vaatii rakenteilta enemmän kestävyyttä, mikä puolestaan lisää merkittävästi rakennusmateriaalien määrää ja siten myös lisää kustannuksia. (Ali & Moon 2007) Korkeuden lisäkustannusta esittävä kuvaaja teräsrakenteiden osalta on esitetty kuvassa 9, jossa keskimääräisen teräsmäärän paunaa per neliöjalka kasvu on esitetty rakennuksen kerrosmäärän funktiona.

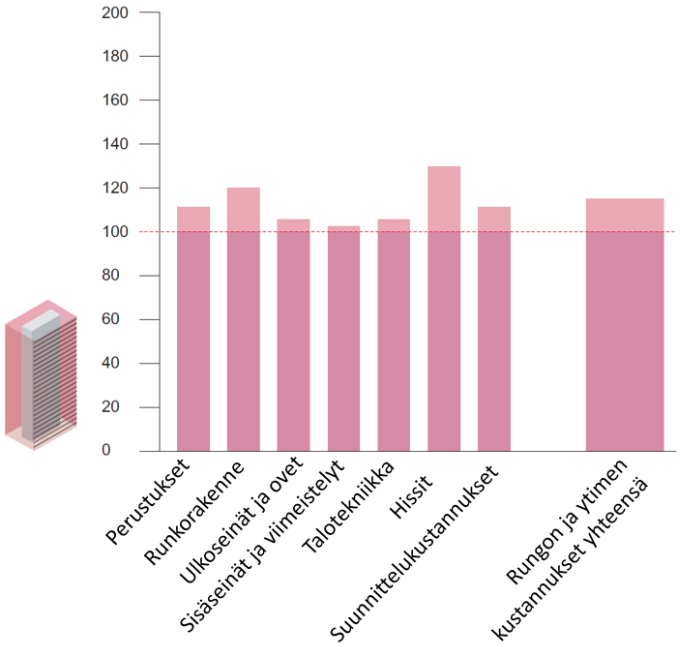


Kuva 9. Korkeuden lisäkustannus (premium for height) teräsrakenteissa (Ali & Moon 2007)

Korkeuden lisäkustannus alkaa kehittymään rakennuksissa jo 10 kerroksen jälkeen ja sen osuus kasvaa nopeasti kerrosten määrän lisääntyessä. Khanin mukaan 10 kerroksen jälkeen rakennukseen kohdistuvat vaakavoimat alkavat ohjata suunnittelua ja rakennuksen jäykkyys muodostuu lujuutta tärkeämmäksi tekijäksi. (Ali & Moon 2007) Korkeuden kasvaessa toimivan jäykistysjärjestelmän kustannukset voivat nousta hankkeen taloudellisesta näkökulmasta katsottuna kestämättömälle tasolle. (Stafford Smith & Coull 1991)

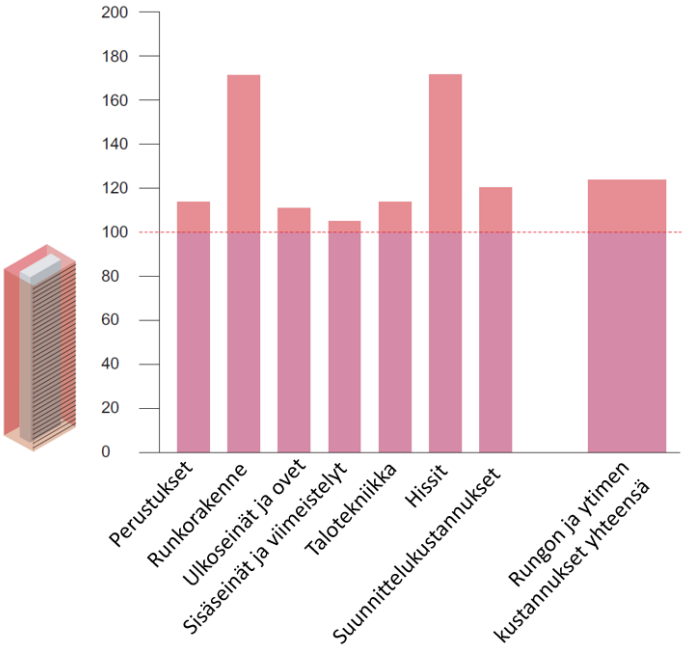
Watts (2013) käsittelee artikkelissaan korkeiden rakennusten kustannuksia muun muassa korkeuden ja kerrosalan kasvaessa sekä rakennuksen rungon muodon mukaan.

Hän myös esittelee korkeiden rakennusten suurimmat kustannustekijät 30-, 45- ja 60-kerroksisten rakennusten kohdalla verrattuna niitä 15-kerroksiseen rakennukseen. Watts on listannut taulukoihinsa tärkeimmiksi näkemänsä kustannustekijät, joita ovat perustukset, runkoratkaisu, ulkoseinät ja ovet, sisäseinät ja viimeistelytyöt, talotekniikka, hissit, suunnittelukustannukset ja kustannukset yhteensä. Kuvassa 10 on esitelty 30-kerroksisen rakennuksen kustannusten kasvu verrattuna 15-kerroksiseen rakennukseen. Kuvassa taulukon taso 100 on 15-kerroksisen rakennuksen kustannusten taso.



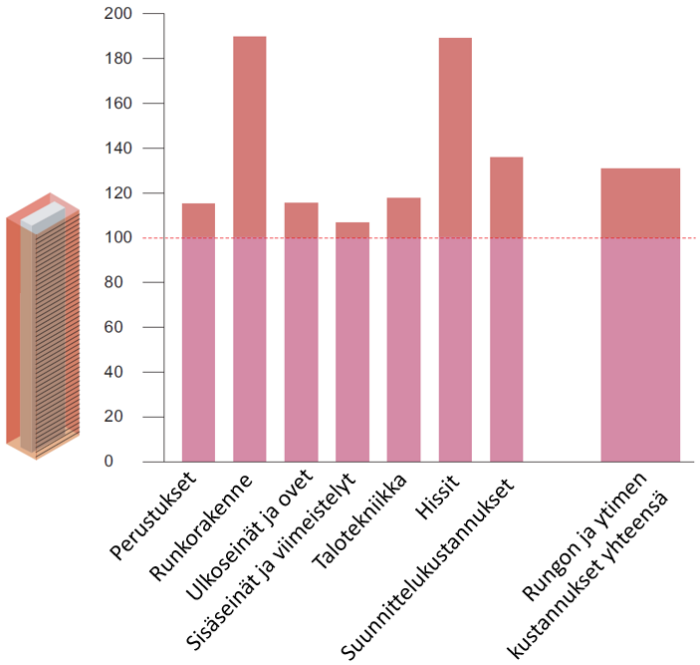
Kuva 10. Rakennuksen kustannukset 30-kerroksisessa rakennuksessa verrattuna 15-kerroksiseen (Watts 2013)

Kuvassa 11 on esitetty, kuinka kustannukset kasvavat entisestään 45-kerroksisessa rakennuksessa. Lisäksi kuvasta nähdään, mitkä kustannukset kasvavat eniten.



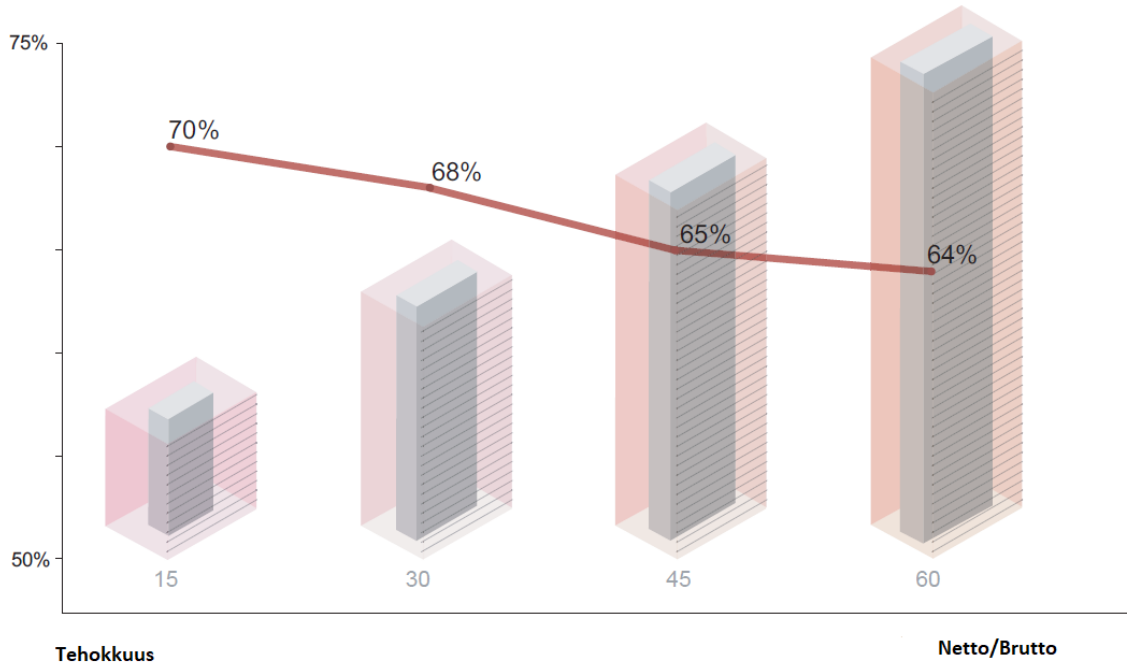
Kuva 11. Rakennuksen kustannukset 45-kerroksisessa rakennuksessa verrattuna 15-kerroksiseen (Watts 2013)

Kustannusten kasvu on kuvassa 12 esitelty vielä 60-kerroksen kohdalla, jossa rungon ja hissien kustannuksien lisäksi suunnittelun kustannukset alkavat kasvaa voimakkaammin.



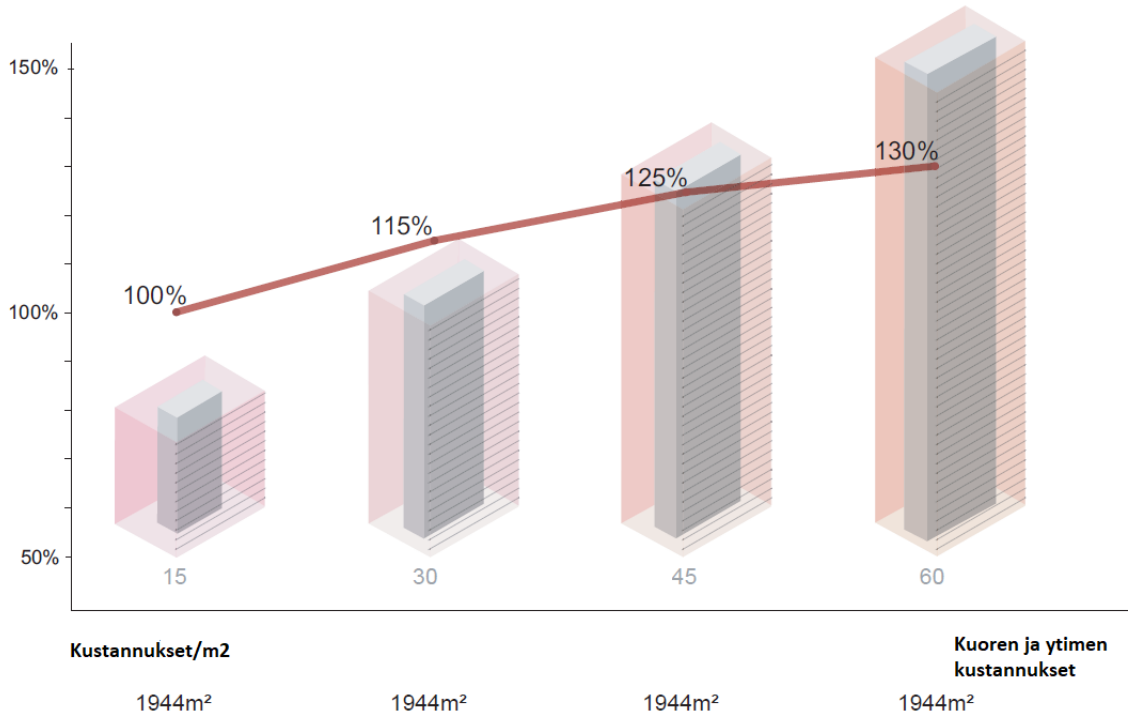
Kuva 12. Rakennuksen kustannukset 60-kerroksisessa rakennuksessa verrattuna 15-kerroksiseen (Watts 2013)

Rakennuksen korkeuden kasvaessa sen kerrosalan tehokkuus laskee. Tämä on esitetty kuvassa 13, jossa tehokkuus on esitetty rakennuksen netto- ja bruttoalan suhteena. Tehokkuuden lasku aiheutuu juuri tutkimuksessa aikaisemmin mainituista teknisistä vaatimuksista sekä viranomaisten määräyksistä.



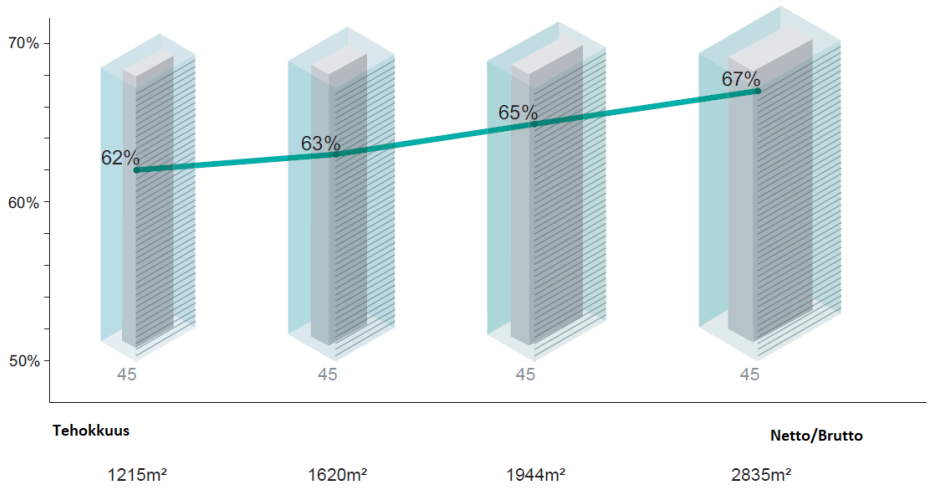
Kuva 13. Rakennuksen netto- ja bruttoalan suhde korkeuden kasvaessa (Watts 2013)

Tehokkuuden laskiessa korkealla, rakennuksen kustannukset neliötä kohden puolestaan kasvavat. Tämä on esitelty kuvassa 14, jossa rungon ja ytimen kustannusten kasvu neliötä kohden on kuvattu 15-, 30-, 45- ja 60-kerroksisen rakennuksen kohdalla.



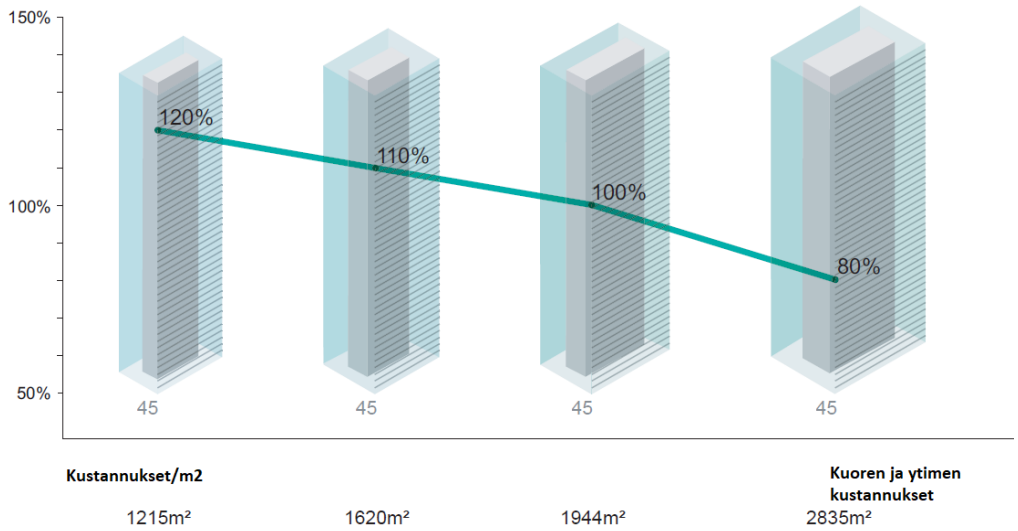
Kuva 14. Kuoren ja ytimen kustannukset neliötä kohden 15-, 30-, 45- ja 60 kerroksisissa rakennuksissa (Watts 2013)

Watts (2013) mukaan kerrospinta-ala vaikuttaa merkittävästi rakennuksen taloudelliseen tehokkuuteen. Hoikan rakennuksen kerrospinta-alan taloudellinen tehokkuus on heikompi verrattuna kerrospinta-alaltaan suurempaan rakennukseen. Tämä johtuu pääosin rakennuksen julkisivun ja ytimen kustannuksien verrattain suuremmasta hinnasta. Suhteellinen kustannus laskee, kun kerrosneliöiden määrä kasvaa. Kuvat 15 ja 16 esittävät 45-kerroksisen rakennuksen tehokkuuden ja kustannusten käyttäytymistä, kun pohjan pinta-ala vaihtuu. (Watts 2013)



Kuva 15. 45-kerroksisen rakennuksen netto- ja bruttoalan suhde pohjan pinta-alan kasvaessa (Watts 2013)

Kuvassa 16 on esitelty kuoren ja ytimen kustannuksia neliötä kohden, kun pohjan pinta-ala kasvaa 45-kerroksisessa rakennuksessa.



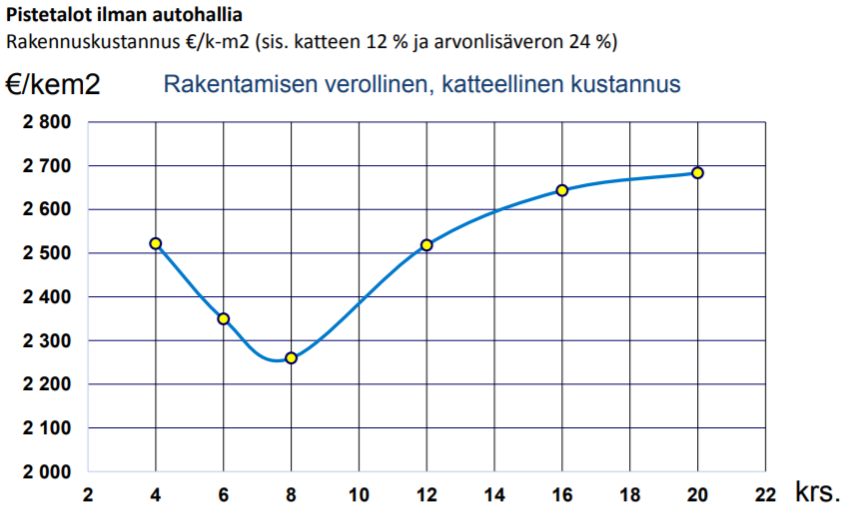
Kuva 16. Kuoren ja ytimen suhteelliset kustannukset 45-kerroksisessa rakennuksessa pohjan pinta-alan kasvaessa (Watts 2013)

Wattsin (2013) kuvaajat antavat käsityksen korkeiden rakennusten korkeuden ja pohjan alan vaikutuksista kustannuksiin sekä kyseisissä hankkeissa tavanomaisesti suhteellisesti kasvavista kustannuksista. Kuvaajien reliabiliteetin kannalta tutkija on nähnyt tarpeelliseksi arvioida niitä ulkopuolisen asiantuntijan kautta, joten niistä pyydettiin arvio konsulttitoimisto WSP:n Lontoon yksikön erikoisasiantuntija John Parkerilta. Hänellä on pitkä kokemus korkeasta rakentamisesta Lontoon alueella, josta myös Watts (2013) tilastot on muodostettu. Parkerin mukaan Wattsin taulukot ovat luotettavia tilastoja, mutta hän kuitenkin painottaa juuri suunnitteluun panostamisen olevan ratkaisu Wattsin (2013) mukaisista tilastoista poikkeamiseen ja kustannustehokkaampien ratkaisujen muodostamiseen. Parker (2019) mukaan korkean rakennuksen rakenteiden aiheuttamien kustannusten hallinta tehokkaasti ei ole mahdotonta, mutta vaatii kovaa työtä. Haasteena on muodostaa suunnitteluryhmä, joilla on tietotaitoa korkeiden rakennusten ominaispiirteistä ja kokemusta kyseisten rakennusten toteuttamisesta. Suunnitteluratkaisujen optimointi vaatii usein muutoksia ja kehitystä, jolloin suunnittelu on lopulta melko iteroiva prosessi tehokkaimman lopputuloksen saavuttamiseksi. Tässä suunnitteluun panostettava lisäkustannus maksaa itsensä nopeasti takaisin projektin tuotantovaiheessa ja lopputuloksessa. Suunnitteluprosessin kannalta suunnitelmamuutosten hallintaa helpottaa muun muassa mallinnusohjelmistot, joiden avulla tehokkaimman suunnitteluratkaisun iterointia voidaan nopeuttaa. (Henkilökohtainen tiedonanto Parker 30.9.2019)

2.7.2 Korkeuden kustannusvaikutukset Suomessa

Suomessa toimintaympäristön vaikutuksia korkeiden rakennusten kustannusten kertymiseen ei ole voitu kovin tarkasti tarkastella, johtuen korkeiden rakennusten vähäisestä

määrästä. Kiinteistöalan yhteistyöjärjestön (myöhemmin RAKLI) julkaisi kuitenkin vuonna 2015 selvityksen kaavamääräysten kustannusvaikutuksista pistetaloissa. Raportin mukaan yksikkörakennuskustannus laskee taloissa ensin jyrkästi kerrosmäärän kasvaessa, koska kustannusta jakavan pinta-alan määrä kasvaa kokonaisrakennuskustannuksia nopeammin. Kustannusten lasku kuitenkin pysähtyy kahdeksannen kerroksen jälkeen, jolloin kiristyvät palomääräykset astuvat voimaan ja pidentyvä rakennusaika alkaa vaikuttaa kustannuksiin. Kustannusten kasvu kahdeksannen kerroksen jälkeen on aluksi voimakasta, kunnes se tasoittuu kerrosmäärän kasvaessa. Edellä mainittu kustannusten kertyminen on kuvattu kuvassa 17. Siinä esitetään kustannusten kertymistä 4-20 kerroksen välillä euroa/kerrosalan ja kerrosten lukumäärän funktiona. (Rakli 2015)



Kuva 17. Pistetalojen yksikkörakennuskustannus kerrosluvun funktiona (Rakli 2015)

RAKLIN (2015) julkaisema kuvaaja esittää kustannusten käyttäytymisen yleisellä tasolla siirryttäessä matalasta korkeaan rakentamiseen. Se ei kuitenkaan anna vastausta tilanteeseen, jossa korkeus kasvaa merkittävästi yli 16 kerroksen. Tämä johtuu pitkälti siitä, ettei korkeista rakennuksista ole Suomessa vielä juurikaan dataa olemassa.

Korkeiden rakennusten tilaohjelma ja luonne poikkeavat tavanomaisesta rakentamisesta muun muassa laajojen atrium- tyyppisten aulatilojen, teknisten kerrosten ja julkisten tilojen kuten näköalakerrosten takia. Lisäksi korostuneet turvallisuusmääräykset poistumisteiden ja talotekniikan suhteen heikentävät tilankäytön tehokkuutta. Tämä on havainnollistettu kuvassa 18, jossa vertailu matalan HOAS Viikin ja korkean Kalasataman asuintornin välillä osoittaa korkean rakentamisen pohja-alan heikomman tehokkuuden. Kuvassa poistumisteiden, talo- ja turvallisuustekniikan ja rakenteiden osuus kerroksen pohjan pinta-alasta on Kalasataman tornissa 17%, kun vastaavasti Viikin HOAS 9,3%. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011)

Kuva 18. Poistumisteiden, talo- ja turvallisuustekniikan ja rakenteiden osuus pohja-alasta (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011)

Korkeissa rakennuksissa suhteellisen hoikka runko ja pieni kerrospinta-ala vaativat myös enemmän talotekniikkaa ja rakennusmateriaaleja, kuin matala rakennus. (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011)

2.8 Yhteenveto korkean rakentamisen vaikutuksista suunnitteluttamiseen

Tämän luvun kirjallisuustutkimuksen perusteella on havaittavissa, kuinka korkean rakentamisen ominaispiirteet asettavat suunnittelijoille ja suunnittelun hallinnasta vastaaville tahoille vaatimuksen hallita tavanomaista monimutkaisempia ja toisiinsa vahvasti sidoksissa olevia suunnittelukokonaisuuksia. Rakennuksiin liittyy olosuhteiden aiheuttamia haasteita, kuten hormi-ilmiö ja tuuli, joiden hallinta vaatii suunnittelurajat ylittäviä ja yhteistyössä muodostettuja ratkaisuja. Näiden tekijöiden johdosta suunnittelukokonaisuuksien laatiminen edellyttää ratkaisuja samanaikaisesti usean eri suunnittelun osa-alueen osalta, mikä tarkoittaa hankkeen suunnittelun aikaistamista ja siten suunnittelijoiden sitomista hankkeeseen tavallista aikaisemmassa vaiheessa. Suunnittelun avainhenkilöiden kiinnittäminen alkuvaiheessa on tärkeää, jotta suunniteltavan kokonaisuuden suunnittelujärjestys voidaan laatia ja suunnittelu jakaa hallittaviin osakokonaisuuksiin. Sen myötä suunnittelu voidaan aikatauluttaa ja resursoida oikein sekä määritellä ulkopuolisen tarkastuksen laajuus ja laatia hankkeen hankintastrategia.

Korkean rakentamisen teknisten ratkaisujen tulee vastata haasteisiin, joita ei tavallisesti matalan rakentamisen kohdalla tarvitse huomioida. Tämä tulee ilmi muun muassa run-

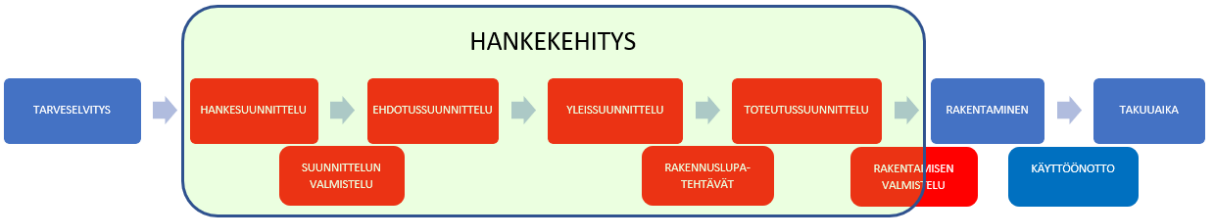
koratkaisun kohdalla, joka mitoitetaan korkean rakennuksen pystykuormien lisäksi tuulen aiheuttamille vaakavoimille. Jäykistysjärjestelmä on hyvin hallitseva osa rakennusta, eikä se salli muun tekniikan vaatimia läpivientejä ja muutoksia samassa määrin, kuin tavanomaisessa rakennuksessa. Tämän seurauksena talotekniikka tulisi voida yhteensovittaa rungon kanssa hyvissä ajoin. Ongelmana on kuitenkin se, ettei tilojen käyttötarkoitusta ole välttämättä täysin päätetty hankkeen alussa, jolloin talotekniikan tulisi sallia käyttäjien myöhäiset tilapäätökset. Tilojen ja taloteknisten järjestelmien tulisi siis sisältää joustovaraa käyttäjien myöhäisille tilapäätöksille sekä korkeiden rakennusten pitkälle elinkaarelle tulevaisuutta varten. Korkean rakentamisen tilatehokkuus on matalaa rakentamista heikompaa, jolloin tilaa vievät tekniset ratkaisut tulisi optimoida mahdollisimman tarkkaan ja ylimitoitusta tulisi välttää. Tilanne on ristiriitainen, koska optimoidut suunnitteluratkaisut vaativat tilaajalta ja käyttäjiltä aikaisia tilapäätöksiä, joita ei tavallisesti suuren hankkeen alussa olla valmiita tekemään.

Kustannukset määrittelevät pitkälti hankkeeseen toteutettavat ratkaisut, jolloin niiden suunnittelua ohjaava vaikutus on merkittävä. Korkean rakentamisen suhteelliset kustannukset kasvavat lähtökohtaisesti korkeuden myötä ja tilatehokkuus laskee. Rakennushankkeen kustannukset määräytyvät pitkälti hankkeen alkuvaiheessa tehtävien päätösten mukaan, jolloin taloudellisen tehokkuuden kannalta on tärkeää, että hankkeeseen ryhtyvä tuntee korkeaan rakentamiseen liittyvät keskeiset kustannustekijät päätöksiä tehdessään. Kustannuskertymien periaatteet tulivat tämän luvun kirjallisuustutkimuksessa ilmi, mutta päätösten kannalta tarkempaa tietoa vaaditaan suunnitteluratkaisujen tehokkuuksista hankekohtaisesti. Korkean rakentamisen kustannuksista on Suomessa vielä hyvin vähän dataa, jolloin päätösten aiheuttamia kustannusvaikutuksia on haastava arvioida ilman suunnitelmia, joita tuotanto kykenee arvioimaan. Korkean rakentamisen suunnitteluosakokonaisuuksien riippuvuus toisistaan on voimakasta, jolloin optimoidun kustannustehokaan suunnitteluratkaisun muodostaminen on haastavaa. Suunnitelmien kehittäminen on käytännössä iteroiva prosessi, kunnes ratkaisu on kokonaisuuden kannalta tehokkain. Iteraatioprosessin aikana muodostuu hukkaa, kun suunnitteluehdotuksia joudutaan hylkäämään ja suunnittelussa palaamaan takaisin vanhaan suunnitelmaan. Se ei kuitenkaan ole täysin negatiivinen asia, koska sen kautta suunnitteluratkaisu voidaan todeta toimivaksi tai toimimattomaksi. Iteraatioprosessi vaatii kuitenkin menetelmiä, joilla suunnitelmien kehittäminen ja muuttaminen voidaan tehdä tehokkaasti. Se edellyttää, että suunnitelmien kehitys iteroiden on tietoinen päätös ja sen toteuttamiseen on olemassa pelisäännöt.

3. SUUNNITTELUN JOHTAMINEN HANKEKEHITYSVAIHEESSA

Tässä luvussa käsitellään talonrakennusprojektin suunnittelun johtamista hankekehitysvaiheessa. Luvun alussa esitellään hankekehitysvaiheen ja suunnittelun johtamisen käsitteet, niin kuin niitä tässä tutkimuksessa käsitellään. Kyseisiä aiheita käsitellään varsin yleisellä tasolla. Tarkastelu on pääosin tehty rakennusalan yleisen kirjallisuuden (Rakennustieto Oy) sekä tutkimuksen tilanneen yrityksen YIT Suomi Oy:n sisäisten toimintakaavioiden pohjalta. Johdattelevien yleisten määritelmien jälkeen luvussa syvennytään tarkastelemaan suunnittelun johtamisen haasteita. Tämän jälkeen tarkastellaan suunnittelun ohjausta ja johtamista varten kehitettyjä toimintaa kehittäviä malleja, joista keskeisimpänä Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion Suunnittelujärjestelmän kehittäminen talonrakennuksen projektinjohtototeutuksessa - SUKE – tutkimus valikoiduin osin sekä dosentti Ari Pennasen (2012) artikkeli Talonrakennuksen hallinta ohjelmointi- ja suunnitteluvaiheessa. Toimintaa kehittävät mallit on valikoitu kehittämään menetelmiä tässä luvussa sekä 2. luvussa havaittuihin suunnittelun johdon haasteisiin.

Kuvassa 19 on esitelty hankekehitysvaihe, niin kuin sitä tutkimuksessa käsitellään. Toimintakaaviossa hankekehitysvaihe sisältää hankesuunnittelun, ehdotussuunnittelun yleissuunnittelun ja toteutussuunnittelun. Lisäksi vaiheita täydentävät suunnittelun valmistelu, rakennuslupatehtävät ja osittain rakentamisen valmistelu.



Kuva 19. Hankekehitysvaihe osana rakennushanketta (YIT 2019b; RT 10-11224, editointi Pulkkinen 2019)

Hankesuunnitteluvaiheessa projektin perusteet ja tarpeet selvitetään sekä niiden toteuttamismahdollisuudet arvioidaan mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Hankesuunnitteluvaiheessa määritellään rakennushankkeen laajuutta, toimivuutta, kustannuksia, ajoitusta, laatua ja ylläpitoa koskevat tavoitteet. Hankesuunnittelun tuotoksena valmistuu hankesuunnitelma, joka sisältää rakennushankkeen projektiohjelman ja hankeohjelman. Projektiohjelma kuvaa rakennushankkeen toteutukselle asetetut tavoitteet ja hankeohjelma rakennushankkeen suunnittelulle asetetut tavoitteet. Asiakirjojen valmistelua var-

ten tehtävät selvitykset ja toteutusmuodon alustava määrittäminen tapahtuu hankesuunnitteluvaiheessa ja selvitysten tulee muodostaa kokonaisuus, jonka pohjalta rakennushankeen hankesuunnitelma ja investointipäätös voidaan tehdä. Hankesuunnitelman tulee sisältää rakennettavan kohteen tilaohjelma ja tilojen ominaisuuksia koskevat vaatimukset, selvitys rakennuspaikasta, hankkeen budjetti ja rahoitussuunnitelma sekä suunnittelu- ja rakentamisaikataulu. Uudishankkeen ollessa vaativa, johtuen tontin ominaisuuksista, sijainnista kaupunkirakenteessa tai vaativasta asemakaavasta, voidaan luonnossuunnitteluvaihe käynnistää jo hankesuunnitteluvaiheessa, jotta muun muassa kustannustavoite saadaan asetettua oikein. (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-11284)

Suunnittelun valmistelu sisältää suunnittelun organisoinnin, jota varten valitaan suunnittelijat ja tehdään tarvittavat suunnittelusopimukset. Rakennuttajan tulee varmistaa, että Maankäyttö- ja rakennuslain edellyttämät vaatimukset suunnittelun suhteen huomioidaan jo suunnittelua käynnistäessä. Hankkeen suunnittelun vaativuusluokat määritellään suunnittelun valmisteluvaiheessa, jotta rakennushankkeeseen ryhtyvä voi valita suunnittelijat hankkeen vaativuuden mukaan. Lisäksi oleellista on selvittää suunnitteluun liittyvät turvallisuus- ja viranomaisvaatimukset. Suunnittelun valmistelu toimii keskeisenä vaiheena suunnittelun johtamisen näkökulmasta, koska sen aikana määritellään suunnittelutietojen hallinta tulevia suunnitteluvaiheita varten. Valmistelun jälkeen muodostetaan suunnittelupäätös, jonka jälkeen suunnittelu voidaan käynnistää. (RT 10-11108; RT 10-11284; MRL 117 §)

Ehdotussuunnitteluvaiheessa hankkeelle luodaan asetettujen tavoitteiden mukaisesti vaihtoehtoisia suunnitteluratkaisuja. Suunnittelun ohjauksen tehtävänä on varmistaa, että suunnitteluprosessin tuotoksena syntyy tavoitteiden mukaiset suunnitelmat. Suunnitteluratkaisujen tulee olla toiminnallisesti, taloudellisesti, teknisesti, esteettisesti, ympäristöllisesti ja muiden vaatimusten mukaan toteutettavissa. Vaiheen päätteeksi muodostetaan ristiriidaton ja tavoitteet täyttävä ehdotussuunnitelma. (RT 10-11108; RT 10-11284)

Yleissuunnittelun aikana ehdotussuunnitelmasta kehitetään toteutuskelpoinen yleissuunnitelma ja laaditaan hankkeen pääpiirustukset. (RT 10-11108; RT 10-11284) Yleissuunnittelun tavoitteena on muodostaa suunnitelmat, joiden perusteella tilaaja pystyy laatimaan rakennusosa-arvion ja päättämään hankkeen käynnistämisestä. (Kruus et al. 2006, s. 28)

Rakennuslupatehtävät käsittävät hankkeen edellyttämien lupamenettelyjen selvittämisen, suunnittelijoiden kelpoisuuden varmistamisen ja pääpiirustusten hyväksyttävyyden

selvittämisen. Lisäksi laaditaan lupahakemus sen edellyttämien asiakirjojen kera. (RT 10-11108; RT 10-11284)

Toteutussuunnittelun aikana laaditaan työpiirustukset ja tekniset suunnitelmat, eli tarkennetaan yleissuunnitelma rakentamisen ja hankinnan edellyttämiksi mitoitetuiksi suunnitelmiksi ja tuotemäärittelyiksi. (Kankainen & Junnonen 2001; RT 10-11108; RT 10-11284)

Rakentamisen valmistelussa tehdään rakentamisen organisointi, rakentamistehtävien kilpailutus, käydään sopimusneuvottelut ja tehdään tarvittavat urakka- ja hankintasopimukset. (RT 10-11284)

Hankekehitysvaiheen prosessikuvaus vaihtelee niin kirjallisuudessa, kuin yritysten omissa prosessikaavioissa. Tehtäväkuvaukset eivät tavallisesti mene täysin kuvan 19 mukaisesti peräkkäin vaan ne limittyvät. Lisäksi hankkeen toteutustapa ja rakennettava kohde määrittelee paljon hankkeen prosessikaavion lopullista muotoa.

3.1 Suunnittelun johtaminen

Rakennustietosäätiön ohjekortissa RT 13-10860 suunnittelun johtaminen kuvataan seuraavasti: ’’Suunnittelun johtamisella varmistetaan suunnittelutavoitteiden toteutuminen siten, että suunnitelmakokonaisuus täyttää tilaajan asettamat tavoitteet sekä rakentamiselle määrätyt vaatimukset.’’ Määritelmä pohjautuu MRL 120 § mukaiseen määritelmään: ’’Suunnittelijoiden on saatava aikaan mahdollisimman hyvä ratkaisu ja suunnitelmakokonaisuus, joka täyttää kaikki sille asetetut vaatimukset ja jonka mukaisesti rakennuskohde voidaan toteuttaa’’. (MRL 120 §) Suunnittelun johtamisen päätavoitteet liittyvät lopputuotteisiin, eli suunnitelmiin ja rakennukseen, mutta myös itse suunnitteluprosessiin, jolta vaaditaan sujuvaa etenemistä ennakkosuunnitelmien ja aikataulujen asettamien tavoitteiden mukaan. Tiedon kulun tulee olla oikea-aikaista sekä virheetöntä ja suunnitteluprosessin tulee lomittua päätöksentekoon, viranomaismenettelyihin, rakennuksen toteutukseen ja muihin hankeprosesseihin suunnitelmallisesti ja ilman häiriöitä. Tavoitteet asetetaan hankkeen alussa, jonka jälkeen niiden toteutumista seurataan, täsmennetään ja tarpeen vaatiessa päivitetään hankkeen aikana. (RT 13-10860; Posti 2010)

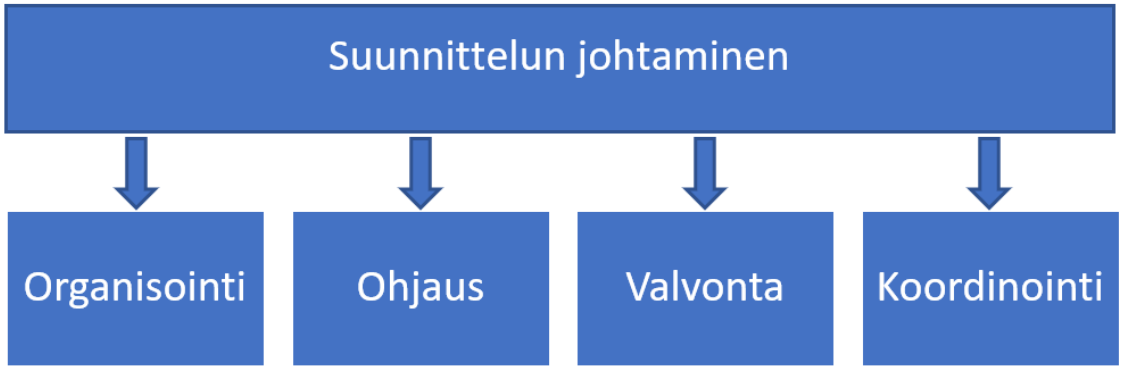
Suunnittelun johtaminen kokonaisuutena on monien eri osakokonaisuuden johtamista. Se sisältää tavoite- ja tulosjohtamista, projektijohtamista, asiantuntijaorganisaation sekä asiakassuhteiden johtamista. Rakennushankkeen suunnittelutyön toteutukseen osallis-

tuu usein monia eri osapuolia ja johtamisen kautta huomioidaan osapuolten tarpeet, huolehditaan osakokonaisuuksien yhteensovituksesta ja ristiriidattomasta lopputuloksesta. (RT 13-10860, s.4) Rakennushankkeessa suunnittelutyöhön osallistuu tavallisesti arkkitehti, rakenne- ja geosuunnittelijat, talotekniset, eli LVI-, sähkö- ja tietojärjestelmäsuunnittelijat. Rakennushankkeen luonteesta johtuen mukaan voi myös kuulua erikoisalojen suunnittelijoita, kuten akustiikka-, sisustus- ja maisemasuunnittelijat. Asiantuntijoiden määrä kasvaa yleisesti hankkeen laajuuden ja haasteellisuuden korostuessa. Rakennushankkeen suunnitelmien tilaajan rooli vaihtelee rakennuttajan, rakennuttajakonsultin ja urakoitsijan välillä, riippuen hankkeen toteutusmuodosta. (Kankainen & Junnonen 2001)

Johtamisen keinoin huolehditaan myös, että laatu-, aikataulu- ja kustannustavoitteet saavutetaan, mikä asettaa johtamiselle vaatimuksen hankkeen etenemisen jatkuvaan seurantaan, eli valvontaan. Suunnittelun johdon tulee varmistaa, että osapuolet ovat sitoutuneita tavoittelemaan koko hankkeen yhteisiä tavoitteita omien tavoitteidensa lisäksi. (RT 13-10860, s.4)

Hankkeen suunnitteluorganisaation hallinnan lisäksi suunnittelun johdon tulee vastata hankkeen ulkopuolisten sidosryhmien asettamiin vaatimuksiin. Yhteiskunnan ja julkisen vallan näkökulmasta hankkeen lopputuloksen tulee toteuttaa yhteiskunnan, elinympäristön, rakennusperinnön, turvallisuuden, terveellisyyden ja rakennustaiteen tavoitteet. Rakennuttajan, omistajan, rahoittajan ja käyttäjän vaatimukset kohdistuvat rakennuttajan toiminta- ja kiinteistöstrategian toteutukseen sekä siihen, että valmistuvat tilat vastaavat käyttäjän tarpeita ja toteutuvat asetettujen tavoitteiden ja aikataulun mukaisesti. Edellä mainittujen sidosryhmien tavoitteiden toteutuminen riippuu myös tuotantovaiheen toteutuksesta, joka on puolestaan riippuvainen suunnittelun tuotoksista. Urakoitsijoiden, materiaali- ja tuoteosatoimittajien vaatimukset suunnittelua kohtaan liittyvät suunnitteluratkaisuiden toteutuskelpoisuuteen, suunnitelmien virheettömyyteen ja ristiriidattomiin tietosisältöön sekä aikataulun noudattamiseen. (RT 13-10860, s.4)

Suunnittelun johtamiseen on tehtäväluetteloiden mukaan yleisesti katsottu kuuluvan suunnittelun organisointi, suunnittelun ohjaus, suunnittelun valvonta ja suunnittelun koordinoiminen. Näiden muodostama kokonaisuus on esitelty kuvassa 20, jossa suunnittelun johtaminen on kuvattu muodostuvan edellä mainituista osakokonaisuuksista.



Kuva 20. Suunnittelun johtamisen tehtäväkokonaisuudet (RT 13-10860 kuvauksen mukaan)

Suunnittelun organisoinnilla tarkoitetaan työn suunnittelua, pätevien ja riittävien suunnittelijaresurssien kokoamista sekä tehtävien jakamista suunnittelijoiden kesken. Tarkoituksena on mahdollistaa suunnittelun johtaminen sen tavoitteiden mukaisesti. Organisointi käsittää myös suunnittelun jakamisen suunnittelualakohtaisesti tarkoituksenmukaisiin osiin sekä tilaajan, urakoitsijoiden ja tuoteosatoimittajien välisten sopimus- ja raportointisuhteiden muodostamista suunnittelijoiden kanssa. Muodostuvan organisaation ja suunnittelusopimusten tulee mahdollistaa suunnitteluvastuun siirtyminen hankkeen pääsuunnittelijalle ja vastaaville erityissuunnittelijoille. Suunnittelun organisoinnin tuloksena muodostuvalla organisaatiolla on selkeä yhteinen käsitys siitä, kuinka suunnittelua johdetaan yhteistyön, viestinnän, laadunhallinnan, raportoinnin ja päätöksenteon osalta. Hankkeen toteutusmuoto määrittelee pitkälti rakennuttamis- ja suunnittelupalveluiden hankintatavat, suunnitteluperusteet, vastuunjaot osapuolten välillä ja johtamisen periaatteet. Rakennushankkeen osapuolten organisoinnilla on merkittävä vaikutus kustannuksiin ja niiden hallintaan, koska organisoinnin kautta määritellään kustannushallintamenettelyt, niiden ajoitus ja vastuutahot. (Ratu KI-6033; RT 13-10860; Tauriainen 2007)

Suunnittelun ohjauksella varmistetaan hankkeen tavoitteiden mukaisten ja keskenään ristiriidattomien suunnitelmien toteutuminen. Ohjaus on käytännössä suunnittelijoiden aktiivista opastamista. (RT 13-10860)

Suunnittelun valvonta on suunnittelutyön etenemisen ja muodostuvien suunnitelmien kehittymisen aktiivista seuraamista, tarkastamista ja raportointia. (RT 13-10860)

Suunnittelun koordinoiminen on suunnittelijoiden välisten tehtävien ja aikataulujen yhteensovittamista. Lisäksi se tarkoittaa hankkeen suunnitelmien sisällön yhteensovittamista toisiinsa nähden sekä hankkeen muuhun toteutettavaan kokonaisuuteen. Eri sidosryhmien tavoitteet voivat muodostaa ristiriitoja keskenään sekä hankkeen kokonais-

tavoitteiden kanssa. Tästä johtuen kokonaisuuden hallinnan osalta on arvioitava tavoitteiden yhteensopivuutta, mikä vaatii riskianalyysin muodostamista. Ristiriitoja on mahdollista muodostua muun muassa tuottojen, kustannusten, laadun ja aikataulujen välille. Lisäksi hanke voi sisältää kirjaamattomia tavoitteita, joiden olemassaolosta on muodostettava käsitys ja jotka on otettava huomioon suunnittelua johdettaessa. (RT 13-10860, s.4)

3.2 Suunnittelun johtamisen haasteita yleisesti

Tämän alaluvun tarkoituksena on esitellä suunnittelun johtamisen haasteita alan yleisen kirjallisuuden näkökulmasta. Tarkastelussa on painotettu kirjallisuudessa esiin tulleita suunnittelun johdon haasteita, jotka liittyvät juuri 3.1 alaluvussa esiteltyihin suunnittelun johdon osakokonaisuuksiin.

Suunnitteluprosessin johtamisen haasteellisuus on alan kirjallisuudessa yleisesti tunnistettavissa. Rakennusten suunnittelu on luonteeltaan subjektiivista, yksilöllistä, usein epäjohdonmukaista ja kaiken lisäksi hyvin luova prosessi. (Kruus 2008) Lisäksi rakennusalan monimutkaisuus on kasvanut vuosien varrella paljon, mikä näkyy jo hankkeen alkuvaiheessa tehtävien tarveselvityksen ja hankesuunnitelmien laadinnan yhteydessä. Muun muassa työympäristön kehityksen myötä toimitiloilta vaaditaan erilaisia toimintoja sekä joustavuutta, eli kykyä muuttua käyttäjien tarpeiden mukaan. Hankkeissa käsiteltävän tiedon määrä kasvaa ja muuttuu monimutkaisemmaksi, jolloin syntyy kapeita erikoisaloja, joita varten tarvitaan uusia asiantuntijoita. (Pennanen, 2012) Monimutkaisuus ja tehtävien riippuvuus toisistaan esiintyy vahvasti suunnitteluprosessissa. Tämä on todettu myös erään tutkimuksen kautta, jossa keskikokoisessa hankkeessa tunnistettiin 4000 eri tehtävän riippuvuutta ja suuressa hankkeessa määrä oli 10 000. (Kruus 2008)

Tavoitteita asettavia osapuolia voi suunnitteluprosessissa olla useita, joiden tarpeet ovat usein ristiriidassa keskenään. Lisäksi osapuolet tekevät päätöksiä itsenäisesti, jolloin suunnittelun yhteensovitus on haasteellista. Tästä johtuen suunnitteluprosessin aikana täytyy tehdä kompromisseja, usein puutteellisten tietojen sekä tiukan aikataulun ja budjetin aikana. (Ballard & Koskela 1998)

Pennanen (2012) käsittelee teoksessaan ’’Talonrakennushankkeen hallinta ohjelmointi- ja suunnitteluvaiheessa’’ rakennushankkeen ohjelmointi- ja suunnitteluvaiheessa ilmenevää kompleksisuutta ja sen vaikutuksia suunnittelun tehokkaaseen toteutukseen. Ohjelmoinnilla hän viittaa graafista suunnittelua edeltäviin toimenpiteisiin, eli tarveselvitykseen ja hankesuunnitteluun. Kompleksisuudella tarkoitetaan järjestelmää, joka ei ole

suoraan osiensa summa, vaan sen muodostavat osakokonaisuudet muuttuvat kaiken aikaa. Sosiaaliset systeemit ovat esimerkki kompleksisesta systeemistä. Rakennushankkeessa sosiaaliset systeemit, eli hankkeen osapuolet muodostavat kompleksisen systeemin, jonka osana on myös hankkeen johto. Tämän myötä hankkeesta johtovastuussa oleva osallistuu kompleksiseen systeemiin ja hänen on tarkkailtava hankkeen kompleksisuutta sisältäpäin. Osallistujan näkökulma asettaa vaatimuksen ymmärtää hankkeen kompleksisuus sen eri vaiheissa ja kuinka sitä voidaan hallita. (Pennanen 2012)

Ballard & Koskela (1998) mukaan suunnitteluprosessin alkuvaiheet ovat tunnetusti haasteellisia hallita suhteessa prosessin muihin virstanpylväisiin. (Ballard & Koskela 1998) Pennasen (2012) mukaan hankkeen alkuvaiheen tarveselvityksen ja hankesuunnitteluna aikana, ennen graafista suunnittelua, ratkaisujen määrä on suuri. Hankkeen osapuolet ajavat omia intressejään, jotka kokevat oikeiksi. Suunnittelu ei saa tarvittavia lähtötietoja ongelmien ratkaisemiseksi, koska hankkeeseen luodaan jatkuvasti uutta informaatiota, joka tekee entisen täysin arvottomaksi. Osapuolten intressien vaihtelevuus ei kuitenkaan ole täysin negatiivinen asia, koska se mahdollistaa uuden luomisen. Hankkeen etenemisen kannalta on kuitenkin tärkeää tunnistaa risteävät intressit, jonka jälkeen niitä voidaan karsia ja asettaa yhteisiä tavoitteita. (Pennanen 2012)

Hankkeen edetessä luonnoksista kohti toteutussuunnittelua, vaihtoehtoisten ratkaisujen määrä vähenee. Vaihtoehtojen pohjalta tehtyjen päätösten seurauksena edetään lopulta siihen pisteeseen, että rakennettava kokonaisuus tunnetaan ja hankkeessa voidaan edetä työmaan perustamiseen. Hanke voi kuitenkin olla edelleen kompleksinen. Tämä johtuu siitä, että työpiirustusvaiheessa suunnitelmat sisältävät valtavan määrän informaatiota, joiden hallinta on vaikeaa ja sen myötä syntyy ristiriitoja sekä suunnitelmien yhteentörmäyksiä. Työpiirustusvaiheen suuren informaation määrän hallinta on oleellinen osa siinä ilmenevän kompleksisuuden hallintaa. Erilaiset tietomallit ovat alusta informaation hallinnalle, joiden kautta tietomäärää voidaan tarkastella, virheet havaita ja korjata. Hankkeen prototyyppisyys osoittautuu myös haasteeksi työmaalla ja sen vähentäminen toimii kompleksisuutta hillitsevänä tekijänä. Yksi selkeä keino on hyödyntää rakennuskomponentteja, joista on olemassa kokemusta ennakkoon. Tämä ei kuitenkaan aina ole mahdollista, jos hankkeelle on asetettu rakennustaiteellisesti poikkeavat tavoitteet tai uusi poikkeuksellinen toteutustapa. Kyseisissä tapauksissa hallinta edellyttää suunnitteluun sekä suunnittelijoiden ja tuottajien resurssien merkittävää lisäystä. Sosiaalisten systeemien hallintaa voidaan kehittää hyödyntämällä tuotannonohjausjärjestelmiä, joiden valmistelun osapuolet toteuttavat yhteistyössä. (Pennanen 2012)

Rakennushankkeen suunnitteluprosessin tehokkuuden heikkoutta on käsitelty useissa kirjallisuuslähteissä ja niissä käsiteltävät havainnot liittyvät usein juuri osapuolten kyvyttömyyteen käsitellä informaatiota. Suunnitteluprosessin suunnittelussa ja hallinnassa on siis puutteita, joilla vähennettäisiin kompleksisuuden ja epävarmuuden aiheuttamia vaikutuksia. (Tzortzopoulos & Formoso, 1999 s. 336)

Kruus (2006) mukaan suunnittelun johtoon ja siihen liittyvään vastuunjakoon on projekteissa oltu tyytymättömiä toteutusmuodoista riippumatta. Syynä tähän on nähty se, ettei vastuunjakoa osapuolten välillä ole osattu hallita. (Kruus et al. 2006) Kruus (2008) mukaan suomalaiset suunnittelun ja hankkeen johtamisen tehtäväluettelot selostavat suunnittelun ohjaustehtävät huonosti. Tehtäväluetteloiden mukaan pääsuunnittelija käsitetään suunnittelun ohjaajaksi ja johtajaksi, mikä kuitenkin poikkeaa SUKE-tutkimuksen kyselyiden vastauksista. Suunnittelun ohjauksen ja johtamisen tehtävät menevät päällekkäin pääsuunnittelijan, projektinjohtototeuttajan ja rakennuttamisen tehtäväluetteloissa, jonka takia suunnittelun ohjauksen ja johtamisen käsitteet ovat epäselviä. Suunnittelun ohjaustehtävät myös vaihtelevat käytännön hankkeissa hankekohtaisesti. Tästä johtuen suunnittelun ohjaus- ja johtamistehtävät on sovittava hankkeen osapuolten kesken. Lisäksi suunnittelun ohjaustehtäviä on täsmennettävä eri osapuolten tehtäväluetteloissa sekä sopimuksissa. Osapuolten välillä olisi hyvä pitää tilaisuus, jossa tehtävät käydään läpi ennen sopimusten allekirjoittamista. (Kruus 2008 s. 74)

Kiiras et al. (2007a) mukaan suunnittelun johtamisen haasteena on tunnistaa tehtävien optimaalinen suoritusjärjestys sekä estää ulkoisia ja sisäisiä epävarmuustekijöitä muuttamasta suunnitteluprosessia sen valitusta järjestyksestä. Epäjärjestykseen ajautunut suunnitteluprosessi heikentää yleensä tuottavuutta, pidentää hankkeen kestoa ja alentaa suunnitteluratkaisun laatua ja arvoa. Tyypillisesti suunnitteluprosessi poikkeaa suunnitellusta ainakin osittain, johtuen sen monimutkaisesta luonteesta sekä sen organisoinnin haasteellisuudesta, joita aiheuttavat hankekohtainen organisaatio, asiakkaiden ja viranomaisten vaihtelevat vaatimukset ja suunnitteluun käytössä olevan ajan rajallisuus. Suunnittelu toteutetaan usein rinnan hankintojen ja rakentamisen kanssa, tarkoituksena lyhentää hankkeen läpimenoaikaa. Menettelyn ongelmana on kuitenkin toimittajien ehdotukset suunnitelmien muuttamiseksi, mikä lisää kaoottisuutta suunnitteluprosessissa. Kaoottisuus estää virheettömien suunnitelmien systemaattisen laadinnan ja siten estyy myös ongelmaton rakentaminen. Suunnitteluvirheet ovat kustannuksiltaan rakentamisen suurin virheryhmä ja suurin osa niistä on peräisin lähtötietojen sekä koordinoinnin puutteesta. Suunnittelun ongelmiin ajavista tekijöistä keskeisimpiä ovat huono toimeksianto

ja viestintä sekä suunnittelijoiden puutteellinen osaaminen ja suunnittelutyön järjestämisessä ilmenevä luottamuksen puute. (Kiiras et al. 2007a s. 22-23)

3.3 Suunnittelun johtamista kehittävien menetelmien tarkastelu

Suunnittelun johdon haasteiden hallintaan on suomalaisessa rakennusalan kirjallisuudessa kehitetty toimintaa tehostavia menetelmiä, joita esitellään tässä alaluvussa ja joiden soveltuvuutta korkean rakentamisen suunnittelun johtamiseen tullaan arvioimaan tutkimuksessa myöhemmin asiantuntijahaastattelujen tukemana. Tarkasteltavat toimintaa kehittävät menetelmät on valikoitu sillä perustein, että ne toisivat ratkaisuja luvun 2. ja luvun 3. aikana havaittujen keskeisten haasteiden hallintaan. Tämän alaluvun keskeisimpinä lähteinä käytetään Kruus (2008) ja Kruus et al. (2006) valikoiduin osin sekä Pennanen (2012) ehdottamaa takaisinkytkentää kompleksisten järjestelmien ohjausmalliksi.

3.3.1 SUKE-malli

Suunnittelun ohjausta tukevien menettelyjen kehittäminen projektinjohtorakentamisessa tutkimus, eli SUKE-tutkimus on vuosien 2003-2007 aikana toteutettu tutkimus, jonka tavoitteena oli kehittää suunnittelun ohjausta projektinjohtorakentamisessa. Tutkimuksen tulosten todetaan kuitenkin soveltuvan myös muihin hankkeen toteutusmuotoihin. Tutkimuksessa on kartoitettu suunnittelun johtamisen ja ohjauksen ongelmia Suomessa sekä luotu ratkaisuja ja malleja niiden kehittämiseen. (Kruus 2008) Tässä alaluvussa käsitellään SUKE-tutkimusta siinä määrin, kuin sen nähdään soveltuvan tämän tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseen.

SUKE-tutkimuksessa todetaan, kuinka rakennushankkeet käynnistetään usein ilman tietoa tilojen tulevista käyttäjistä ja kuinka suunnittelun ja rakentamisen erottaminen on ollut rakennusteollisuudessa suuri ongelma. Näiden ongelmien saattelemana SUKE-tutkimuksessa on kehitetty ratkaisuja, joilla päätöksiä on mahdollista toteuttaa mahdollisimman myöhään ja jatkuvasti täydentäen. Lisäksi suunnittelua ja rakentamista on haluttu yhdistää muodostamalla menetelmiä, jotka tiivistävät osapuolten välistä yhteistyötä. (Kruus 2008)

Tutkimuksessa havaittujen ongelmien pohjalta johdettiin hypoteesit, jonka jälkeen niille innovoitiin ratkaisut ja konstruktiot. (Kruus 2008) SUKE-tutkimuksen hypoteeseja olivat Kruus et al. (2006) mukaan:

- suunnittelu vaiheistetaan yleissuunnitteluun ja toteutussuunnitteluun,
- molemmissa erotetaan alueen, rakennuksen ja tilojen suunnittelu,

- toteutussuunnittelu tehdään suunnittelupaketteina hankintoja varten sekä
- lisätään osapuolten tiedonvälitystä suunnitelmista ja hankinnoista

Suunnitelmien oikealla vaiheistuksella ja paketoinnilla saadaan ongelmia vähennettyä projektinjohtototeutuksessa, mutta myös kokonaishintaurakassa. SUKE-mallissa suunnittelutehtävä vaiheistetaan tilaajaa, käyttäjää ja viranomaista palvelevaan yleissuunnitteluun sekä hankintaa ja rakentamista palvelevaan toteutussuunnitteluun. Hanke- ja suunnittelutehtävät jaetaan SUKE-mallissa avoimen rakentamisen periaatteiden mukaisesti päätöksenteon, muuntojouston sekä suunnitteluresurssien käytön ja ohjauksen osalta erilliseen alueosaan, kiinteään perusosaan ja muuntuviin tilaosiin. (Kruus et al. 2006, s.6)

SUKE-mallissa toteutussuunnittelun suunnitelma-asiakirjat laaditaan ennalta sovitun suunnitelmajaon mukaisina suunnitelmapaketteina ja ne toimitetaan noudattaen hankkeen hankintastrategian mukaista hankintajakoa. Toteutussuunnitelmat laaditaan niin sanottuina alustavina suunnitelmina, mikäli hankkeessa ei ole toisin ohjeistettu. Toteutussuunnitelmille on kaksi erillistä valmiutta, joita ovat (1) hankintaa palveleva suunnitelmavalmius sekä (2) toimitusta ja rakentamista ohjaava toteutussuunnitelma. Lopullisissa toteutussuunnitelmissa on otettu huomioon toimittajan ratkaisut tai kehitysehdotukset. (Kruus et al. 2006, s.6)

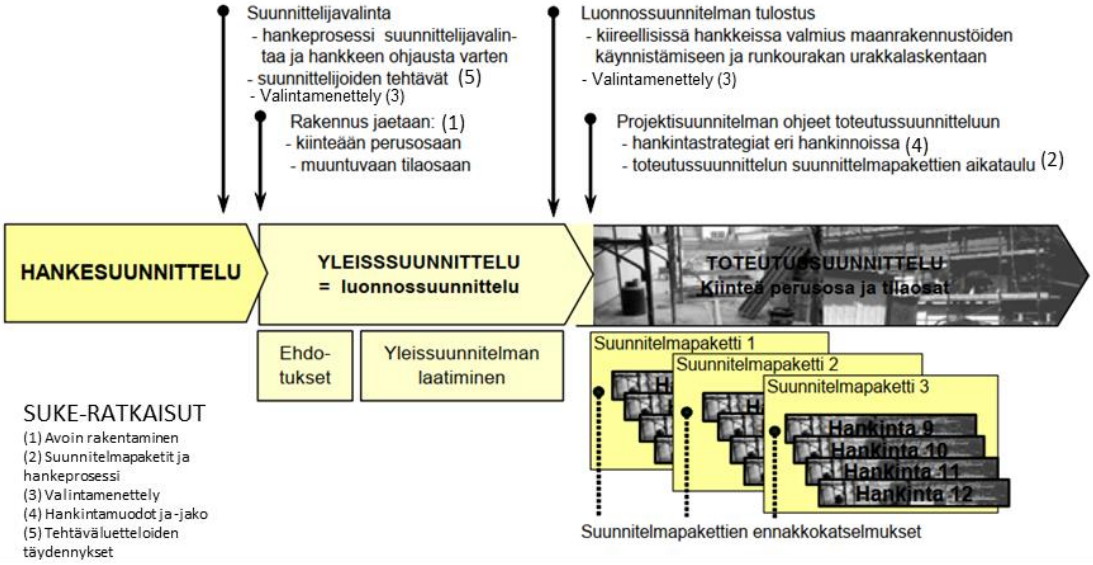
Tutkimuksen tulokset on kiteytetty Kruus (2008) mukaisesti viiteen konstruktioon, joita kutsutaan yleisesti SUKE-malleiksi. Tutkimuksen viisi konstruktiota ovat:

1. avoimen rakentamisen periaate
2. suunnitelmapaketit
3. SUKE-PIPS -valintamenettely ja toimintakulttuuri
4. hankintamuodot ja -jako
5. tehtäväluetteloiden täydennykset

Konstruktiot eivät muodosta kokonaista suunnittelun ohjausjärjestelmää, vaan toimivat toimintaa kehittävinä työkaluina. Niiden käyttö ei edellytä kaikkien hyödyntämistä, vaan niitä voidaan hyödyntää hankkeissa myös erikseen. (Kruus 2008, s.109) Tässä tutkimuksessa ei lähdetä avaamaan SUKE-mallia kokonaisuudessaan sen laajuuden vuoksi. Sen sijaan tarkastellaan tarkemmin konstruktioiden (1) avoimen rakentamisen periaate ja (2) suunnitelmapaketit, joiden suunnittelun johtamista ja ohjausta tehostavaa vaikutusta korkeaan rakentamiseen tullaan arvioimaan tutkimuksen myöhemmässä vaiheessa. Tässä alaluvussa ei myöskään keskitytä analysoimaan suunnittelun johdon tehokkuutta yhden valitun toteutusmuodon kannalta tarkasteltuna, vaan tarkoituksena on löytää ja ehdottaa toteutusmuodosta riippumatta toimintaa tehostavia menetelmiä. SUKE-malli keskittyy

lähtökohtaisesti projektinjohtohankkeisiin, mutta siinä todetaan sen hyödynnettävyys myös muissa toteutusmalleissa, jolloin sen soveltuvuuden arviointi tähän tutkimukseen on perusteltua.

SUKE-mallin kokonaisuus on kuvattu kuvassa 21, jossa SUKE-tutkimuksessa kehitetyt konstruktiot on sijoitettu hankeprosessiin. Kuvassa sulkeissa olevat numeromerkinnät tarkoittavat aikaisemmin mainittuja SUKE-mallin konstruktioita.



Kuva 21. SUKE-tutkimuksen kokonaisuus sisältäen konstruktioiden sijoittumisen hankeprosessiin (Kruus 2008)

Avoimen rakentamisen (open building) menetelmää on kehitelty 1960-luvulta alkaen Hollantilaisten John Habraken ja Age van Randenin toimesta. Ajatuksena oli alkuun jakaa rakennus kiinteään runko-osaan (support) ja muuntuvaan tilaosaan (infill), joiden kautta asuinrakennustuotanto voitaisiin jakaa kahteen riippumattomaan prosessiin. Kiinteän rungon tehtävänä on toimia pysyvänä osana, joka käytännössä tarjoaa sääsuojatun tilan muille toiminnoille. Se sisältää kaikki rakennuksen yhteiset järjestelmät, joihin kuuluvat sisäänkäynnit, porrashuoneet, hissit sekä LVIS- järjestelmien kiinteät runko-osat jokaisen yksittäisen tilayksikön ulko-ovelle saakka. Kiinteä runko-osa on jaettavissa eri kokoisiin huoneistoihin, joiden kautta voidaan vastata kysynnän vaihteluun nykyhetkessä ja tulevaisuudessa. Muuntuvan tilaosan tarkoituksena on tarjota yksittäisille tiloille niiden edellyttämät LVIS-järjestelmät, jakavat väliseinät, ovet, laitteet ja muut tarpeelliset toiminnot. Avoimen rakentamisen tarkoituksena on ollut määritellä tavat, joilla alijärjestelmät (subsystems) on mahdollista jakaa ja yhdistää siten, että niiden väliset riippuvuudet minimoituvat. Onnistuessaan se luo mahdollisuuden suunnitella tila uudelleen tai uusia

sen alijärjestelmä erilaisten ominaisuuksien mukaiseksi ilman, että kokonaisuutta tarvitsisi suunnitella uudestaan. (Saari 2001, s.12)

Avoimen rakentamisen mukaisilla toimenpiteillä on pyritty lisäämään rakennusten joustavuutta ja projektien prosessijoustoa. Rakennusten joustavuutta on avoimessa rakentamisessa käsitelty kahden eri käsitteen keinoin, joita ovat muuntojoustavuus ja käyttöjoustavuus. Muuntojoustavuudella tarkoitetaan rakennuksen kykyä mukautua vuosien päästä suoritettaviin mahdollisiin muutoksiin. Käyttöjoustavuudella puolestaan kuvataan sitä, kuinka luontevasti rakennuksen tilat mukautuvat käyttäjän nopean syklin tarpeisiin. (Kruus 2008, s.37)

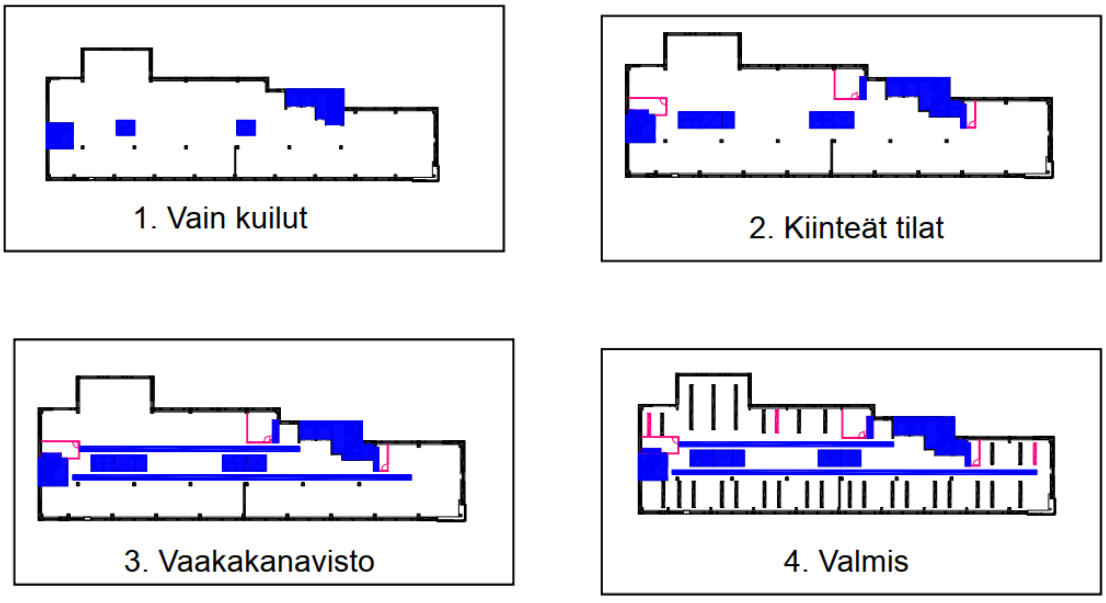
Avoimen rakentamisen periaatteet ovat mahdollistaneet myöhäiset tilapäätökset. Tämä johtuu juuri kyseisen periaatteen mukaisesta tavasta etsiä keinot alijärjestelmien jakamiselle ja yhdistelemiselle siten, että niiden väliset riippuvuudet olisivat mahdollisimman vähäiset. Mahdollisuuden hyödyntäminen rakennusten suunnittelussa ja hankinnassa ei ole aiheuttanut juurikaan ongelmia rakennusteknisten töiden osalta Suomessa, mutta taloteknisten järjestelmien kohdalla sen toteutus on merkittävästi haastavampaa. Taloteknisten järjestelmien kohdalla tilojen yksityiskohtaiset ratkaisut on usein sidottu kiinteästi rakennuksen talotekniikan perusosaan ja siten taloteknistä järjestelmää on käsitelty koko rakennuksen järjestelmänä. (Kruus 2008, s. 53)

SUKE-tutkimuksessa on tämän johdosta määritelty menetelmiä talotekniikan jakamiselle kiinteän ja muuntuvan alueen rajapintojen kesken. Talotekniikan jakaminen kiinteään ja muuntuvaan tilaosaan on SUKE-tutkimuksessa esitelty neljän vaihtoehtoisen tavan mukaisesti, joita ovat:

1. Vain talotekniikan kuilut kiinteässä perusosassa
2. Kiinteät tilat perusosassa
3. Talotekniikan vaakakanavisto perusosassa
4. Täydellinen talotekniikka

Vaihtoehdossa (1) talotekniikan perusosan rajaksi on asetettu kuilujen pinnat, jonka jälkeen perustalotekniikka mitoitetaan tilaohjelman maksimiarvolle. Menetelmä soveltuu tilanteisiin, joissa tilavaatimusten muuttuminen on erittäin todennäköisiä ja muutossyklit lyhyitä. Tällaisia kohteita ovat muun muassa kauppakeskukset ja laajan ohjelmavaihtelun toimitilat. Vaihtoehdossa (2) kiinteään perusosaan asetetaan sellaiset kiinteät tilat, kuten vessat ja sosiaalitilat, joihin tulee viemäröintejä alapuolisesta kerroksesta. Ensikäyttäjän kohdalla tiloja ei tarvitse purkaa laajamittaisesti, eikä viemäritöistä ole haittaa

alapuolisiin kerroksiin. Kiinteään osaan sisällytettävien tilojen varusteita ei ole tarve päättää etukäteen, vaan riittää kun niiden liittymät on sisällytetty kiinteään osaan. Vaihtoehdossa (3) talotekniikan vaakakanavisto mitoitetaan tilajouston maksimille ja toteutetaan valmiiksi. Menetelmän mukainen toteutus tarvitsee vain vähän taloteknisiä töitä ensikäyttäjän valikoituessa, mikäli tilan konseptipäätösten mukainen vaakakanavisto pystyy täyttämään ensikäyttäjän tilalle asettamat vaatimukset. Vaihtoehto soveltuu toimitiloihin, joissa tilavyöhykkeet ovat selkeät ja ohjelmavaihtelu vähäinen. Tällaisia ovat tyypilliset toimistorakennukset. Vaihtoehto (4) tarkoittaa menetelmää, jossa talotekniikka asennetaan täysin valmiiksi ja vaakakanavisto mitoitetaan tilavaihtelun maksimivälille. Ensikäyttäjän valikoituessa ei vaadita suuria muutoksia, mikäli konseptipäätöksillä voidaan vastata käyttäjän tarpeisiin. Menetelmä käsittää valmiin talotekniikan päätelaitteita myöten, mutta niiden sijoittelu suunnitellaan siten, että se mahdollistaa muuntuvat huonejaot. Vaihtoehto sopii parhaiten toimitiloihin, jotka ovat rajoittuneet toimistokäyttöön, mutta joiden huonejakoa on mahdollista muuttaa. (Kiiras et al. 2007b, s.24-26) Kiinteän ja muuntuvan tilaosan määrittely talotekniikassa on kuvattu kuvassa 22, jossa SUKE-mallin mukaiset vaihtoehdot 1-4 on esitelty havainnollistavien kuvien avulla.



Kuva 22. Kiinteän ja muuntuvan tilaosan määrittely talotekniikassa (Kiiras et al. 2007b)

Kiinteän perusosan suunnittelu ja muuntuvien tilaosien sekä tila-alueiden rajaukset tehdään SUKE-mallin mukaisessa yleissuunnittelussa. Rajaus on hankekohtainen päätös. Kiinteän ja muuntuvan osan talotekniikan jaottelu ja suunnittelu toteutetaan yhteistyössä TATE suunnittelijoiden kanssa. (Kiiras et al. 2007b, Kruus 2008)

Suunnitelmapaketit on SUKE-mallissa muodostettu työkaluiksi rakennushankkeen suunnitelma- ja hankintajaolle sekä niiden aikataulun hallitsemiselle toteutussuunnitteluvaiheessa. Tarve pohjautuu projektinjohtorakentamisen tapaan toteuttaa suunnittelu ja rakentaminen osittain samanaikaisesti toteutussuunnitelmavaiheessa, jolloin suunnitteluaikataulu on tehty hankintapakettien mukaisesti. SUKE-tutkimuksessa tämä on todettu ongelmaksi siitä syystä, että hankintapaketit ovat usein muodostaneet liian pieniä asiakokonaisuuksia. Yksittäisen pienen hankinnan suunnittelu on vaatinut suunnittelijaa ratkaisemaan samalla hankintaa laajempi kokonaisuus, mikä on aiheuttanut ongelmia suunnitelmien toimituksessa. Ratkaisuksi SUKE-mallissa ehdotetaan suunnitelmapaketteja, joissa suunnittelu toteutussuunnitteluvaiheessa toteutetaan sellaisten asioiden kokonaisuutena, joiden keskinäiset riippuvuudet vaativat ratkaisuja samanaikaisesti. SUKE-mallin suunnitelmapaketitpaketit on esitelty kuvassa 21, jossa ne kuuluvat toteutussuunnitteluvaiheeseen. (Kruus 2008)

Suunnitelmapakettien edut projektin ohjauksen, aikataulun sekä suunnitteluryhmän näkökulmasta ovat SUKE-mallin mukaisesti:

- mahdollisuus aloittaa työt, vaikka kaikki suunnitelmat eivät ole valmiita
- tilaaja ja käyttäjä saavat lisää aikaa päätöksilleen
- suunnittelun ohjaus ja suunnitelmakatselmukset voidaan toteuttaa tehokkaasti
- suunnitelmapakettien ohjaus vaatii vähemmän kokouksia verrattuna hankintojen ohjaukseen
- mahdollisuus välttää aikataulun laatiminen pelkkänä pitkänä viivana sekä suunnittelutyön kasautuminen viimehetkeen
- suunnittelijoiden keskinäinen sekä hankintahenkilöstön välinen tiedonvaihto selkeytyy
- suunnitteluresurssien tasainen jakautuminen, joiden lisääminen on myös helpompaa

Rakennushankkeen projektinjohto toteuttaa suunnitelmapakettien muodostamisen toteutussuunnitelmavaiheen alussa yhteistyössä suunnittelijoiden kanssa, osana ylläpidettävää projekti-suunnitelmaa. Suunnitelmapakettien muodostus tapahtuu kohdekohtaisesti SUKE-mallin mukaisten standardisuunnitelmapakettien mukaisesti, joita ovat esimerkiksi perustussuunnitelmat, hissisuunnitelmat ja rungon suunnitelmat. Suunnitelmapaketit muodostetaan sillä periaatteella, että aikataulun mukaisesti samassa yhteydessä suunniteltavien ja hankittavien osien mukaan muodostetaan yksi suunnitelmapaketti. SUKE-mallissa suunnitelma-aikataulu laaditaan suunnitelmapakettien mukaisesti,

vaikka rakennustyöt alkaisivatkin kaikkien suunnitelmapakettien valmistumisen jälkeen. (Kruus et al. 2006)

Tekninen innovointi ja kehitys vaativat, että toimittajat saadaan mukaan suunnitteluun ja toteutukseen. Lopullisia suunnitteluratkaisuja kehitetäänkin usein toimittajien ehdottamien ratkaisujen avulla. Ongelmana kyseisessä menetelmässä on kuitenkin se, että suunnitelmia täytyy muuttaa, jolloin tehty työ voidaan nähdä hukkana. Toimittajien ehdotukset tulisikin huomioida siten, että heillä on mahdollisuus vaikuttaa oikea-aikaisesti. SUKE-mallissa ratkaisuksi ehdotetaan kolmea erilaista suunnitelmien valmiusmuotoa hankinnoille. Näitä ovat:

- toteutussuunnitelmien avulla toteutettu hankinta
- ohjeellisien suunnitelmien avulla toteutettu hankinta
- suunnitelmavaatimuksien avulla toteutettu hankinta

Toteutussuunnitelmien avulla tapahtuvassa hankinnassa suunnitelmien tulee olla viimeisteltyjä ja niiden tulee soveltua usean markkinoilla olevan valmistajan tuotantoon. Markkinoilla on myös oltava tarpeeksi tuotantokapasiteettia ja kilpailua. Tässä menetelmässä suunnittelun edellyttämät päätökset on tehtävä ajoissa. (Kruus et al. 2006)

Ohjeellisten suunnitelmien avulla toteutetussa hankinnassa tarjoukset pyydetään vain alustavien toteutussuunnitelmien avulla, jolloin suunnitelmia voidaan kehittää toimittajan kanssa. Tässä menetelmässä yhteistyö toteutussuunnittelun aikana on tärkeää. Oleellista onkin, että hankkeen tilaajan suunnittelijat osallistuvat teknisiin neuvotteluihin, tarkistavat toimittajien tarjoamien tuotteiden soveltuvuuden sekä sovittavat ne rakennuksen liittyviin rakenteisiin. Etuna on tarjouspyyntöjen saaminen nopeasti liikkeelle sekä toimittajien sitominen ja heidän kapasiteettinsa varaaminen hankkeeseen aikaisin. (Kruus et al. 2006, s.39)

Suunnitelmavaatimusten avulla toteutetussa hankinnassa tarjoukset kysytään toiminnallisten ja esteettisten vaatimusten mukaisesti. Tavoitteena kyseisessä hankintamuodossa on saada toimittaja ottamaan vastuu suunniteltavan tuotteen toteutussuunnittelusta sekä toimituksesta ja asennuksesta. Suunnitelmavaatimuksin toteutetussa hankinnassa on pyrkimyksenä hyödyntää toimittajan innovaatioita hyvin kattavasti. Lisäksi tarkoituksena on saada toimittaja sitoutumaan kokonaishintaan ja toimitusaikatauluun aikaisessa vaiheessa. (Kruus et al. 2006, s.39)

3.3.2 Takaisinkytkentä

Hankkeen tavoitteena on mahdollistaa rakennuksen käyttäjän tai tilaajan tuleva toiminta niin hyvin kuin mahdollista. Ongelmana on kuitenkin, ettei tilaaja tunne päätöstensä aiheuttamia menoja, jolloin lopputulos voi olla taloudellisesti kestämätön. (Haahtela & Kiiras 2013)

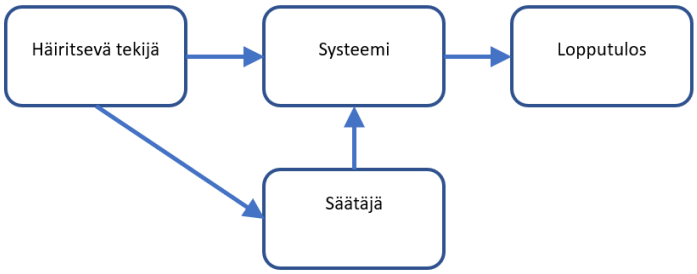
Suunnitteluratkaisut aiheuttavat huomattavaa vaihtelua resurssien käyttöön ja siten myös rakennushankkeen menoihin. Suunnitelmiin on tavanomaisen hankkeen kohdalla mahdollisuus vaikuttaa koko suunnitteluprosessin ajan, jolloin budjettia ei tule muuttaa suunnitteluratkaisujen satunnaisen kalleuden takia. Suunnitteluvaiheessa haasteita aiheuttaa usein se, etteivät suunnittelijat ja päätöksentekijät saa luonnossuunnitteluvaiheessa tarpeeksi tietoa suunnitelmiensa aiheuttamista menoista. Tämän seurauksena projektiryhmä sitoutuu taloudellisten tavoitteiden näkökulmasta vääriin suunnitelmiin. Todellisuus paljastuu vasta toteutussuunnitteluvaiheessa, jolloin suunnitelmia täytyy karsia. Suunnittelun taloudellisessa ohjauksessa oleellista onkin antaa suunnittelijoille palautetta liittyen suunnitelmien kalleuteen suhteessa tavoitteeseen. (Haahtela & Kiiras 2013)

Hankkeen talouden hallintaan on kehitetty apuvälineitä, joilla taloudellisuutta voidaan mitata ja siten päätöksentekijöille tuottaa tietoa nopeasti ja oikea-aikaisesti. Eräs apuväline on talonrakennuksen kustannustietojärjestelmä, jossa ohjelmointivaiheen apuna käytetään tavoitehintamenettelyä ja suunnitteluvaiheen apuna rakennusosa-arviomenettelyä. Tavoitehintamenettely esittää rakennushankkeen tilaajalle ja käyttäjälle toimintaympäristönä, joka koostuu tiloista. Järjestelmän tietoaineisto muuttaa toimintaympäristön euroiksi, jolloin käyttäjä pystyy kohdistamaan käytettävät varat toiminnan kannalta järkevästi. Rakennusosa-arvio esittää rakennuksen suunnittelijoille rakennusosina. Järjestelmän tietoaineisto mahdollistaa luonnossuunnitelmien hinnan arvioinnin ja vaihtoehtojen vertailun ennen tuotantosuunnittelua. (Haahtela & Kiiras 2013)

Rakentamisen kompleksisuus on kasvanut uudenlaisten tarpeiden ja hankkeiden myötä. Rakentamisesta on tullut monimutkaisempaa, jolloin toimivan lopputuloksen ennustaminen on entistä haastavampaa. Hankkeen alussa on useita tahtotiloja, jolloin rakennussuunnittelun laatiminen samanaikaisesti johtaa usein valtavaan määrään suunnittelutyötä. Tästä johtuen voidaan katsoa, että hankkeen hallittavuus paranisi, mikäli vaiheet erotettaisiin omiksi kokonaisuuksiksi. Tavanomaisissa hankkeissa tarveselvitys ja hankesuunnittelu voidaan erottaa rakennussuunnittelusta, jolloin vältytään tarpeettomalta kompleksisuudelta. Vaiheiden erottelua on myös kritisoitu, koska joskus asiakas vaatii

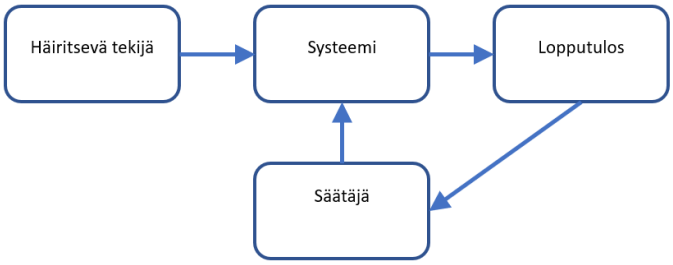
suunnitteluratkaisuja päätöstensä tueksi. Tämä korostuu etenkin poikkeuksellisten hankkeiden kohdalla, joista ei ole aikaisempaa kokemusta. (Pennanen 2012)

Pennanen (2012) ehdottaa kompleksisen järjestelmän hallintaan takaisinkytkentämallia, joka tarkoittaa paluuta päätöksentekoon ja sen muuttamista sopivammaksi. Tämä poikkeaa tavanomaisesta tavasta, jossa systeemiin yritetään vaikuttaa ennakoivasti. Tavanomaisesti systeemin ja lopputuloksen häiritsevää tekijää hallitaan systeemiä säätävän tekijän kautta, joka tunnistaa häiritsevän tekijän ja pystyy siten vaikuttamaan systeemiin ennen kuin sen vaikutukset päätyvät systeemin kautta lopputulokseen. (Pennanen 2012) Tämä menetelmä on kuvattu kuvassa 23.



Kuva 23. Tavanomainen systeemin säätömenetelmä (Pennanen (2012) pohjalta muodostettu)

Monimutkaisissa hankkeissa informaatiota häiriöistä on kuitenkin usein hankala saada ja systeemi on usein liian kompleksinen, jotta häiriöitä voitaisiin tehokkaasti etukäteen ennakoida. Tällöin systeemiä ohjataan epäsuorasti kuvan 24 mukaisesti. Siinä keskitytään lopputulokseen, jota voidaan havainnoida. Lopputulos tarkastetaan nopeasti, jonka jälkeen annetaan palaute säätäjälle, joka puolestaan ohjaa systeemiä. Muutos systeemissä johtaa siten muutokseen lopputuloksessa. (Pennanen 2012)



Kuva 24. Epäsuora systeemin säätömenetelmä (Pennanen (2012) pohjalta muodostettu)

Takaisinkytkennässä olennaista on nopeus. 1970- luvulla takaisinkytkentä oli hyvin hidasta, mikä tarkoitti sitä, että asiakkaan hankeohjelman mukainen päätös suunniteltiin ja vasta urakoitsijan tarjouksen jälkeen havaittiin päätöksen olleen liian hintava. Seurauk-

sena oli hankkeen päätöksistä karsiminen ja riitatila, kun lopputulos ei vastannut hankeohjelman mukaista tahtotilaa. Tarveselvityksen ja hankesuunnittelun aikana ei siis pystytty antamaan palautetta asiakkaan tahtotilan toteutukseen, mikä johti epäonnistuneeseen lopputulokseen. (Pennanen 2012)

Takaisinkytkennän aika on vuosien varrella lyhentynyt rakennuttajien paremmasta kyvystä arvioida suunnitelmia. Nykypäivän liiketoimintakulttuuri kuitenkin vaatii takaisinkytkentää ehdotuksiinsa ja päätöksiinsä jopa viikoissa, mikä vaatii ohjelmoinnin näkökulmasta työkaluja ja menettelytapoja, joilla asiakkaan tahdonilmaisuun voidaan antaa palautetta asiakkaan vaatimassa ajassa. (Pennanen 2012)

4. ASIANTUNTIJAHAASTATTELUT

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen asiantuntijahaastattelujen suunnittelu, toteutus, haastateltavat ja tulokset. Haastattelujen kautta on haettu asiantuntijoiden näkökulmaa tutkimuksen kirjallisuustutkimuksessa esiin nostettuihin asioihin. 4.1 alaluvussa esitellään asiantuntijahaastattelun suunnittelu ja toteutus, 4.2 alaluvussa esitellään haastateltavat asiantuntijat ja 4.3 alaluvussa haastattelun tulokset, jotka on vielä jaettu teemoittain.

4.1 Asiantuntijahaastattelun suunnittelu ja toteutus

Tutkimuksen asiantuntijahaastattelujen suunnittelu ja toteutus tapahtui kirjallisuustutkimuksen jälkeen. Haastattelun rakenne muodostettiin siten, että se kohentaisi tutkimuksen reliaabeliutta. Hirsjärvi & Hurme (2011) mukaan reliaabeliudella tarkoitetaan sitä, että kahdella rinnakkaisella tutkimusmenetelmällä saadaan sama tulos. (Hirsjärvi & Hurme 2011, s. 186.) Tämän tutkimuksen haastatteluilla haluttiin löytää yhtäläisyyksiä kirjallisuustutkimuksen havaintojen kanssa, mutta myös tuoda esiin asiantuntijoiden uusia näkemyksiä aiheesta. Haastattelututkimus suoritettiin tutkimuksen vaiheessa, jolloin tutkimuksen aiheesta tehty kirjallisuustutkimus oli edennyt tarpeeksi pitkälle ja tutkijan oma käsitys aiheesta oli kehittynyt.

Haastattelu on puolistrukturoitu, jossa haastattelukysymykset on jaettu vielä kolmeen eri teemaan. Eskola & Suorannan (1998) mukaan puolistrukturoidussa haastattelussa kysymykset ovat kaikille haastateltaville samat, mutta vastauksia ei ole sidottu vastausvaihtoehtoihin, vaan haastateltavat voivat vastata kysymyksiin omin sanoin. (Eskola & Suoranta 1998) Haastattelupohjana käytettiin liitettä A, joka lähetettiin haastateltaville ennen haastattelua aiheeseen perehtymistä varten. Haastattelun alussa kartoitetaan lyhyesti haastateltavan kokemukset edustamansa osapuolen roolissa sekä kokemukset korkeiden rakennusten parissa työskentelystä. Asiantuntijahaastattelujen tavoitteena on kartoittaa asiantuntijoiden näkemykset kolmeen eri teemaan, joita ovat:

1. Korkean rakentamisen haasteet haastateltavan edustaman osapuolen näkökulmasta
2. Korkean rakentamisen suunnittelun johtaminen
3. Tutkimuksessa tarkasteltujen suunnittelun johtamista kehittävien menetelmien soveltuvuuden arvioiminen

Haastattelun päätteeksi haastateltavalle annettiin mahdollisuus vapaalle sanalle aiheesta. Haastattelija ja haastateltava keskustelivat haastatteluky symykset läpi noin tunnin kestävän tapaamisen yhteydessä. Haastattelun tulokset kirjattiin keskustelujen pohjalta haastattelun pöytäkirjaan, joka hyväksytettiin haastateltavalla, ennen sen kirjaamista osaksi diplomityötä.

4.2 Haastateltavat

Tutkimuksen haastatteluun valittiin sellaiset asiantuntijat, joilla on kokemuksia hankkeista, joissa on täytynyt menetellä korkean rakentamisen määräysten mukaisesti. Haastatteluihin osallistui rakennussuunnittelija, rakennesuunnittelija, TATE-asiantuntija, viranomainen, rakennuttaja ja projektipäällikkö. Kaikilla haastateltavilla on kokemusta korkean rakentamisen kohteista Suomen toimintaympäristössä. Rakennesuunnittelijalla on myös kokemusta ulkomailta. Taulukossa 4 on esitelty haastateltavien osapuolien edustama rooli, haastattelun ajankohta ja haastateltavan kokemus. Haastateltaviin viitataan tässä tutkimuksessa lyhenteillä H1-6.

Taulukko 4. Asiantuntijahaastattelun henkilöiden roolit ja haastattelun ajankohta

Haastateltava:	Haastateltavan rooli:	Ajankohta:	Haastateltavan kokemus:
H1	Projektipäällikkö	25.10.2019	Kokemusta monipuolisista rakennusalan tuotannon tehtävistä sekä rakennuttamisen ja projektinjohdollisista tehtävistä. Hän on toiminut projektipäällikkönä hankkeessa, jonka toteutuksessa rakennusvalvonta on edellyttänyt korkean rakentamisen erikoismenettelyjä. Lisäksi hän toimii projektipäällikkönä Trigoni hankkeessa, joka käsittää useita korkeita torneja Helsingin Pasilan alueelle.
H2	Rakennesuunnittelija	11.11.2019	Yli 30 vuoden kokemus rakennesuunnittelijan tehtävistä, joista 4 vuotta ulkomailla työskentelyä. Haastateltava on toiminut rakennesuunnittelijana ja tarkastajana useissa yli 100 metriä korkeissa rakennushankkeissa.
H3	Viranomainen	12.11.2019	Yli 20 vuoden kokemus tarkastusinsinöörinä toimimisesta Helsingin rakennusvalvonnassa. Lisäksi hänellä on yli 10 vuoden kokemus rakennesuunnittelijana toimimisesta Suomessa. Haastateltava on toiminut tarkastusinsinöörinä yli 100 metriä korkeiden tornien parissa. Lisäksi hän on toiminut ohjausryhmän jäsenenä Korkean rakentamisen ohjeen (2018) päivityksessä.
H4	Pääsuunnittelija, arkkitehti	13.11.2019	Vankka kokemus arkkitehdin ja pääsuunnittelijan tehtävistä. Kokemusta löytyy erilaisista rakennustyypeistä sekä toimintoja yhdistelevistä hybridihankkeista. Lisäksi hänellä on kokemusta yhdestä 21 kerroksisesta tornitalosta Suomessa.
H5	Rakennuttamisen johtaja	18.11.2019	Laaja kokemus rakennusalan tuotannon tehtävistä sekä rakennuttamisen vetämisestä suuressa hankkeessa, jonka toteutuksessa rakennusvalvonta on edellyttänyt korkean rakentamisen erikoismenettelyjä. Lisäksi hänellä on aikaisempaa kokemusta toisesta yli 16 kerroksisesta rakennushankkeesta.
H6	TATE-asiantuntija	20.11.2019	Vankka kokemus LVI suunnittelusta konsulttitoimistossa. Viime vuosina kokemusta kertynyt LVI/TATE asiantuntijan roolista urakointiyrityksessä. Haastateltava on ollut urallaan mukana kolmessa korkean rakentamisen hankkeessa, joissa kokemusta on kertynyt suunnittelu- ja toteutusvaiheista.

Haastateltavien soveltuvuus ja halukkuus näkemyksensä ilmaisemiseen asiantuntijahaastattelussa tiedusteltiin sähköpostitse lähetetyn haastattelupyynnön tai suullisesti suoritetun keskustelun kautta. Osa haastateltavista oli tutkijalle ennestään tuttuja ja aikaisemmin tuntemattomat haastateltavat valikoituivat muiden haastateltavien suositusten perusteella.

4.3 Haastattelujen tulokset

Haastattelun tulosten käsittely on tässä alaluvussa jaettu haastattelun mukaisesti kolmeen teemaan. Ensin käsitellään haastateltavien näkemyksiä korkean rakentamisen yleisistä haasteista verrattuna matalaan rakentamiseen sekä hybridisen toimintamallin korkeiden rakennusten haasteet. Toinen teema käsittelee suunnittelun johtamisen haasteita yleisesti sekä korkean rakentamisen parissa. Kolmannessa teemassa esitetään haastateltavien näkemykset suunnittelun johtamista tehostavien menetelmien soveltuvuudesta korkean rakentamisen haasteisiin.

4.3.1 Korkean rakentamisen suunnitteluun liittyvät yleiset haasteet

Korkealla olosuhteet ovat haastavammat, jolloin suunniteltavalta kokonaisuudelta vaaditaan uudenlaisia ratkaisuja. Korkean rakentamisen vaatimat tekniset ratkaisut poikkeavat monin tavoin matalasta rakentamisesta, joka tulee ilmi muun muassa materiaaliliitosten detaljeissa, joita ei voida korkealla toteuttaa enää perinteisin tavoin. Lisäksi yksittäisten suunnitteluratkaisujen vaikutukset suunniteltavaan kokonaisuuteen ovat tavallista merkittävämpiä. Tämä tulee esille muun muassa rungon ytimen suunnittelun kohdalla, jossa runkorakenteiden viemä tila ja jäykistävien seinien läpivientien rajoitukset vaikuttavat vahvasti tilasuunnitteluun ja taloteknisiin ratkaisuihin. Ilman vakioituja ja valmiita ratkaisuja, ratkaisuvaihtoehdot vaativat paljon selvityksiä ja perusteluja toimivuudestaan. Suomessa ei kuitenkaan ole kokemuksia jokaisesta uudesta toteutustavasta, mikä aiheuttaa haasteita suunnitteluun ja toteutukseen. Matalien rakennusten kohdalla rakennuttajalla on yleensä käsitys siitä, kuinka rakennus tullaan rakentamaan. Korkeiden kohdalla puolestaan kokemusta on alkanut kertyä vasta viime vuosien aikana, mutta sitä on hyvin rajallisesti. Suunnitteluprosessin etenemisen kannalta onkin erittäin tärkeää, että ymmärrys korkean rakentamisen aiheuttamista rajoitteista on kaikkien osapuolien tiedossa ja että suunnittelun aikataulu on tehty haasteet huomioiden. Korkean rakentamisen suunnittelun voi herkästi ajatella olevan tehokasta ja nopeaa, kun toistettavia ker-

roksia on useita, mutta todellisuudessa tilanne on päinvastainen. Suunnittelun osakokonaisuuksien heijastusvaikutus toisiinsa on hyvin voimakas, jolloin pienikin muutos vaikuttaa herkästi useaan eri suunnitelmaan. (H1, H2, H3, H4, H5, H6)

Talotekniikan osalta järjestelmiä ei voida tehdä täysin samalla tavalla kuin matalissa rakennuksissa. (H5, H6) Esimerkiksi LVI -järjestelmän vyöhykeajattelun osalta rakennus täytyy jakaa pystysuunnassa, kun matalan rakennuksen kohdalla jako tapahtuu vaakasuunnassa. Pystysuuntainen järjestelmän jako korkealle luo haasteita LVI -järjestelmän painesuhteiden hallintaan, varusteiden paineenkestoon ja hormi-ilmiön hallintaan ilmanvaihdossa. Haasteita aiheuttaa myös teknisiltä vaatimuksiltaan vaativien toimintojen sijoittuminen rakennuksen ylimpiin kerroksiin. Korkeiden rakennusten ylimmät kerrokset ovat tavallisesti hintatasoltaan kalleimmat, jolloin niiden laatutason täytyy myös vastata korkeaa hintaa. Rakennuksen huipulle saatetaan sijoittaa näköalatasanne tai ravintola, mikä on tavallista hybridirakennuksissa. Talotekniikan osalta haasteena on varmistaa huipulla olevien toimintojen laatutaso, etenkin kun kulutus saattaa ravintoloissa olla suuri. Taloteknisiin järjestelmiin tarvitaan korkealla tavallisesta poikkeavia ratkaisuja, jolla esimerkiksi alhaalta nostettava jäähdytysvesi saadaan pidettyä oikeassa lämpötilassa sen muutoin lämmetessä kulkiessaan alhaalta ylös rakennuksen läpi. (H6)

Suunnitteluratkaisujen toteutusmahdollisuudet on selvittävä hyvissä ajoin, eli osaamisen ja tarvittavan kaluston saatavuus Suomesta on varmistettava. Konkreettisia esimerkkejä ovat muun muassa betonin pumppaus korkealle ja oikeanlaisten nostureiden saatavuus. (H1, H3) Lisäksi turvallisuusasiat täytyy huomioida suunnittelun yhteydessä, etenkin kun ratkaisut ovat toteutukseltaan uusia. Tuotanto ja suunnittelu pitäisi tuoda lähemmäs toisiaan jo hyvin aikaisessa vaiheessa, jolloin tuotanto kykenisi arvioimaan suunnitelmien toteuttamista ja ratkaisuja voitaisiin kehittää yhdessä. (H2, H5)

Korkeiden hybridirakennusten kohdalla toimintojen yhdistely luo toiminnallisesti uudenlaisia mahdollisuuksia, mikä saattaa vähentää hankkeen taloudellisia riskejä. Hybridinen toimintamalli kuitenkin korostaa korkeaan rakentamiseen liittyviä yleisiä teknisiä haasteita sekä lisää uusia ratkaistavia ongelmia. (H4) Hybridirakennuksen rungon saa määriteltyä melko helposti, mutta muun muassa hissien sovitus tehokkaasti tuo haasteita. Haasteena on myös sovittaa tuleva ihmisvirta ja tekniikka siten, etteivät ne risteä liiaksi. Hybrideissä toimintojen väliset vaatimukset poikkeavat talotekniikan osalta, jolloin suunniteltavaksi muodostuu kaksi erilaista järjestelmää, joiden täytyy pystyä toimimaan omina erillisinä järjestelminään, mutta myös yhdessä kokonaisuutena. Osakokonaisuuksien rajapintojen välillä tulee herkästi ongelmia ja epäselvyyksiä, minkä takia olisikin tär-

keä määritellä, kuka vastaa kokonaisuuden hallinnasta ja yhteensovituksesta. Käsiteltävän datan määrä on hybridihankkeissa valtava ja ratkaisujen vaikutukset toisiinsa ovat merkittäviä, jolloin asioiden lukittuminen kestää kauan. Se luo projektin etenemiselle paljon paineita ja lisää riskejä. (H1, H2, H3, H4) Hybridit ovat kuitenkin nykytrendi ja tulevaisuuden kannalta ne ovat muuntojoustavampi ratkaisu pitkäikäisille rakennuksille. (H4)

Suomeen kaavaillut korkeat hybriditornit ovat sisältäneet aidosti kahta tai useampaa toimintoa, eli toimintojen osuudet rakennuksesta ovat merkittäviä. Maailmalla hybrideiksi saatetaan mieltää paljon kevyemmin toteutetut usean toiminnan sisältävät korkeat rakennukset, joissa rakennuksen lisätoiminto saattaa olla vain muutama kerros. Rakennus on tällöin käytännössä yhteen toimintoon keskittynyt. Myös määräysten osalta esimerkiksi Pohjois-Amerikassa menettelyt ovat kevyemmät verrattuna Suomen vastaaviin määräyksiin, mikä näkyy rakennusten teknisessä toteutuksessa. Referenssikohteisiin tutustuminen on korkeiden rakennusten kohdalla tärkeää, jotta tietämystä voidaan laajentaa. Toimintaympäristöjen välillä on kuitenkin merkittäviä eroja, jotka tulee tiedostaa. (H1, H2, H4, H5)

Suomessa korkea rakentaminen, etenkin yli 100 metristen rakennusten kohdalla, on keskittynyt usean tornin muodostamaan tornikeskittymiin. Lupaa saatetaan hakea useampaan kuin yhteen torniin kerralla, jolloin myös suunniteltava kokonaisuus muodostuu suureksi yhteensovitettavaksi kokonaisuudeksi. Tällöin suunnitteluvastuuta saatetaan jakaa muun muassa pääsuunnittelun osalta eri toimijoiden välille, jolloin viranomaiselle täytyy esittää kokonaisuudesta vastaava koordinoiva pääsuunnittelija sekä tehtäväjaot ja osapuolten kelpoisuudet. Kaikissa korkean rakentamisen hankkeissa edellytetään korkean rakentamisen rakentamistapaohjeen mukaisesti MRL 121 a §:n mukaista suunnittelun laadunvarmistusselvitystä, jossa hankkeeseen ryhtyvän on esitettävä kaikkien suunnitteluosa-alueiden osalta suunnittelun organisointi, resursointi, ohjaus sekä laadunvarmistus hankkeen vaativuuteen ja haasteisiin nähden. (H3)

Korkeiden rakennusten kohdalla tulee erityismenettely laajasti käyttöön, jolloin viranomaiskäytännöt ovat työläämpiä kuin matalissa hankkeissa. (H5) Toiminta viranomaisen kanssa korostuu, mikä täytyy huomioida heti hankkeen alkuvaiheessa. Menettelyt ovat Suomen korkeiden rakennushankkeiden kohdalla vaatineet hieman opettelua ja totuttelua. Viranomaisneuvottelut tulisi suorittaa tarpeeksi aikaisessa vaiheessa, jotta toimintatavat osapuolien välillä saataisiin sovittua heti toimiviksi ja mahdolliset epäselvyydet katsottua yhdessä läpi. Kun korkea rakentaminen on Suomessa vielä muuta kuin normaalia, niin erityismenettelyjä tullaan edellyttämään laaja-alaisesti. (H3)

Eräs erityismenettelyn ominaispiirre on ulkopuolinen tarkastus. Ongelmana sen osalta on Suomessa osaajien rajallinen määrä. Osaamista on mahdollisesti haettava ulkomailta, mikä ei sinänsä ole ongelma muun muassa rakennesuunnittelun laskennan osalta, mutta haasteita tuo ulkomaisen tekemisen yhdistäminen Suomen kansallisiin määräyksiin. Ongelman lieventämiseksi olisi hyvä, jos ulkomainen tarkastus pystyisi toimimaan Suomalaisen partnerin kautta, joka varmistaa kansallisten määräysten huomioimisen ja toimisi myös tarvittaessa yhdyshenkilönä rakennusvalvontaan. Menettelyjen sopiminen hankekohtaisesti tulisi hoitaa yhdessä rakennusvalvonnan kanssa hyvissä ajoin, jotta ne eivät aiheuta häiriöitä hankkeen etenemisen kannalta. (H3)

Korkeiden rakennusten ominaispiirteiden vaikutukset kustannuksiin ja toiminnallisiin tekijöihin täytyy suunnittelun johdon määritellä hankkeen alkuvaiheessa, ettei aleta muodostamaan kiinteistön omistajan kannalta toimimattomia ratkaisuja. (H1) Korkeiden rakennusten hyötyalaprosentti on huomattavasti heikompi verrattuna normaaliin matalaan rakennukseen ja rakentaminen on tavallista kalliimpaa, jolloin toteutettavien ratkaisujen taloudellisuus on arvioitava tarkasti. Lisäksi rakennusalan yleinen suhdanneriippuvuus vaikuttaa pitkän projektin toteutukseen. Etenkin kuuman suhdanteen aikana projektin suurien hankintojen kaupat tulisi sopia hyvissä ajoin useita kuukausia etukäteen. Tämä puolestaan tarkoittaa, että suunnitelmien tulisi olla tarpeeksi pitkällä, etenkin isojen linjojen osalta. Tilanne on korkeiden rakennusten kohdalla hieman ristiriitainen, koska päätökset tulisi voida siirtää myöhemmäksi, jotta muutokset sallittaisiin pitkän hankkeen edetessä ja tilanteiden muuttuessa. Hankintojen osalta kuitenkin vaaditaan suunnitelmia aikaisin, jotka taas vaativat päätöksiä. Tämän takia suunnittelu- ja päätöksentekoaikataulu tulee tehdä tarkasti ja määritellä menetelmät, kuinka muuntojoustoa voidaan lisätä. (H5)

4.3.2 Suunnittelun johtaminen korkeissa rakennushankkeissa

Tässä alaluvussa selvitetään haastateltavien näkemyksiä suunnittelunjohdon haasteista yleisesti sekä siitä, kuinka ne korostuvat korkeiden rakennushankkeiden kohdalla. Suunnittelun johtamista käsiteltiin haastateltavien kanssa luvun 3 määritelmän mukaan, jossa se on jaettu organisoinnin, ohjauksen, valvonnan ja koordinoinnin muodostamaksi kokonaisuudeksi.

Suunnittelun organisoinnin kannalta pätevien ja riittävien suunnittelijaresurssien kiinnittämiseen kuluu korkeissa rakennushankkeissa enemmän aikaa. Korkeat rakennushankkeet ovat Suomen toimintaympäristössä hyvin uusia, jolloin kokemusta omaavia asiantuntijoita on rajallisesti. Rakennuksen korkeuden kasvaessa olosuhteet ja tekniset

edellytykset muuttuvat merkittävästi, joka rajoittaa osaavien asiantuntijoiden määrä entisestään. Suunniteltava kokonaisuus sisältää kuitenkin paljon kapeita erikoisaloja, jolloin hankkeen asiantuntijoiden tarve kasvaa. (H1, H3, H5, H6) Myös suunnittelun ohjaukseen on haastava löytää osaajia, joilla olisi tarpeeksi kokemusta korkean rakentamisen tuotannosta ja siten kykyä arvioida suunnitteluratkaisuja. (H5)

Korkean rakentamisen vähäinen määrä Suomessa on vaatinut suunnittelun johdosta vastaavilta tahoilta opettelua ja ymmärrystä organisoinnin suhteen. Korkeita rakennushankkeita ei voida organisoida samalla lailla kuin on totuttu matalien rakennusten kohdalla. Keskeisenä erona on ollut ymmärrys siitä, kuinka erikoissuunnittelijat täytyy kiinnittää hankkeeseen huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa ottamaan kantaa suunnitelmiin. Rakennesuunnittelija täytyy kiinnittää hankkeeseen käytännössä yhtä aikaa arkkitehdin kanssa, jotta arkkitehdin luonnosten toteutusmahdollisuuksia voidaan heti arvioida. Rakennuttajan on myös haastava ottaa kantaa suunnitelmiin ilman erikoissuunnittelun tukea. Suunnittelun johdosta vastaavalla taholla on ollut puutteita korkean rakentamisen rakenneteknisten asioiden ymmärtämisessä, jolloin suunnitelmia on täytynyt kehittää ja kierrättää turhan paljon. Kiinnittämällä oikeat asiantuntijat aikaisin, on mahdollisuus säästää aikaa ja rahaa. (H2)

Taloteknisen suunnittelun organisoinnin osalta haasteena on osaamisen löytyminen. Yksittäisellä suunnittelutoimistoilla ei välttämättä ole tarpeeksi laadukasta kokonaisvaltaista osaamista korkeiden rakennusten talotekniikan suunnittelusta, etenkään jos rakennus sisältää useaa eri toimintaa. Tällöin suunnitteluvastuu on jaettava eri toimistojen välille, joka tuo haasteen ohjata kokonaisuutta. Suunnittelurajapintojen määrittely on myös haasteellista, kun toiminnot ovat korkeissa rakennuksissa päällekkäin. Eri toimistojen vastaavien suunnittelijoiden tehtävä on yhteensovittaa suunnittelua, mutta käytännössä ei voida täysin olettaa, että vastaava suunnittelija voisi koordinoida myös toisen toimiston toimintaa tehokkaasti, jolloin vastuu jää lopulta tilaajalle. Korkean rakennuksen ominaispiirteiden takia olisi tärkeää luoda hankeorganisaatio, jonka suunnittelurajapinnat voitaisiin häivyttää. (H6)

Nykyiset sopimusmallit eivät välttämättä sovellu, kun halutaan erityisesti yhteistoimintaa korostava tehokas suunnitteluorganisaatio haastavan hankkeen toteutukseen. (H1, H4, H5) Etenkin hankkeen alkuvaiheen yleissuunnittelu täytyy toteuttaa tuntiperusteisten sopimusmallien mukaan, sen sijaan, että voitaisiin muodostaa kiinteähintainen sopimus. Suunnittelun johdon täytyy kuitenkin varmistaa organisoinnilla toiminnallisesti ja kustannuksiltaan tehokas suunnitteluorganisaatio. (H4, H5) Korkeiden rakennusten suunnittelun organisoinnin kohdalla lainalaisuudet tavalliseen rakentamiseen on säilytettävä.

Suunnittelun johdosta vastaavan täytyy huolehtia suunnittelun kustannustehokkuudesta siten, ettei osapuolille muodostu harhakuvaa sen suhteen, että hankkeen haastavuus tarkoittaisi poikkeuksellista rahallista lisäpanostusta verrattuna tavanomaisiin hankkeisiin. (H1) Haasteita on kustannusmielessä kuitenkin lisännyt suunnittelutyön hinnan nousu, mikä ei kuitenkaan ole täysin näkynyt suunnittelun tehokkuudessa. (H5)

Organisoinnin haastavuus kasvaa korkean rakentamisen mukaisten viranomaismääräysten johdosta. Viranomainen arvioi ja hyväksyy hankkeen vastaavat suunnittelijat hankkeen ominaispiirteet huomioiden. Vaikka yli 12-kerroksiset hankkeet lasketaan Suomessa rakennesuunnittelun osalta poikkeuksellisen vaativiin hankkeisiin, ovat ne kuitenkin täysin eri asia verrattuna 50-kerroksisiin. Tämän johdosta vastaavien suunnittelijoiden soveltuvuus täytyy selvittää tarkemmin hankkeen vaativuuden mukaisesti ja etenkin se, onko suunnittelijan kokemus peräisin esimerkiksi 15-kerroksisesta hankkeesta vai 50-kerroksisesta. Korkean rakentamisen yleistymisen myötä olisi tärkeää, että nuoret suunnittelijat pääsevät mukaan hankkeisiin ja siten osaaminen Suomessa kehittyisi myös yleisesti. (H3)

Suunnittelun ohjauksen näkökulmasta haasteita aiheuttaa osapuolien ja osakokonaisuuksien suuri määrä, joka näkyy käytännön tasolla muun muassa lisääntyneinä kokouksina. Henkilökemioiden vaikutus nostaa merkitystään, kun menetelmiä ei ole vakioitu. Oleellista onkin muodostaa kokouskäytännöt sellaisiksi, että suunnittelun etenemisen kannalta oleelliset asiat tulevat esille ja kaikkien osapuolten näkemykset huomioidaan. (H1, H4)

Suurien hankkeiden suunnittelun ohjaus painottuu Suomessa usein tilaajalle, sen sijaan, että pääsuunnittelija vastaisi siitä yleisten määritelmien mukaan. Suunnittelijat pystyvät harvoin menettelemään täysin tehtäväluetteloiden mukaisesti, mikä vaatii tehtävien määrittelyä ja selkeyttämistä siten, etteivät osapuolten odotukset ole ristiriidassa. (H5) Suunnittelun ohjauksesta vastaavan tahon kyky arvioida ehdotuksia on uudenlaisen hankkeen kohdalla rajallisempaa, jolloin hänellä tulee olla kyky hyödyntää suunnittelijoiden osaamista siten, että vaihtoehdoista saadaan muodostettua tehokas kokonaisuus. Menetelmä poikkeaa rakennusyritysten vakioimista menetelmistä ohjata suunnittelua, joka vaatii uuden toteutustavan kannalta suunnitelmallisuutta. Vanhoja lainalaisuuksia ei kuitenkaan sovi unohtaa, vaikkei voida edetä täysin vanhan mallin mukaisesti. Suunnitelmavaihtoehtojen ja ratkaisujen toimivuus täytyy tarkastella laajemmin ja osa päätöksistä on perusteltua jättää avoimeksi, kunnes sen toimivuus osana kokonaisuutta voidaan varmistaa. (H1, H4)

Suunnittelun ohjaajien kokemattomuus pääsuunnittelijan ja rakennuttajien kohdalla on Suomessa tunnistettavissa, kun sitä verrataan ulkomaille maihin, joissa korkea rakentaminen on yleisempää. Alle 30-kerroksiset rakennukset ovat vielä hallittavissa melko tavanomaisin menetelmin, mutta sitä korkeammissa rakennuksissa vaatimukset alkavat kasvaa merkittävästi. Suunnittelua ohjaavien vastuuhenkilöiden korkean rakentamisen kokemukset eivät ole riittäviä, jolloin toteutuskelpoisten suunnitelmien luominen olisi mahdotonta ilman erikoissuunnittelijoiden avustusta hyvin aikaisessa vaiheessa. Suomessa korkeat rakentamishankkeet ovat olleet käytännössä urakoitsijavetoisia, jolloin tuotantoa on voitu tuoda aikaisin mukaan ja toteutuksen arviointi on voitu toteuttaa tehokkaammin. (H2)

Tiedonhallinnan täytyy toimia yleisesti muiden suunnittelun ja talotekniikan välillä. Suunnittelun ohjaus osa-alueiden välillä tapahtuu suurissa hankkeissa usein pienryhmissä. Talotekniikan kannalta se on haaste, koska talotekniikka on muun suunnittelun läpileikkaava järjestelmä, joka on vahvasti sidoksissa muuhun suunnitteluun. Talotekniikan suunnittelusta vastaavien tulisi olla läsnä useissa kokouksissa ja pienryhmissä, jolloin kokousten määrä kasvaa merkittävästi. Kokousten määrä ja niiden mahdolliset päällekkäisyydet tekevät talotekniikan suunnittelun yhteensovituksesta hyvin raskaan prosessin. Lisäksi yhteensovitus tulisi vielä pystyä hallitsemaan talotekniikan sisäisen suunnitteluorganisaation sisällä. Ongelman hallitseminen vaatii käytännössä tiedonkulkumenettelyjen sopimista osapuolten välillä, selkeitä tehtäväluetteloita sekä suunnitelmien kehittymisen tarkempaa valvontaa ja seurantaa. (H6)

Suunnittelun valvonta on aikataulussa pysymisen edellytys. (H1) Suunnittelijoiden nykyinen tehtäväluettelo ei ole toimiva työkalu korkeiden rakentamishankkeiden alkuvaiheen suunnittelutyön etenemisen suunnitteluun ja valvontaan. Korkean rakentamisen kohdalla alkuvaiheen suunnittelun aikataulutukseen ja valvontaan soveltuu paremmin hankekohtainen tehtävien ja tavoitteiden räätälöinti. Se kuitenkin vaatii suunnittelijoiden aktiivista osallistumista tehtävien ja tarpeiden määrittelyyn. (H2) Suunnitteluaikataulun muodostamisessa oleellista on yhteistyö niin aikatauluraamin muodostamisessa, kuin sen seuraamisessa. Menetelmät aikataulun valvonnalle täytyy määritellä tarkoin. Suunnitteluorganisaatio kasvaa hankkeen edetessä muun muassa julkisivujen suunnittelun kohdalla, kun mukaan kiinnitetään tuoteosatoimittaja. Kasvavan suunnitteluryhmän aikataulun valvonnan menetelmät täytyy siinä vaiheessa jo olla olemassa. (H1)

Suunnittelun koordinoinnilla täytyy varmistaa tehtävien ja aikataulujen yhteensopivuus. Aikataulusta poikkeaminen heijastelee tavallisesti muihin tehtäviin, eikä niiden vaikutuksia aina täysin ymmärretä. Suunnittelu sisältää tiettyjä osakokonaisuuksia, joiden

vaikutus kokonaisuuteen on merkittävä. Mikäli niiden päätös- ja suunnitteluaikataulussa jäädään jälkeen, ei muissakaan vaiheissa voida edetä. Esimerkki tällaisesta suunnittelun pullonkaulasta korkeissa rakennuksissa on päätös hissien mallista ja määrästä. Rakennuksen runkoa ei voida täysin lyödä lukkoon, ellei hissien suhteen ole lopullisia päätöksiä ja mikäli rakennuksen runkoa ei voida lyödä lukkoon, ei myöskään voida laatia suunnitelmia perustuksille. (H1) Matalan rakennuksen kohdalla runkoratkaisua voidaan pyöritellä melko pitkään, ennen lopullista päätöstä, mikä antaa joustoa muulle suunnittelulle. Korkean rakentamisen kohdalla tätä mahdollisuutta ei ole samassa määrin. (H2) Päätösten aikataulun venyminen vaikuttaa myös haitallisesti suunnittelu resursointiin, jota ei voida suorittaa hyvissä ajoin aikataulun mukaisesti, mikäli aikataulu ei pidä. (H1) Päätöksenteko onkin keskeinen hidastava tekijä suunnittelutyön etenemisen kannalta. Verrattuna matalaan rakentamiseen, korkea rakentaminen on koko ajan etupainoinen prosessi, jonka takia päätöksentekoaikataulussa pysyminen on edellytys hankkeen aikataulussa pysymiselle. (H2) Suunnittelun etenemisen kannalta oleellisten päätösten ja suunnittelun pullokaulojen tunnistaminen on erittäin oleellista, jotta haitalliset heijastusvaikutukset voidaan välttää. (H1) Suunnittelun koordinointia täytyy tehdä jatkuvasti läpi hankkeen. Tehtävien aikataulutusta tulee seurata ja tarkentaa tarpeeksi usein, esimerkiksi parin viikon välein, jolloin voidaan reagoida ajoissa muutoksiin ja tarkennuksiin sekä mahdollistaa toiminnan joustavuus. (H4)

Taulukoon 5 on koottu haastatteluissa ilmi tulleet korkean rakentamisen suunnittelun johtamisen haasteet sekä haastateltavien esittämiä kehitysehdotuksia. Haastatteluissa ilmi tulleet haasteet ja kehitysehdotukset voivat soveltua usean osatehtävän alle. Tässä taulukossa ne ovat kuitenkin kirjattu sen mukaan, kuin ne haastatteluissa tulivat ilmi.

Taulukko 5. Haastatteluissa esiin tulleet korkean rakentamisen suunnittelun johdon osa-alueiden haasteet ja kehitysehdotukset

Suunnittelun johdon osatehtävä	Haaste	Kehitysehdotus
Organisointi	Osaavien asiantuntijoiden määrä rajallinen (H1,H2,H3,H5) Myös suunnittelun ohjaukseen haastava löytää osaajia, joilla näkemys tuotannosta. Alalla yleinen osaavien tekijöiden resurssipula (H5)	Oppia tulisi kehittää korkeiden rakennushankkeiden myötä (H3) Ulkomaisen osaamisen hyödyntäminen sparrauksessa ja tarkastuksessa (H1,H3,H5)
	Kapeita erikoisaloja, jolloin asiantuntijoiden määrä kasvaa ja siten myös organisaation koko. Organisointiin kuluva aika kasvaa. (H1,H2,H4)	Ymmärrys siitä, ettei korkeiden rakennushankkeiden organisoinnissa voida edetä kuten normaaleissa hankkeissa totuttu. Erikoissuunnittelijoiden kytkeminen mukaan huomattavasti aikaisemmassa vaiheessa. (H2)
	Tavanomaiset sopimusmallit ja käytännöt eivät välttämättä sovellu täysin. (H1, H5) Sopimusmaailma haastava, kun useita osapuolia ja toimintatavat uudenlaisia (H1, H4, H5)	Hanketta täytyy mahdollisesti pilkkoa osiin. (H1) Yleissuunnittelu käytännössä tuntihintaisena, toteutussuunnittelussa mahdollista kiinteähintaiseen sopimukseen. (H4, H5) Tehtäväsisällöt täytyy määritellä tarkasti yhdessä (H4)
	Kustannustenhallinta (H1, H5)	Kustannustietoisuuden lisääminen suunnitteluorganisaatiossa ja lainalaisuuksien säilyttäminen (H1, H5)
	Tuotannon ja suunnittelun välillä liian suuri kuilu (H2, H5)	Tuotanto tulisi tuoda alussa lähemmäksi suunnittelua, jotta voidaan arvioida toteutusta hyvissä ajoin (H2, H5)
	Yhteistyö tuoteosatoimittajien kanssa (H2, H5)	Vastuunjaon määrittely tuoteosasuunnittelun ja oman suunnittelun kanssa (H5)
	Viranomaisen vaatimukset vastaavien suunnittelijoiden kohdalla (H3, H5)	Viranomaisneuvottelut hyvissä ajoin (H3, H5)
	Suunnitteluvastuun mahdollinen jakaminen etenkin ARK suunnittelussa. Koordinoivan Pääsuunnittelijan rooli epäselvä. Kokonaisuuden hahmotus on haaste ''mitä kuuluu kenellekin'' (H4)	Roolien määrittely alussa yhteistyössä hankkeen organisaation ja viranomaisen kanssa. (H4)
	Valtuudet ja niiden tunnistaminen, ''kenellä oikeus tehdä päätös'', ''ketä kuunnellaan'' (H4)	Hankkeen päätösvaltuuksien määrittely. Vastuunjakotaulukoiden muodostaminen. (H1, H4, H5)
	Suunnittelutyön hinta noussut. Suunnittelun laatu ei välttämättä ole kasvanut samalla (H5)	Alan yleinen piirre, joka täytyy huomioida (H5)
	Haastava löytää TATE suunnittelutoimija, jotka tasavahva kaikilla osa-alueilla. Toimistot saattaneet profiloitua vahvasti johonkin osa-alueeseen. Ongelma etenkin hybrideissä. (H6)	TATE suunnittelua täytyy jakaa eri toimistoille (H6)
	Kokousten määrä kasvaa ja ne ovat henkilömäärältään suurempia (H1, H4)	Kokouskäytäntöjen tehostaminen ja pelisääntöjen sopiminen. (H1) BigRoom ja pienryhmät helpottavat Pääsuunnittelijan osalta ohjausta. (H4)
	Ohjauksesta vastaavan kyky arvioida uudenlaisia suunnitteluratkaisuja on rajallinen (H1,H4)	Yhteistoiminta suunnittelijoiden kanssa heti alussa, jotta palautetta saadaan tarpeeksi aikaisin. Osa päätöksistä täytyy jättää avoimiksi (H1,H2,H4,H5) Referenssikohteisiin tutustuminen (H5)
	Rakennuttajien ja Pääsuunnittelijoiden kokemukset korkeista rakennuksista hyvin vähäiset ja puutteita korkean rakentamisen perusasioissa. (H2)	Koulutuksessa tulisi huomioida korkea rakentaminen ja toimintamalleja muuttaa. Erikoissuunnittelu aikaisemmin mukaan. (H2)
	Joillakin päätöksillä suuret vaikutukset, jolloin täytyy pitää avoinna melko pitkään (H1, H4, H5)	Mikäli asioita jätetään avoimeksi, niin se tulee sopia yhdessä. (H1, H4) Täytyy huolehtia, etteivät avoimet päätökset muodostu pullonkauloiksi suunnittelun etenemiselle. (H4)

Ohjaus		Rinnalla pidettävä tehtäviä, joita voidaan edistää samanaikaisesti. (H4) Korkeissa rakennushankkeissa perinteisen aikatauluajattelun muuttamista tulisi tarkastella. (H4) Tulee määritellä menetelmät, joilla päätöksiä voidaan venyttää (H5) Päätösten vaikutukset täytyy arvioida tarkasti yhdessä (H1, H5)
	Suunnitelmista tehtävä vaihtoehtoisia versioita, joita suunnitellaan hyvinkin pitkälle. Korostuu etenkin hybridien kohdalla (H4)	Hybridisen mallin korkea rakentamiseen liittyvä ominaispiirre, jonka hallinta vaatii ymmärrystä ja varautumista. Vaikutukset aikatauluun ja resurssointiin omaksuttava. (H4)
	Yhteistoiminnan lisääntyessä henkilökohtaisten sosiaalisten tekijöiden merkitys kasvaa (H4)	Kaikkien osallistaminen ja kuuleminen täytyy toteuttaa systemaattisesti (H4)
	Ohjaus jää suuressa määrin tilaajan vastuulle, vaikka tulisi olla Pääsuunnittelijan vastuulla. Suunnittelijoiden työskentely ei välttämättä mukaile tehtäväluetteloiden määritelmiä. (H5) Nykyiset tehtäväluettelot eivät ole kovin toimivia korkean rakentamisen alkuvaiheen suunnittelussa (H2)	Vastuiden määrittely hankekohtaisesti ja osapuolten välisten odotusten kartoitus (H2, H4) Ohjausprosessi täytyy toteuttaa selkeämmin ja tehokkaammin. Oletuksia ja epävarmuuksia ei voi sallia. (H5) Osapuolilta vaaditaan aktiivisuutta omien tarpeiden esiin tuomiseksi (H5) Alkuvaiheessa hankekohtainen suunnittelun tehtävien ja tavoitteiden räätälöinti (H2)
	Isot hybridihankkeet elävät läpi suunnittelun ja toteutuksen (H5)	Ominaispiirre, joka täytyy ymmärtää. Muutostenhallinamenetelmät täytyy määritellä ja aikatauluttaa (H5)
	TATE suunnittelun jakaminen toimijoiden välillä aiheuttaa yhteensovitus haastetta kokonaisuuden suunnittelussa, mutta myös TATE suunnitteluorganisaation sisällä. Eri toimistojen haastava ohjata toisiaan. (H6)	Suunnittelutyön tilaavan tahon täytyy varmistaa yhteensovitusmenetelmät. (H6)
Valvonta	Osapuolten suuri määrä, etenkin kun tuoteosasuunnittelu tulee mukaan (H1)	Suunnittelutyön valvonnan prosessi täytyy kehittää toimivaksi heti alussa ja sen tulee mahdollistaa suunnitteluorganisaation kasvu hankkeen edetessä (H1)
	Eritysmenettelyn mukaiset toimenpiteet, kuten ulkopuolisen tarkastuksen raportointi ja menettelyt (H3, H5)	Aikainen yhteistyö viranomaisen kanssa ja pelisääntöjen määrittely (H3)
Koordinointi	Päätöksenteko on keskeinen suunnittelua hidastava tekijä, joka saattaa muodostua pullonkaulaksi (H2)	Päätöksentekoaikataulu ja kriittiset pisteet tulee määritellä (mm. rungon osalta) (H1,H2,H5)
	Suunnitelmien yhteensopivuus keskenään (H1, H3)	Yhteistoiminnalliset menetelmät, Bigroomit ja pienryhmätyöskentelyt. Pelisäännöt määriteltävä ja oikeat henkilöt paikalle, jotta tilaisuudet tehokkaita. (H1, H2, H4)
	Suunnittelujen riippuvuudet hyvin suuria ja iterointia paljon, jolloin herkästi suunnitellaan tarpeettoman pitkälle (H4)	Koordinointia tulee tehdä jatkuvasti ja tiheät tapaamisvälit, joissa katsotaan tilanne ja määritellään suunnittelun etenemistahti (H4)
	Tarkka aikataulutus haastavaa (H4, H5)	Aikataulun valvonta, kehitys ja määrittely yhdessä viikoittain. (H4, H5)
	Hankkeen osapuolien intressit saattavat vaihdella (H5)	Tilaajan tavoitteet tulee määritellä tarkoin kaikille osapuolille ja kuinka paljon rahaa toteuttamiseen on varattu. (H1, H5)
	TATE vahvasti sidoksissa muihin suunnitteluaaloihin, jolloin tiedonkulun varmistaminen sen suuntaan suuressa hankkeessa haastavaa. TATE vastaava ei välttämättä pysty osallistumaan päällekkäisiin kokouksiin. Korostuu etenkin hybrideissä. (H6)	Käytännöt tiedonkulkuun on sovittava ennalta. Vaatii toiminnan tarkempaa valvontaa ja seurantaa. (H6)

Haastatteluissa esiin tulleita muita suunnittelun johtamista kehittäviä menetelmiä ja ajatuksia olivat:

- Suunnittelun johtamisessa menetellään usein alusta-loppuun periaatteella, kun tulisi tarkastella prosessiketju myös lopusta-alkuun. (H1)
- Ymmärryksen kehittäminen hankkeen ominaispiirteiden suhteen on oleellista ja osapuolten sitouttaminen yhteisten menetelmien noudattamiseen johtaa tehokkaampaan lopputulokseen. (H1)
- Viranomainen voi tuoda hankkeeseen arvoa, jos yhteistyö on avointa ja aloitetaan aikaisin (H3)
- Laaja-alainen riskianalyysiprosessi, joka kattaa kaikki suunnittelualueet ja jatkuu läpi hankkeen (H3)
- Korkean rakentamisen suunnitteluorganisaatio yleisesti melko suuri, jolloin avoimet keskustelut osapuolten roolien vastuista ja muiden osapuolten odotuksista toisia kohtaan tulisi saada selkeästi esille. (H4)
- Pääsuunnittelijan kokemus suunnittelutyöstä yleensä melko suuri, jolloin tulisi myös hyödyntää suunnittelutyössä, eikä liiaksi eristää ohjaajaksi. (H4)
- Tiedonsiirron parantaminen palaverikäytäntöjä tehostamalla. Muun muassa Big Room ja sisäiset suunnitelmakatselmukset ovat tarpeellisia hankkeissa, joissa useita jaettuja vastuualueita. (H5)
- Resursseja on varattava riittävästi suunnittelun ohjaukseen, mikäli halutaan laadukas toteutus. (H5)
- Suunnitteluaikataulun ja päätöksentekoaikataulun perusteellinen läpikäynti ja siinä pitäytyminen. (H6)

Haastateltavilla oli myös positiivisia kokemuksia korkeiden rakennushankkeiden suunnitteluprosessin toteutuksesta, joita olivat:

- Korkeaan rakentamiseen liittyy myös toimintaa helpottavia piirteitä, kuten toistettavuus. Kun mallikerros ja mallityöt suunnitellaan ja toteutetaan laadukkaasti, voidaan tuotannossa edetä hyvinkin tehokkaasti. (H1)
- Organisoinnin kannalta tilanne saattaa olla jopa parempi, kuin normaalihankkeissa. Asioihin keskitytään tarkasti ja kaikkia aidosti kuunnellaan. (H4)
- Osapuolien aikainen sitominen mukaan edistää asioiden tarkastelua tehokkaasti useasta eri näkökulmasta, jonka jälkeen viranomaisen luo voi mennä melko luottavaisin mielin. (H4)
- Viranomaismääräykset hieman rajoittavia, mutta myös selkeyttävät asioita. (H4)
- Jatkuva koordinointi voi olla kuormittavaa, mutta mahdollistaa joustavuuden ja nopean reagointikyvyn ongelmien ilmaantuessa. (H4)

4.3.3 Kirjallisuustutkimuksessa tarkasteltujen menetelmien soveltuvuus korkean rakentamisen suunnittelun johdon kehittämiseen

Tutkimuksen 3. luvussa tarkasteltiin suunnittelun hallintaa käsitteleviä menetelmiä, joiden soveltuvuutta korkean rakentamisen suunnittelun hallinnan haasteisiin arvioitiin

haastatteluissa. Kysymyksissä kysyttiin haastateltavien näkemyksiä (1) avoimen rakentamisen periaatteiden soveltumiseen (2) suunnitelmapakettien kehittämiseen ja (3) takaisinkytkennän toteuttamiseen.

Avoimen rakentamisen periaatteiden mukainen kiinteän ja muuntuvan tilaosan erittely on korkeissa rakennuksissa lähtökohtaisesti hyvä periaate. Korkean rakentamisen runkovaihe on pitkä, kun kerroksia on paljon. Kustannusten säästön kannalta runkovaihe halutaan toteuttaa mahdollisimman nopeasti. Suunnittelun kannalta se vaatii kiinteän ja muuntuvan tilan tarkkaa erottelua hyvissä ajoin, jotta kiinteän rungon suunnitelmat saadaan hyvissä ajoin valmiiksi ja tuotantovaihe on mahdollista aloittaa. Rakennuksen järjestelmien määrittely tuo kuitenkin painetta suunnittelulle, kun tietoa käyttäjistä ei vielä ole. Joustavuuden toteuttaminen lisää jonkin verran suunnittelukustannuksia ja voi lisätä myös rakentamiskustannuksia. Mikäli suunnittelua limitetään toteutuksen kanssa, on varmistettava, että suunnitelmat ja materiaalit saadaan työmaalle ajoissa. (H5)

Korkeissa rakennuksissa kerrosten rakentaminen tulee tehdä mahdollisimman nopeasti, jolloin kiinteän osan suunnitelmat täytyy saada tavallista aikaisemmassa vaiheessa. Aikaiset päätökset vaativat hankkeen tilaajalta päätöksentekokykyä. Rungon toteutus on kuitenkin ajallisesti pitkä prosessi, jolloin tarpeita muutoksille syntyy, etenkin monitoiminnallisissa hybrideissä. Muutosjoustavuuden säilyttämisen kannalta muuntuvan osan suunnitelmat taas tulisi voida jättää mahdollisimman myöhään. Korkeissa rakennuksissa kiinteän ja muuntuvan tilaosan erittely siis korostuu normaaliin verrattuna. (H5)

Rakennesuunnittelun näkökulmasta haasteita avoimen rakentamisen menetelmien toteutukselle aiheuttaa yhteensovitus taloteknisten suunnitelmien kanssa. (H2) Korkeiden rakennusten kantavissa ja jäykistävissä rakenteissa ei sallita läpivientejä jälkeenpäin samalla lailla, kuin matalissa rakennuksissa. Tämän takia taloteknisten reititysten kannalta tulee pohtia mahdollisuudet päästä kantavien rakenteiden läpi myös tulevaisuuden muutosten yhteydessä. Taloteknisten järjestelmien mitoitus ei saisi olla liian tiukkaa ja järjestelmistä tulisi löytyä reserviä. (H5) Ongelmaksi kuitenkin muodostuu korkean rakentamisen ominaispiirteet. Talotekniset järjestelmät on sijoitettava toiminnallisiin kerroksiin, jolloin ne vievät muutoin hyödynnettävää kerrosalaa. Tavallisen matalan rakennuksen kohdalla talotekniikka on yleensä mahdollista sijoittaa ylös IV-konehuoneeseen tai alas kellariin, mutta korkeiden rakennusten kohdalla vastaavaa mahdollisuutta ei ole. Taloteknisiä järjestelmiä ei ole kannattavaa mitoittaa kovin suuresti yli tarpeellisen. Vaikutukset ovat voimakkaita arkkitehtisuunnittelun kannalta, kun tilavaraukset talotekniikan suhteen on sijoitettava toiminnallisiin tiloihin mukaan. Myös lähtötiedot talotekniikan tilavarauksille on saatava hyvissä ajoin, mikä vaatii tiedon kerrosten tilatyypeistä. Talotekninen

suunnittelu on korkeiden rakennusten kohdalla otettava mukaan tavallista aikaisemmin, jotta talotekniset järjestelmät saadaan suunniteltua osaksi kiinteää runkoa hyvissä ajoin. Muutokset jälkeenpäin ovat hyvin haastavia toteuttaa ja korkeiden rakennusten kohdalla taloteknisten järjestelmien kirjo on suppeampi. Korkean rakentamisen yleistyminen Suomessa on kuitenkin tuonut muutoksia viranomaismääräyksiin, joilla on helpotettu taloteknisten järjestelmien toteutusta. Esimerkiksi ilmanvaihdon jäteilman puhallus julkisivusta on korkeiden rakennusten kohdalla sallittu, jonka myötä ilmanvaihtojärjestelmän toteutus on yksinkertaisempaa. (H6)

Paloturvallisuus ja hormi-ilmiötä hallitsevat tekniset ratkaisut täytyy suunnitella hyvin pitkälle, jotka osaltaan rajoittavat avoimen rakentamisen mukaista joustavaa tilasuunnittelua. (H3) Palotekninen suunnittelu on korkeissa hankkeissa ja etenkin hybridihankkeissa paljon kalliimpaa, kuin normaalihankkeissa. Se johtuu siitä, että palotekninen suunnittelu täytyy pitää mukana kaikissa isoissa päätöksissä. Lisäksi se täytyy huomioida hankkeen toteutuksen suunnittelussa, eli työmaan aikaiset palotekniset ratkaisut täytyy myös suunnitella eri tavalla, kuin normaaleissa hankkeissa. (H5)

Toimintojen osalta toimisto on joustavin ja avointa rakentamista parhaimmillaan, eikä sen avoimuuden suunnittelussa ole suuria haasteita. Suomalainen asuntosuunnittelu on sen sijaan hyvin jäykkää, johon vaikuttaa yleisesti kansalliset asuntomarkkinat. Asuntojen odotetaan olevan tietynlaisia tai ne eivät mene kaupaksi. Hotellin osalta tilanne on melko samanlainen asuntojen kanssa, joustavuutta tilan suhteen ei juurikaan sallita, jolloin suunnitteluvaiheessa tiloista täytyy suunnitella melko tarkkaan määriteltyjä pohjia. Alkuvaiheessa käyttäjistä ei usein ole vielä tietoa, jolloin joudutaan pohtimaan erilaisia kerroskohtaisia pohjaratkaisuja. Korkean rakentamisen kohdalla ongelmaksi kuitenkin muodostuu se, että suunniteltavaa tulee paljon. Ongelma korostuu etenkin hybridirakennusten kohdalla, joissa toiminnot ovat päällekkäin. Alapuolisen kerroksen pilarijaon ja jäykistävien seinien muutos eri pohjaratkaisujen välillä heijastuu yläpuolella oleviin kerroksiin, jolloin suunnittelun määrä kasvaa merkittävästi, puhumattakaan yhteensovitettavan tiedon määrästä. (H4)

Muuntojoustavuuden kannalta tulisi tarkastella riittävän kerroskorkeuden merkitystä, joka tekee tiloista huomattavasti joustavampia tulevaisuuden kannalta ja on hyvin yksinkertainen menetelmä kehittää tilan joustavuutta. Korkeiden rakennusten kohdalla kerroskorkeutta täytyy kuitenkin pohtia tarkasti, kun kerrannaisvaikutus on senkin osalta merkittävä, pienikin lisä kertautuu nopeasti hyvin suureksi. Muuntojoustavuus koskee myös kulkua rakennuksessa. Hissien mitoittaminen joustavaksi ja mahdollisuudet niiden muutoksiin tulee tarkastella huolellisesti. (H4, H5)

Suunnitelmapaketteihin ei saada sidottua riittävästi tietoa kompleksisissa hankkeissa, ennen kuin rakennus on suunniteltu käytännössä toteutuskelpoiseksi, mikä on ongelma suunnittelun etenemisen kannalta. Suunnitelmapakettien yhtenäisyyttä ei voida varmistaa, kun vaihtoehtoja on koko ajan hankkeen kehittyessä. (H4)

Lukkoon lyömättömien päätösten takia korkeissa rakennushankkeissa joudutaan herkästi palaamaan vanhoihin suunnitelmiin ja kehittämään niitä toimivaksi, jonkin muun suunnitteluosakokonaisuuden takia. Arkkitehtisuunnittelun kohdalla tämä näkyy muun muassa siten, että pohjaratkaisu suunnitellaan rakennesuunnittelua varten ja kun siellä havaitaan ongelma, niin joudutaan palaamaan suunnitelmaan ja muuttamaan sitä. Samanaikaisesti arkkitehtisuunnittelun täytyy kuitenkin edetä ja tuottaa suunnitelmia eteenpäin toista suunnitelmapakettia varten, vaikka tiedetään, että muodostettu suunnitelma tulee muuttumaan, johtuen aikaisemmasta suunnitelmasta, jota rakennesuunnittelun takia joudutaan muuttamaan. Suunnittelutyö joudutaan käytännössä tekemään vähintään kahteen kertaan, mikä on hyvin turhauttavaa ja suunnittelun näkökulmasta hukkaa tilaajalle. (H4)

Korkean rakentamisen kiinteä-muuntuva osa jaottelun myötä myös hankintapaketit ovat niiden mukaisia. (H5) Hankintapakettien sisältö täytyy määritellä tarkasti, eli se minkä tasoisia suunnitelmia tullaan tarvitsemaan ja miten niitä tulee täydentää. Ongelmat syntyvät yleisesti, kun osapuolien näkemykset ja odotukset suunnitelmien tarkkuustasosta ja sisällöstä poikkeavat. (H2, H5) Lisäksi tuoteosasuunnittelun ja oman suunnittelun vastuurajojen määrittely täytyy tehdä tarkasti ja määritellä prosessi tuoteosasuunnitelmien tarkastamiselle, kun mukaan tulee tietyissä suunnitelmissa myös ulkopuolinen tarkastus. Suunnitelmien tarkastaminen hidastaa suunnitteluprosessia tavanomaisesta, jolloin suunnitelmat tarvitaan aikaisemmin. Lisäksi palotekninen suunnittelu täytyy korkeassa rakentamisessa pitää mukana kaikissa isoissa suunnitelmapäätöksissä. (H5)

Luvan hakeminen suurissa hankkeissa voi tapahtua osissa, mutta silti täytyy esitellä ympäröivät toiminnot. Tämä tulee korkean rakentamisen kohdalla ilmi muun muassa julkisivun kohdalla. Mikäli lupaa haetaan yhdelle osaa tornia, tulee koko tornin julkisivu esitellä samassa luvassa. Sama pätee korkean rakennuksen kuilujen osalta, jossa lupa haetaan koko tornille, vaikka suunnitelma muuten koskisi jotain pienenpää osaa alhaalta. Suunnittelua ei voida rajata isojen linjojen osalta erilleen, vaikka muu suunnittelu olisi jaettu. (H3, H5)

Takaisinkytkentä ja muutosten hallinta on aina haastavaa sekä päätös siitä, millä suunnitelmalla edetään. Muutosten varalle täytyy kehittää prosessi, kuinka se toteutetaan tehokkaasti. Käytännössä se vaatii muutostarpeen havaitsemisen jälkeen arvion muutoksen vaikutuksesta hankkeen aikatauluun. Monimutkainen hanke vaatii muutostenhallinta-aikataulun, jonka kautta määritellään muutosten viimeisimmät päätösajankohdat ja määritellään reagointimahdollisuudet. (H4, H5)

Takaisinkytkennän tehostamisen kannalta oleellista on pohtia sitä, millaisella intensiteetillä työtä tehdään ennalta määriteltyyn päätöspisteeseen asti. Paluu takaisin ja systeemin muutos on paljon raskaampaa ja vaikutukset suurempia, jos työ on suoritettu esimerkiksi 20 henkilön voimin, kuin että olisi tehty suunnittelu 3 henkilön voimin. Takaisinkytkentä ja iteraatioprosessi voidaan suorittaa pienemmällä porukalla melko nopeasti ja vaivattomasti. Tulee siis tarkoin määritellä, millaisella tarkkuudella lähdetään etenemään ja vaatiiko päätös kuinka laajan tarkastelun. Suunnitelmien tarkkuustason määrittely päätöksentekopisteeseen asti on hankkeen suunnittelukustannuksia ohjaavana tekijänä merkittävä. (H2)

Viranomaisen näkökulmasta yhteistyön tulisi olla avointa ja tiedonkulkumenetelmät muodostettava nopeiksi. Mikäli hankkeen edetessä tehdään oleellisia muutoksia, niin tiedottaminen viranomaisen suuntaan tulee olla välitön, jotta viranomaisellakin on mahdollisuus reagoida tilanteeseen hyvissä ajoin. (H3)

Taloteknisellä puolella takaisinkytkennän vaikutukset on myös huomioitava. Kerrospohjan muutokset eivät aiheuta suuria toimenpiteitä, ellei kerroksen tilatyyppi muutu. Muutokset kiinteissä osissa vaikuttavat enemmän, mikäli niillä on vaikutusta taloteknisten varausten kokoon tai sijaintiin. (H6)

5. EHDOTUKSET KORKEAN RAKENTAMISEN SUUNNITTELUN JOHDON TOIMINNAN KEHITTÄMISEKSI

Tämä luku toimii tutkimuksen syntetisoivana osuutena, jonka tarkoituksena on yhdistää tutkimuksen aikaisempien osien aikana havaitut asiat. Tutkimuksen luvussa 3 esitettyjen toimintaa tehostavien menetelmien soveltuvuutta arvioidaan korkean rakentamisen suunnittelun johdon haasteisiin ja ehdotetaan toimintaa tehostavia menetelmiä.

5.1 Ehdotukset korkean rakentamisen suunnittelun johtamisen tehostamiseksi

Korkean rakentamisen suunnittelun hallinnan haasteet liittyvät yleisellä tasolla samoihin tekijöihin kuin tavanomaisissa hankkeissa, eli päätöksentekoon ja organisaation ja tiedon hallintaan. Tämän johdosta tutkimuksessa oli perusteltua etsiä toimintaa tehostavia menetelmiä haasteiden hallintaan rakennusalan aikaisempien tutkimusten kautta. Korkean rakentamisen ominaispiirteiden takia tarkasteltujen teorioiden soveltuvuutta täytyy arvioida ja kehittää.

Suunnittelun hallinnan kehittämiseksi tutkimuksessa tarkasteltiin kolmea eri menetelmää. (1) SUKE-mallin mukaista avoimen rakentamisen menetelmää, jossa tavanomaisen avoimen rakentamisen periaatteiden lisäksi oli ehdotettu ratkaisuja talotekniikan toteuttamiseksi avoimen rakentamisen ehdoin. Tällä haettiin menetelmiä suunnittelun joustavuuteen, jotta tilapäätöksiä voitaisiin jättää myöhemmälle. SUKE-mallin avoimen rakentamisen menetelmä on tarkoitettu työkaluksi hankkeen yleissuunnitteluvaiheeseen. (2) SUKE-mallin suunnitelmapaketit, joissa suunnittelijoiden suunnitelmajako ja urakoitsijoiden hankintajako on sidottu yhteen. Tällä tavoin on sitoutettu yhteen suunnittelua ja tuotantoa. SUKE-mallin suunnitelmapaketit ovat tarkoitettu työkaluksi hankkeen toteutussuunnitteluvaiheeseen. (3) Takaisinkytkentämalli, joka toimii menetelmänä tavoitteiden mukaisen suunnitteluratkaisun kehittämiseen koko suunnitteluprosessin ajan.

5.1.1 Avoimen rakentamisen soveltaminen

Tutkimuksessa tarkasteltu SUKE- malli tarjoaa mahdollisuuden toteuttaa avoimen rakentamisen periaatteita myös korkeissa rakentamishankkeissa. Avoimen rakentamisen periaatteiden mukaan onnistunut jako kiinteään ja muuntuvaan osaan mahdollistaa raken-

nuksen tilojen muuntojoustavuuden läpi rakennuksen elinkaaren. Lisäksi sen keinoin voidaan vaikuttaa pitkän hankkeen aikataulun lyhentämiseen, kun suunnittelu voidaan aloittaa kiinteiden osien suunnitelmilla jo yleissuunnitteluvaiheessa ja muuntuvien osien suunnittelu tehdään pääosin kiinteän osan suunnitteluratkaisujen päätösten jälkeen. Tällöin suunnitteluresurssit voidaan kiinnittää ja ohjata oikea aikaisesti hankkeen kriittisiin tehtäväkokonaisuuksiin. Jako kiinteään ja muuntuvaan osaan on kriittinen päätös, joka vaikuttaa hankkeen etenemiseen.

Tarve jakaa rakennus kiinteään ja muuntuvaan osaan korostuu korkeiden rakennusten kohdalla. Korkeat rakennukset ovat myytävän ja vuokrattavan pinta-alan puolesta suuria ja toteutuksen kannalta pitkäkestoisia hankkeita. Korkean rakennuksen elinkaari on tyypillisesti jopa 100 vuotta, jolloin on hyvin todennäköistä, että se kokee muutoksia tilojensa suhteen elinkaarensa aikana. Tutkimuksen aikana kävi ilmi, kuinka juuri suurten ja pitkien hankkeiden kohdalla on tärkeää säilyttää mahdollisuudet muutoksiin läpi hankkeen sekä rakennuksen elinkaaren. Tähän vaikuttaa muun muassa se, ettei käyttäjät usein ole vielä tiedossa hankkeen alussa. Valmistuvan rakennuksen arvoon vaikuttaa myös sen soveltuvuus tulevaisuuden muutoksiin. Lisäksi rakennusalan yleinen suhdanneherkkyys edellyttää tilaajalta kykyä toimia varsin dynaamisessa toimintaympäristössä, jolloin on tärkeää, että mahdollisuudet muutoksiin säilytetään läpi hankkeen toteutuksen. Muuntojoustavuuden määrittely onkin tilaajan osalta strateginen päätös. On siis tärkeää, että korkeiden rakennusten tilat ovat tarpeeksi muuntojoustavat koko elinkaarensa ajan.

Kiinteisiin osiin kuuluvat tavanomaisesti rakennuksen kantava runko, kuilut sekä talotekniikka valikoiduin osin. Korkeiden rakennusten rungon kantavat ja jäykistävät rakenteet on määriteltävä rakennesuunnittelijan kanssa hyvin aikaisessa vaiheessa, jotta valitaan heti järkevin vaihtoehto rakennuksen tulevalle käyttötarkoitukselle. Runkojärjestelmän tulee vastata tilaajan asettamiin vaatimuksiin myös tilatehokkuuden ja toiminnan kannalta. Luvussa 2 käsiteltiin erilaisia runkojärjestelmiä korkeille rakennuksille ja niiden hyviä ja huonoja puolia. Sen perusteella korkeiden rakennusten hoikkuuden merkitystä tulee arvioida tilojen tehokkuuteen sekä kiinteiden osien kustannusten näkökulmasta. Lisäksi on arvioitava valittavan runkojärjestelmän soveltuvuutta rakennuksen muuntojouston näkökulmasta. Korkeiden rakennusten kustannuksista on toistaiseksi Suomessa hyvin vähän dataa, mutta kansainvälisesti niitä on voitu arvioida. Tutkimuksen 2. luvun aineiston mukaan korkeiden rakennusten kustannukset alkavat kasvaa voimakkaasti korkeuden kasvaessa juuri kiinteiden osien kohdalla. Muuntuvien osien, kuten tilaosien kohdalla korkeus ei juurikaan vaikuta kustannuksiin, jolloin niiden kustannukset voidaan arvioida melko tarkasti. Lisäksi tilaajalla on yleensä kyky arvioida hankkeen tuleva tulovirta,

jolloin hankkeen kokonaisyhtälön kannalta kiinteiden osien kustannusten selvittämiseen ja optimointiin tulisi panostaa voimakkaasti.

Tutkimuksen kirjallisuustutkimuksessa ja haastattelussa kävi ilmi, kuinka korkeiden rakennusten kohdalla talotekniikka on suunniteltava hyvin pitkälle aikaisessa vaiheessa, jotta muun muassa kriittiset läpiviennit rungon kanssa saadaan optimoitua. Lisäksi korkeaan rakentamiseen liittyvä hormi-ilmiön hallinta ja palotekniset määräykset on määriteltävä talotekniikan osalta aikaisessa vaiheessa. Talotekniikan läpiviennit tulisikin käsitellä osana kiinteää osaa korkeiden rakennusten kohdalla. SUKE-malli tarjosi menetelmiä juuri talotekniikan määrittelylle kiinteän ja muuntuvan rajapinnan välillä. Mallissa on keskitytty tarkastelemaan kiinteän ja muuntuvan osan rajapintoja toimitiloissa, joissa avoimen rakentamisen vaihteluvälit ovat tavanomaisesti suurempia. Tämän tutkimuksen haastattelussa kävi myös ilmi, kuinka suomalainen asunto- ja hotellisuunnittelu ovat melko tarkoin säänneltyjä, jolloin talotekniikan kiinteän ja muuntuvan osan jaottelu on niiden kohdalla selkeämpää. Kuvassa 22 käsiteltiin vaihtoehtoisia tapoja jakaa toimitilojen talotekniikka kiinteään ja muuntuvaan osaan. Vaihtoehdot 3 ja 4 sisältävät talotekniikan osalta vaakakanaviston osana kiinteää osaa, jolloin niiden periaatteiden mukainen jaottelu soveltuu myös korkeaan rakentamiseen. Kyseisten menetelmien mukaiset jaottelut vaativat vähän taloteknisiä töitä ja muutoksia ensikäyttäjän valikoituessa, mutta edellyttävät tilojen konseptin soveltuvuutta käyttäjän tarpeisiin. Tutkimuksessa todettiin aikaisemmin, kuinka kerrosneliöitä tulisi hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, eikä talotekniikalle tulisi uhrata tilaa yli tarpeiden. Samaa sääntöä tulee kuitenkin noudattaa myös vertikaalisesti. Rakennuksen kerroskorkeutta ei tule uhrata rakenteille tai talotekniikalle yhtään niiden tarpeiden yli. Avoimen rakentamisen periaatteiden toteuttaminen ei kuitenkaan rajoitu vain tilakohtaisiin joustaviin ratkaisuihin korkeissa rakennuksissa. Korkeissa rakennuksissa liikkuminen tapahtuu vertikaalisesti olemassa olevien hissien kautta, joiden joustavuus tulisi olla yhteensopiva tilojen joustavuuden kanssa.

Tämän tutkimuksen haastatteluissa ilmeni, kuinka muuntojouston kannalta korkean rakennushankkeen kehitysvaiheessa tulee pohtia kerroskorkeutta. Lisäkorkeus luo mahdollisuuksia kehittää tiloja tulevaisuudessa monipuolisemmin ja mahdollisesti kyvyn vastata tulevaisuuden taloteknisiin vaatimuksiin. Ongelmaksi havaittiin korkeiden rakennusten kerrannaisvaikutukset. Vähäinen lisäkorkeus vaikuttaisi lopulta melko suuresti rakennuksen kokonaiskorkeuteen ja siten kustannuksiin. Tutkimuksen 2. luvussa käsiteltiin korkeiden rakennusten korkeuden kustannusvaikutuksia ja on todennäköistä, että lisäkorkeudella olisi lopulta suuremmat suhteelliset kustannukset kuin mitä ne olisivat tavanomaisen matalan rakennuksen kohdalla.

Tutkimuksen 2. luvussa todettiin, kuinka toimistot vaativat tavallisesti enemmän kerroskorkeutta sekä avointa tilaa. Vastaavasti hotellien ja asuntojen kohdalla tilantarve vaaka ja pystysuunnassa ei ole niin suuri. Kyseiset ristiriitaisuudet nousevat esille, mikäli rakennuksen tilojen käyttötarkoituksia halutaan muuttaa.

Tutkimuksen kirjallisuustutkimuksessa kävi ilmi, kuinka korkeiden rakennusten talotekniikan ja rungon yhteensovitus vaaditaan hyvin aikaisessa vaiheessa. Talotekniikan optimointi nähtiin oleelliseksi, jotta sen tilavaraukset eivät heikentäisi tilojen tehokkuutta tarpeettomasti ja siten myös tarvittavien rungon läpivientien koot voitaisiin optimoida. Toisaalta rakennuksen pitkä elinkaari edellyttää jonkinasteista väljyyttä talotekniikan varauksissa. Talotekniikka uusitaan jossakin vaiheessa elinkaaren aikana ja mahdollisesti rakennukseen asennetaan uusia ominaisuuksia. Tutkimuksen haastatteluissa näkemykset olivat hyvin samankaltaiset. Talotekniikan ja rungon yhteensovitus nähtiin haastavaksi muuntojouston säilyttämisen kannalta. Talotekniikan mahdolliset myöhemmät muutokset katsottiin haastavammaksi toteuttaa tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna.

5.1.2 Suunnitelmapaketit

Suunnitelmapaketit ovat tutkimuksessa tarkastellussa SUKE-mallissa tarkoitettu työkaluksi projektinjohtorakentamisen toteutussuunnitteluvaiheeseen. Korkean rakentamisen suunnittelu ja toteutus sisältää paljon yhteensovitettavaa sekä suunnittelurajat ylittäviä haasteita koko hankkeen keston ajan. Korkean rakennuksen suunnittelun ja toteutuksen kustannustehokkuus ja aikataulutus vaatii tuotannon näkökulman ja yhteistyö suunnittelun kanssa on toteutettava siten, että tuotannon asiantuntemus ja perehtyminen ovat suunnitteluryhmän käytettävissä alusta asti. Suunnitelmapaketeista saadaan osapuolten yhteistyöllä tuotannollisesti tehokkain mahdollinen lopputulos. Haasteista huolimatta periaatteen soveltaminen korkeaan rakentamiseen on perusteltua toteutusmuodosta riippumatta.

SUKE-mallin suunnitelmapakettien soveltaminen korkeaan rakentamiseen toimii työkaluna suunnittelun ja tuotannon yhteistyön kehittämisessä. Tavanomaisen hankkeen kohdalla suunnittelu ja toteutus voidaan usein limittää, koska suunniteltavat kokonaisuudet sallivat muutoksia hyvinkin myöhäisessä vaiheessa. Lisäksi tavanomaisen hankkeen kohdalla päätösten kustannuksiin ja toteutettavuuteen liittyvät vaikutukset voidaan arvioida kokemusperäisesti melko tarkkaan. Korkean rakentamisen kompleksisuus ja uu-

tuusarvo asettavat esteen limittää toteutusta suunnittelun kanssa yhtä vapaasti. Tutkimuksen haastatteluissa ilmeni huoli siitä, ettei suunnitelmapakettien valmiustasoa tulla saamaan yhtenäiseksi, koska suunnittelu itsessään on korkeassa rakentamisessa hyvin iteroivaa. Varmin keino olisikin aloittaa rakentaminen kaikkien suunnitelmapakettien valmistumisen jälkeen, jolloin rakennettava kokonaisuus voitaisiin todeta ja varmistaa toimivaksi kokonaisuudeksi. Korkea rakentaminen on kuitenkin hyvin pitkäkestoinen ja kallis hanke toteuttaa, jolloin suunnittelun ja toteutuksen limitykseen tulisi löytää keinoja. Lisäksi tilapäätöksille vaaditaan joustavuutta läpi hankkeen, etenkin hybridihankkeiden kohdalla. Avoimen rakentamisen periaatteiden mukainen jako kiinteään ja muuntuvaan osaan luo edellytykset myöhäisille tilapäätöksille sallitun vaihteluvälin rajoissa. Jako kiinteään ja muuntuvaan osaan täytyy kuitenkin viedä myös suunnitelmapaketteihin, jolloin luodaan erilliset suunnitelmapaketit kiinteiden ja muuntuvien osakokonaisuuksien kesken. Osakokonaisuuksien yhteiset suunniteltavat kokonaisuudet määritellään kiinteiden osien suunnittelun yhteydessä, jolloin muuntuville osille muodostetaan muutosten vaihteluvälit. Tilaajalta vaaditaan kykyä määritellä muuntuville tiloille muutosten vaihteluväli.

Korkeissa rakennushankkeissa suunnitelmilla on suuri riippuvuus toisistaan, jolloin suunnittelualakohtaisten suunnitelmien paketointia ei täysin voida toteuttaa SUKE:n ehdottaman standardipaketoinnin avulla. Esimerkkinä tästä on muun muassa, ettei perustus ja runkosuunnitelmia voida lyödä lukkoon ennen lopullisia hissi- ja kuiluvarauksia. Talotekniikka on hyvin sidoksissa muihin suunnitelmiin korkeassa rakentamisessa, sen ollessa suunnittelurajat ylittävä kokonaisuus. Lisäksi viranomainen vaatii rakennusluvassa isoja kokonaisuuksia, eli suunnitelmapaketeista muodostuu varsin suuria. Suunnittelun tulee siis ratkaista tavallisesti hyvin myöhäisessä vaiheessa päätettäviä kokonaisuuksia paljon aikaisemmin, jotta alkuvaiheen suunnitelmat voidaan lyödä lukkoon. Tässä korostuu haastatteluissakin esiin tullut menetelmä tarkastella suunnitteluprosessi tavanomaisen alusta-loppuun menetelmän lisäksi myös lopusta-alkuun, jotta myöhäisten suunnittelu osa-alueiden riippuvuudet alkupään suunnitelmiin voidaan tunnistaa.

Suunnitelmapakettien haasteena on myös, ettei toteutustasoisia suunnitelmia voida jokaiselta suunnittelun osa-alueelta tehdä ilman varmuutta suunnitelman kustannustehokkaasta toteutuksesta. Korkea rakentaminen sisältää osakokonaisuuksia, joiden toteutuksesta ei Suomen toimintaympäristössä ole välttämättä kokemuksia, osaamista tai kalustoa. Ilman varmuutta toteutettavuudesta on vaarana, että hyvin pitkälle vietyjä suunnitelmia joudutaan muuttamaan tuotantokelpoisiksi, jolloin hankkeen etenemisen kannalta syntyy häiriö. Korkean rakentamisen suunnitelmien voimakas riippuvuus aiheuttaa tällöin

herkästi kaaoksen, joka vaatii suunnitelmamuutoksia useisiin eri suunnitteluosakokonaisuuksiin. Lisäksi on todettava, kuinka tuotannon kilpailutuksen kannalta on oleellista kehittää suunnitelmien valmistasoa varsinkin taitorakenteiden osalta, jotta aliurakoiden riskivara ja tuotannon hinta laskevat. Tämä alentaa oleellisesti myös hankkeen tuotannollista riskiä, kun työt voidaan määritellä tarkemmin. Ongelman hallitsemiseksi tuotanto tulee sitoa hankkeeseen hyvin aikaisessa vaiheessa arvioimaan suunnitelmien toteutettavuutta ja kaluston saatavuutta. Tämän takia korkeat rakennushankkeet ovat Suomessa lähtökohtaisesti urakoitsijavetoisia, jolloin tuotantokelpoisuus voidaan arvioida suunnittelun yhteydessä. Tämän lisäksi tuoteosatoimittajien sitouttaminen täytyy tapahtua aikaisemmin ja menetelmät hankkeen suunnittelun ja tuoteosatoimittajan suunnittelun kanssa täytyy yhteensovittaa ja ohjata.

Korkeiden rakentamishankkeiden osalta yleissuunnitteluvaiheessa erityishuomio tulisi kohdistaa rakennuksen osakokonaisuuksiin, joissa on kustannuspainetta korkeuden kasvaessa. Tutkimuksen 2. luvussa esiteltiin, kuinka korkeuden kasvaessa erityisesti hissien ja rungon suhteellisten kustannusten osuus kasvaa voimakkaasti. Näiden tekijöiden osalta onkin tärkeää, että kustannusvaikutukset voidaan arvioida ajoissa, jolloin ne tulisi paketoida omiksi suunnitelmapaketeikseen jo hyvissä ajoin yleissuunnitteluvaiheessa. Lisäksi rakenneosien suunnitelmien ulkopuolisen tarkastuksen mukaan tulo hidastaa. Suunnitelmat kiinteän rungon osalta on tehtävä suunnitelmapakettimuotoisesti, koska ne vaativat raskaan hyväksymisprosessin, viranomaisen edellyttäessä ulkopuolista tarkastusta.

Suunnitelmapakettien muodostus on hyvin hankekohtainen päätös ja ne tulee muodostaa yhdessä suunnittelijoiden kanssa, jotta yhteensovitus voidaan tehdä aikaisin. Avoimen rakentamisen mukainen kiinteän ja muuntuvan osan jaottelu vaikuttaa suunnitelmapakettien muodostamiseen. Mikäli toteutetaan kiinteä-muuntuva menetelmällä, niin hankintapakettien tulee myös olla sen mukaisia. Kiinteän osan rajapinnat tulee määritellä jo hankesuunnitteluvaiheessa, jotta yleissuunnitteluvaiheessa hankkeen kannalta keskeiset kiinteän osan suunnitelmat saadaan määriteltyä. Oleellista on yhteensovittaa kiinteän osan rakenne- ja talotekniset järjestelmät, jotta voidaan määritellä muuntuvan tilan laajuus ja ominaisuudet. Suunnitelmien tarkkuustaso suunnitelmapaketeissa on määriteltävä. Tämä poikkeaa SUKE menetelmien määrittelyistä, jossa lähtökohtaisesti tehdään valmiita suunnitelmia. Korkean rakentamisen kohdalla näin ei voida menetellä, kun päätöksiä jätetään avoimeksi, jolloin vaaditaan määrittelyt suunnitelmien tarkkuustasolle. Korkeissa rakennuksissa kerrosten rakentaminen tulee tehdä mahdollisimman nopeasti, jolloin kiinteän osan suunnitelmat täytyy saada tavallista aikaisemmassa vaiheessa.

5.1.3 Muutostenhallinta

Korkean rakentamisen kustannustehokkaiden suunnitelmien kehittäminen ja päätöstenteko vaatii iteroivaa lähestymistapaa. Tähän on luvussa 3 esitetty ratkaisuksi takaisinkytkentäperiaate, joka tarkoittaa monimutkaisessa hankkeessa paluuta tehtyyn päätökseen ja sen muuttamista paremmaksi. Takaisinkytkentämallin tarkoituksena on hallita kompleksista systeemiä epäsuorasti, keskittymällä mittaamaan lopputulosta. Tällä tavoin saadaan konkreettinen tarkasteltava kokonaisuus, jota voidaan peilata tavoitteisiin. Palautteen jälkeen suunnitelmaa voidaan muuttaa ja parantaa, eli palataan takaisin. Suunnitelmien valmiusasteen tulee olla ennakolta sovittu, jotta vältytään suurilta muutossuunnittelukustannuksilta. Takaisinkytkentämalli on suunnitteluryhmän tietoinen toimintamalli, johon kaikki osapuolet ovat sitoutuneet. Mallia voidaan soveltaa myös yllättävissä suunnitelmamuutoksissa hankkeen aikana. Tällöin takaisinkytkentä tarkoittaa ennalta sovittua ja hallittua paluuta takaisin aikaisemmin tehtyyn suunnitelmaratkaisuun. Muutoksen vaikutukset arvioidaan nopeasti kaikkiin suunnittelualoihin ja muutossuunnittelu käynnistyy heti koordinoidusti oikeassa järjestyksessä.

Korkean rakentamisen suunnittelun kompleksisuus ilmeni kirjallisuustutkimuksen aikana ja sai vahvistusta haastattelujen kautta. Hankkeen alkuvaiheessa suunnitelmien riippuvuuksia on hankala arvioida ilman eri suunnittelualojen asiantuntijoiden näkemyksiä. Suunnitteluosakokonaisuuksien vahva riippuvuus toisiinsa nähden koettiin ongelmaksi ja toimivan lopputuloksen ennustaminen koettiin haastavaksi. Suunnitteluratkaisujen tekemiseen syntyy riskejä, joita pitää hallita. Suunniteltavan kokonaisratkaisun tulisi olla kustannus- ja tilatehokas, mikä on korkeiden rakennusten kohdalla tavanomainen haaste. Tehokkuuksien kehitys vaatii suunnitteluratkaisujen vertailua ja hiomista, jotta tehokkain ratkaisu saadaan aikaiseksi. Ongelmana on kuitenkin suunnitelmien riippuvuudet, jolloin tehokkaampi ratkaisu toisessa suunnitelmassa saattaa aiheuttaa tehottomuutta toisessa. Kokonaisratkaisun optimaalinen ratkaisu vaatii siten vaihtoehtojen vertailua kokonaisuutena, joka puolestaan tarkoittaa lisää suunniteltavaa. Muutokset tarkoittavat vanhojen suunnitelmien hylkäystä, joka voidaan nähdä hukkana, eli asiakkaalle arvoa tuottamattomana työnä. Vanha suunnitelma kuitenkin todistaa uuden arvokkaammaksi, jolloin se voidaan nähdä myös arvoa luoneena tekijänä. Suunnitelmien kehittäminen on siis korkean rakentamisen kohdalla tärkeää, jotta optimaalinen ratkaisu saadaan aikaan. Lopullinen ratkaisu tulisi kuitenkin saavuttaa nopeasti, jolloin suunnittelu olisi kustannustehokasta.

Rakennushankkeen alkuvaiheen tarveselvityksen ja hankesuunnittelun aikana tahtotiloja on useita. Tilaajan tavoitteiden pohjalta muodostetaan yhtenäinen tavoite ja sille

määritellään toteutuskelpoinen ratkaisu, jota lähdetään yhdessä kehittämään. Osapuolten välisten ristiriitojen tunnistamista helpottaa osapuolten kokemukset ja vakioidut toteutusratkaisut. Uudenlaisten hankkeiden kohdalla ristiriitojen ja tavoitteiden toteutusedellytysten ennustaminen on haastavampaa. Tavallisesta poikkeavien ratkaisujen kustannuksia on hankala arvioida ilman suunnitelmaa. Lisäksi suunnitelmien yhteensopivuutta toisiinsa ei voida varmistaa ilman yhteistarkastelua. Uudenlaiset suunnitteluratkaisut johtavat usein uudenlaisiin riippuvuuksiin suunnittelualojen välillä, eli suunniteltavan kokonaisuuden kompleksisuus muuttuu.

Suunnittelu on tehokasta, kun se on ennakoivaa ja häiriötekijöihin voidaan vaikuttaa ennen kuin ne aiheuttavat ongelmia. Takaisinkytkentämalli ei ole nopea toimintamalli, mutta se on edellytys kompleksisen hankkeen tavoitteiden mukaiselle etenemiselle. Se on myös työkalu suunnitteluratkaisujen riskien hallintaan. Prosessin tavoitetilana on poistaa kompleksiuus ja siten luopua aikaa vievästä takaisinkytkennästä. Se kuitenkin vaatii dataa päätösten tueksi, jota Suomen toimintaympäristössä ei korkean rakentamisen kohdalla vielä ole tarpeeksi. Tämän johdosta tutkija toteaa, että korkean rakentamisen suunnittelun johtamisessa täytyy edetä iteroiden. Toimintamalli edellyttää pelisääntöjä, jotta se etenee hallitusti. Iteroivan suunnitteluprosessin toteutuksessa täytyy sopia:

- suunniteltavan kokonaisuuden mukainen suunnitteluryhmän kokoonpano
- suunnitelmien tarkkuustason määrittely
- vastuut ja päätöksenteko
- suunnittelukatselmusten ja -kokousten tapaamisvälin optimointi
- tiedonhallinta prosessin aikana
- toiminnan jatkuva kehitys, menetelmien toimivuutta mittaamalla

Suunnitteluprosessi ei kuitenkaan etene ilman päätöksiä, jolloin takaisinkytkennässä korostuu myös lopputuloksen arvioinnin nopeus. Kehitetty ehdotus täytyy peilata risteävyyksien kannalta nopeasti, joka voidaan toteuttaa vain avainhenkilöiden läsnäolon myötä. Yhteensovitettua ratkaisua peilataan sen jälkeen tavoitteisiin, jonka jälkeen voidaan edetä päätökseen.

Iteroivan suunnitteluprosessin täytyy ehdottomasti olla tietoinen päätös. Muutoin se saattaa aiheuttaa häiriötä suunnitteluprosessin etenemiselle. Iteraatio vaatii valvontaa ja ohjausta, jotta suunnittelukustannukset eivät lähde käsistä ja toiminta on hallittua. Tietoinen iteroiva suunnitteluprosessi edellyttää muutoksia myös tavanomaiseen aikataulutukseen ja suunnittelusopimusmalleihin.

5.2 Edellytykset toimintaa tehostavien menetelmien käyttöön

Tässä luvussa esiteltyjen toimintaa kehittävien menetelmien jalkauttaminen suunnittelun johtamiseen vaatii panostamista johtamisen jokaiseen osa-alueeseen, eli organisointiin, ohjaukseen, valvontaan ja koordinointiin. Tehostavien menetelmien hyödyt saavutetaan sitouttamalla suunnittelun osapuolet tavoitteisiin ja menetelmien mukaisiin toimintamalleihin, joiden soveltaminen on yhdessä suunniteltu ja sovittu.

Organisointiin tulee varata tarpeeksi aikaa, mikä nousi esiin myös tutkimuksen haastatteluissa. Korkean rakentamisen hallitsevan suunnitteluryhmän kokoaminen Suomen toimintaympäristössä on toistaiseksi koettu haasteelliseksi. Suunnitteluprosessi vaatii osapuolia, joilla on kyky myötävaikuttaa toimivan kiinteän ja muuntuvan osan rajapinnan määrittelyssä korkeiden rakennusten suunnitteluprosessin alkuvaiheessa. Suunnittelun iteroiva eteneminen edellyttää pätevien suunnittelijoiden näkemyksiä, jotta päätöksille saadaan tukea. Suunnitelmien toteutettavuuden varmistaminen ja suunnitelmapakettien muodostaminen edellyttää tuotannon näkökulmaa, jolloin tilaajan tulee varmistaa tuotannon organisoiminen mukaan. Kompleksisten hankkeiden suunnittelun edellytys on vuorovaikutukseltaan tehokas ja sitoutunut organisaatio, joka kykenee kehittämään toimintaansa yhdessä. Organisointiin liittyy myös suunnittelusopimustekniset asiat, joista tulisi laatia toimivat ja joustavat mallipohjat etukäteen.

Avoimen rakentamisen kiinteän ja muuntuvan osan erottelu, suunniteltavien kokonaisuuksien paketointi ja työstö tuotannon kanssa sekä suunnitteluratkaisujen iterointi edellyttävät suunnittelijoiden aktiivista ohjausta. Tilaajan täytyy panostaa suunnittelun operatiiviseen hallintaan, jotta suunnittelijat saavat tarpeeksi ohjausta läpi hankkeen. Tutkimuksen haastattelussa kävi ilmi, kuinka kompleksisten korkeiden rakennusten kohdalla osapuolten määrä on suuri ja kokousten määrä kasvaa. Osapuolten välisen vuorovaikutuksen ja tiedonhallinnan merkitys kasvaa ja korostuu. Uudenlaisten hankkeiden kohdalla ei myöskään menetellä täysin yleisten tehtäväluetteloiden mukaisesti, jolloin on tärkeää, että suunnittelun ohjaukseen on resursoitu tarpeeksi.

Valvonnan merkitys kasvaa, kun toimintaa tehostavia menetelmiä halutaan jalkauttaa käyttöön. Suunnittelun etenemistä tulisi seurata tarpeeksi usein, jotta etenkin iteraatioprosessissa ei kehitetä suunnittelua tarpeettoman pitkälle. Suunnitelman edetessä mukaan kiinnitettävän tuoteosasuunnittelun ja tilaajan oman suunnittelun välinen yhteistyö vaatii valvontaa, jotta suunnitelmat etenevät yhteensovitetusti. Tämän tutkimuksen haas-

tatteluissa todettiin, kuinka aikataulua tulisi valvoa ja kehittää yhdessä viikoittain. Tehostetun valvonnan ja seurannan avulla hallitaan riskiä, joka liittyy projektin aikataulussa pysymiseen.

Koordinointi on pitkälti osapuolten välisten tehtävien ja aikataulujen yhteensovittamista. Tämän luvun toimintaa tehostavat menetelmät vaativat paljon eri suunnittelun osa-alueiden yhteensovittamista. Tässä korostuvat jo aikaisemmin todetut, tarpeeksi usein toteutettavat tilannekatselmukset sekä tarpeeksi kattava resursointi koordinointia toteuttavan tahon puolelta.

6. TUTKIMUSTULOSTEN POHDINTA

Tämä luku sisältää tutkimuksen kriittisen tarkastelun ja tulosten pohdintaa. Tutkija arvioi kriittisesti tutkimuksen tavoitteiden asettamista ja niiden saavuttamista, kirjallisuustutkimusta, asiantuntijahaastatteluja sekä tutkijan ehdotuksia.

6.1 Tavoitteiden asetus ja saavuttaminen

Tutkimuksen päätavoite oli tunnistaa korkean rakentamisen hankekehitysvaiheen suunnittelun johtamiseen liittyvät keskeiset haasteet ja ehdottaa ratkaisuja toiminnan tehostamiseen. Päätavoitteen lisäksi tutkimukselle oli asetettu täydentäviä alatavoitteita, joita olivat:

- määritellä korkean rakentamisen käsite
- tunnistaa suunnittelun johtamisen kannalta oleellisimmat muutokset korkeuden kasvaessa
- määritellä suunnittelun johtaminen rakennusalan yleisen kirjallisuuden kautta
- tunnistaa hankekehitysvaiheen suunnittelun johdon keskeisiä haasteita, jotka korostuvat suurissa kompleksisissa hankkeissa
- soveltaa kriittisesti rakennusalan aikaisemmissa tutkimuksissa kehitettyjä toimintaa tehostavia menetelmiä korkean rakentamisen suunnittelun johtamiseen

Tavoitteiden asettaminen toteutettiin yhteistyössä tutkimuksen tilaavan yrityksen kanssa, jossa lähtökohtaisesti meneteltiin heidän tarpeiden mukaisesti. Tutkimuksen aiheen tarkastelu vaati usean pienemmän aihepiirin tarkastelua, joista Suomen toimintaympäristössä on varsin vähän kokemusta. Tästä syystä tutkimuksen päätavoite osoittautui melko laajaksi kokonaisuudeksi ja sen tueksi oli asetettava tarkentavia alatavoitteita.

Tutkijan mukaan tutkimuksen päätavoite saavutettiin. Tutkimuksessa onnistuttiin tunnistamaan korkean rakentamisen suunnittelun johtamista haastavat keskeiset tekijät. Kirjallisuustutkimuksen ja etenkin haastattelututkimuksen kautta tutkija pystyi ehdottamaan menetelmiä haasteiden hallintaan, joka sinetöi tutkimuksen päätavoitteen. Myös tutkimuksen alatavoitteet saavutettiin kirjallisuustutkimuksen ja haastatteluiden kautta. Alatavoitteiden saavuttaminen ilmenee myös päätavoitteen saavuttamisen kautta.

6.2 Kirjallisuustutkimuksen arviointi

Korkean rakentamisen ja erityisesti yli 100 metristen rakennusten toteutuksesta on Suomessa vielä hyvin vähän kokemusta, jolloin tämän tutkimuksen kannalta kirjallisuustutkimuksen uskottiin antavan empiiristä tarkastelua luotettavampaa tietoa. Ulkomaista kirjallisuutta sekä ulkomaisiin lähteisiin perustuvaa Suomalaista kirjallisuutta oli aiheesta melko hyvin tarjolla. Suomen toimintaympäristöön sijoittuvia perusteoksia ei korkeasta rakentamisesta kuitenkaan ollut olemassa, jolloin kirjallisuustutkimuksen materiaali koostui hyvin monipuolisen lähdemateriaalin kautta. Muutaman alaluvun kohdalla suoritettiin täydentäviä asiantuntijakeskusteluja (Gulin, Josipovic, Parker), joilla arvioitiin lähdemateriaalin luotettavuutta. Näistä etenkin Parkerin arviot Watts (2013) tilastoista kehittivät lähteen uskottavuutta ja antoivat uutta näkökulmaa tätä tutkimusta ajatellen.

2. luvun kirjallisuustutkimus oli varsin laaja, mutta tarpeellinen, jotta korkean rakentamisen haasteet voitiin tunnistaa. Tutkimuksen pyrkimyksenä ei ollut ehdottaa ratkaisuja jokaiseen yksittäiseen haasteeseen, vaan tarjota menetelmiä yksittäisten ongelmien muodostamiin suurempiin haasteisiin.

3. luvun kirjallisuustutkimus pohjautui rakennusalan yleiseen kirjallisuuteen. Suunnittelun johtamista ja hankekehitysvaihetta tarkasteltiin varsin yleisellä tasolla, jotta tulokset olisivat sovellettavissa erilaisiin toteutusmuotoihin. Suunnittelun johtamisen toimintaa tehostavien teoreettisten menetelmien esittely oli toteutettu melko tiivistetysti, niiden laajuudesta johtuen. Tarkoituksena oli esitellä niiden keskeisin ajatus. Tutkija suosittelee perehtymään SUKE-tutkimuksen kirjallisuuteen syvemmin, jossa konstruktioiden hyödyntämistä on käsitelty ja testattu oikeissa hankkeissa.

Kirjallisuustutkimuksen kautta onnistuttiin vastaamaan tutkimukselle asetettuihin alatavoitteisiin, jotka tukivat päätavoitteen saavuttamista. Tutkija kuitenkin uskoo korkean rakentamisen yleistymisen myötä saatavilla olevan luotettavan lähdemateriaalin määrän kasvavan. Lisäksi korkean rakentamisen haasteita Suomen olosuhteissa voidaan tarkastella paremmin tulevaisuudessa, kun suunnitteilla olevat hankkeet valmistuvat.

6.3 Haastattelutulosten arviointi

Hirsjärvi & Hurme (2011) mukaan tutkimuksessa on pyrittävä siihen, että se paljastaa haastateltavien käsityksiä ja heidän maailmaansa niin hyvin kuin mahdollista. Haastattelututkimuksen kohdalla täytyy kuitenkin myös huomioida se, että tutkija vaikuttaa saatavaan tietoon jo tietojen keruuvaiheessa. Silloin kyse on tutkijan tulkinnoista sekä hänen

käsitteistöstään, johon tutkittavien käsityksiä yritetään sovittaa. Tämän takia käsiteanalyysi ja rakennevalidius nousevat keskeisiksi arvioinnin menetelmiksi haastattelututkimuksen luotettavuuden kannalta. Rakennevalidiudella viitataan siihen, koskeeko tutkimus sitä, mitä sen oletetaan koskevan. Toisin ilmaistuna, käytetäänkö tutkimuksessa käsitteitä, jotka heijastavat tutkituksi aiottua ilmiötä. (Hirsjärvi & Hurme 2011, s. 187, 189) Tässä tutkimuksessa haastateltava perehtyi haastatteluaineiston aihepiiriin kirjallisuustutkimuksen kautta, jonka pohjalta myös muodostettiin haastattelukysymykset. Tutkijalle oli haastattelun suunnittelun alkaessa kehittynyt käsitys tutkimuksen kontekstin terminologiasta. Tällä tavoin tutkimuksessa pyrittiin varmistamaan haastattelututkimuksen rakennevalidiutta. Puolistrukturoidussa haastattelutavassa haastateltaville annettiin melko vapaa sana kysymysten tulkitsemiseen. Kyseisen menetelmän uhkana on kuitenkin se, että haastateltava käsittää kysymyksen toisin kuin on tarkoitettu. Tätä uhkaa kuitenkin pyrittiin ehkäisemään järjestelyillä, joita olivat:

- kysymysten ja lyhyen pohjustuksen lähettäminen haastateltaville etukäteen
- kysymysten ja tutkimuksen aihepiirin pohjustus sekä haastattelun tavoitteiden kartoitus haastateltavan toimesta haastattelun alussa
- haastattelijan osallistuminen haastatteluun kysymyksiä täsmentäen ja haastateltavaa huomauttaen, mikäli oli havaittavissa, että kysymys on käsitetty tarkoitusten vastaisesti

Haastattelun lopuksi haastateltaville annettiin vapaa sana. Tarkoituksena oli antaa haastateltaville mahdollisuus ilmaista näkemyksensä aihepiiristä ilman tutkijan asettamia kysymyksiä ja siten ehkäistä uhkaa siitä, että jotain oleellista olisi jäänyt pois.

Haastatteluaineiston reliaabeliuden kannalta on myös syytä arvioida tutkijan tapaa analysoida aineistoa. Hirsjärvi & Hurme (2011) mukaan reliaabelius koskee tässä yhteydessä sitä, onko kaikki käytettävissä oleva aineisto huomioitu ja onko tiedot litteroitu oikein. (Hirsjärvi & Hurme 2011, s.189) Tässä tutkimuksessa haastattelut nauhoitettiin ja kirjoitettiin sen jälkeen puhtaaksi, jolloin ehkäistiin uhkaa siitä, että jotain aineistoa jäisi huomioimatta. Tämän jälkeen litteroidut vastaukset hyväksytettiin vielä haastateltavilla, jolloin heillä oli mahdollisuus korjata mahdolliset virheet ja väärinymmärrykset. Hyväksytyn materiaalin pohjalta kirjoitettiin tulokset ylös tähän tutkimukseen. Tutkijan mielestä edellä kuvattu menetelmä oli toimiva ja siten tutkimuksessa saatiin huomioitua haastattelututkimuksen aineisto kattavasti. Aineiston analysointi voitiin suorittaa hyväksytyn materiaalin kautta, vertailemalla vastauksia toisiinsa. Haastattelujen vastauksissa oli jokaisen teeman (1-3) kohdalla yhtäläisyyksiä, mikä auttoi tutkijaa havaitsemaan haastattelututkimuksen ydinasiat. Haastatteluvastauksissa oli myös jonkin verran hajontaa. Tutkija

arvioi hajonnan johtuvan haastateltavien kokemustason vaihtelusta sekä siitä, kuinka haastateltavien edustamien alojen intressit painottavat tiettyjä asioita lähtökohtaisesti muita näkökulmia enemmän. Haastattelun varsin suuri anti oli tutkimuksen kannalta tärkeää. Haastattelun keskeisten ydinsanomien avulla voitiin muodostaa triangulaatiota tutkimuksen kirjallisuustutkimuksen havaintojen kanssa ja siten löytää vahvistusta tutkimuksen väitöksiin.

6.4 Tutkijan ehdotusten arviointi

Tutkimuksen uutuusarvo koostuu tutkijan ehdottamista toimintaa kehittävien menetelmien soveltamistavoista. Tutkijan itsenäisyyttä on syytä tarkastella, kun arvioidaan uutuusarvona ehdotettavia toimintaa tehostavia menetelmiä.

Tutkimuksessa hyödynnettävät ja sovellettavat teoriat valikoituivat kirjallisuustutkimuksen kautta, jolloin tutkija etsi menetelmiä korkean rakentamisen haasteisiin. Teorioiden soveltamisessa hyödynnettiin haastatteluja, joiden pohjalta saatiin asiantuntijoiden näkemyksiä puolesta ja vastaan. Lisäksi asiantuntijat esittivät näkemyksiä menetelmien hyödyntämisen edellytyksistä. Tutkijan tehtävä oli syntetisoida kirjallisuustutkimuksen ja haastattelujen anti, joiden pohjalta voitiin muodostaa arvio tutkittavien teorioiden soveltuvuudesta.

Avoimen rakentamisen soveltaminen koettiin hyväksi periaatteeksi tutkimuksen haastatteluissa. Toimiva jako kiinteään ja muuntuvaan osaan mahdollistaa rakennuksen tilojen muuntojoustavuuden läpi rakennuksen elinkaaren. Korkean rakentamisen ominaispiirteiden ja Suomen varsin tiukkojen viranomaismääräysten johdosta kiinteään osaan nähtiin tärkeäksi lisätä muun muassa suurin osa talotekniikasta. Haastatteluissa ilmeni, kuinka muualla maailmalla määräykset eivät ole yhtä tiukat kuin Suomessa, jolloin on mahdollista, että muualla korkeat rakennukset voidaan toteuttaa muuntojoustavammin. Tutkija kuitenkin uskoo avoimen rakentamisen mahdollisuuksien kasvavan tulevaisuudessa, kun korkea rakentaminen Suomessa yleistyy ja hyväksi todettujen ratkaisujen kirjo laajenee.

Suunnitelmapakettien nähtiin selkeyttävän suunnittelun ja tuotannon toimintaa korkeiden rakennusten kohdalla. Suunnitelmapakettien muodostamista ei lähdetty esittelemään tässä tutkimuksessa, niiden ollessa melko hankekohtaisia. Tutkimuksessa kuitenkin arvioitiin niiden muodostamisen olevan haasteellista korkean rakentamisen suunnitelmien suurien riippuvuuksien takia. Tutkija uskoo suunnittelun ja tuotannon välisen toiminnan

kehitykseen, kun korkea rakentaminen tulevaisuudessa yleistyy ja oppia kertyy puolin ja toisin.

Takaisinkytkennän periaate on hyvä menetelmä kompleksisten hankkeiden hallintaan. Tutkimuksessa kuitenkin ilmeni, kuinka suunnittelun iterointi koettiin turhauttavana ja sen uskottiin muodostavan paljon hukkaa. Takaisinkytkennän pelisäännöille oli siis tarvetta. Tutkijan mielestä suunnittelun hallinnasta vastaavien on tärkeää saada suunnitteluorganisaatio oivaltamaan, kuinka iteraatio voi olla myös arvoa tuottavaa. Suunnitelmien hylkääminen ja muuttaminen voi toki aiheuttaa vastustusta, mikäli takaisinkytkentää ei ole huomioitu aikataulutuksessa.

Ehdotukset on luotu tutkimuksessa havaittujen haasteiden hallintaan. Tutkija arvioi ehdotusten vastaavan havaittuihin haasteisiin tutkimuksen tavoitteiden määrittelemän laajuuden mukaisesti. Todellisten hankkeiden kohdalla haasteet vaihtelevat hankkeiden ominaispiirteiden mukaisesti ja niihin voi vaikuttaa tämän tutkimuksen rajauksen ulkopuolella olevat tekijät.

7. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen kirjallisuusselvityksen kautta havaittiin, kuinka korkeaan rakentamiseen liittyy ominaispiirteitä, jotka asettavat haasteita suunnittelun tavoitteidenmukaiselle toteuttamiselle. Havaitut haasteet liittyivät tarpeeseen hallita uudenlaisia ja toisiin sidoksissa olevia suunnittelukokonaisuuksia, päätöksentekoa ja tehokkaita suunnitteluratkaisuja. Korkean rakentamisen suunnittelun johtaminen hankekehitysvaiheessa edellyttää kyseisten uudenlaisten haasteiden ymmärrystä ja hallintaa. Suunnittelun johdosta vastaavien tulee ymmärtää korkeaan rakentamiseen liittyvät ominaispiirteet ja niiden riippuvuudet, jotta suunnittelu voi edetä johdonmukaisesti.

Avoimen rakentamisen periaatteen avulla voidaan vaikuttaa hankekehitysvaiheen aikaiseen päätöksentekoon, kun kiinteiden ja muuntuvien osien jaon myötä osa päätöksistä voidaan jättää myöhemmälle. Tämä kuitenkin edellyttää kiinteän ja muuntuvan osan rajapintojen määrittelyä korkean rakentamisen ominaispiirteet huomioiden. Korkean rakentamisen kohdalla on oleellista kiinteiden osien hyvin aikainen määritteleminen, jotta niiden suunnittelu voidaan aloittaa. Kiinteiden osien suunnitteluun on panostettava vahvasti, koska ne sisältävät hankkeen kannalta keskeisiä kustannuksia, joiden tunnistaminen on edellytys hankkeen toteutukselle. Suunnittelusta vastaavalla taholla täytyy olla tarpeeksi asiantunteva näkemys toteutettavasta kokonaisuudesta sekä pätevät suunnittelijat apunaan.

Suunnitelmapakettien hyödyntäminen suunnittelun ja tuotannon yhteensovituksen välineenä jo yleissuunnitteluvaiheessa tuo selkeyttä vahvasti sidoksissa oleviin suunnittelukokonaisuuksiin ja tarjoaa tuotannon näkökulman suunnitelmien totutettavuuteen hyvissä ajoin. Tuotannon osallistamisen kautta voidaan arvioida suunnitteluratkaisujen toteutettavuutta, kustannuksia ja aikataulua.

Takaisinkytkentä periaate on toimiva menetelmä kompleksisten hankkeiden tehokkaimman ratkaisun luomiselle, kun hyväksi todettuja vakioituja ratkaisuja ei tunneta. Sen käyttö edellyttää kuitenkin pelisääntöjä, joilla suunnitelmien kehittämisestä aiheutuva hukka minimoidaan ja iteraatio saadaan tuottamaan arvoa asiakkaalle.

Tutkimuksen tulokset palvelevat korkeisiin rakennushankkeisiin ryhtyviä sekä kaikkia suunnitteluprosessiin osallistuvia osapuolia. Tutkimuksessa ehdotetut toimintaa tehos-

tavat menetelmät vaativat sitoutumista kaikilta osapuolilta, jolloin tutkijan mielestä on tärkeää, että tämän tutkimuksen sanomaa käsiteltäisiin laaja-alaisesti hankekehitysvaiheeseen osallistuvien osapuolien kesken.

Jatkotutkimusaiheita löytyi tämän tutkimuksen aikana useita. 2. luvun varsin laajan korkean rakentamisen tarkastelun aikana ilmeni, kuinka lähdemateriaalia oli saatavissa käytännössä vain ulkomaisista tutkimuksista. Suomalaiset lähteet pohjautuivat pitkälti ulkomaisiin lähteisiin. Suomessa on aloitettu useita korkeita rakentamishankkeita, joiden aikana ja jälkeen olisi suotavaa teettää tutkimuksia laaja-alaisesti. Näiden pilottihankkeiden yhteydessä saataisiin tarkemmin kartoitettua korkeaa rakentamista Suomen toimintaympäristössä. Tutkija ehdottaa rakennusyrityksiä ja konsulttitoimistoja teettämään case-tutkimuksia korkean rakentamisen yhteydessä. Tutkimusten yhteydessä kerättyä dataa tulisi analysoida, jotta Suomen toimintaympäristöstä saataisiin muun muassa Watts (2013) mukaista aineistoa. Lisäksi kehitettäisiin haastatteluissa ilmi tullutta huolta osaamisen vähäisestä määrästä. Alan nuorten osaajien mukaan ottaminen on tärkeää, jotta oppia korkeasta rakentamisesta saataisiin hyvin laajasti.

Suunnittelun johtamista käsiteltiin tässä tutkimuksessa varsin yleisellä tasolla. Aihepiiriä olisi hyvä tutkia eri toteutusmuotojen näkökulmasta sekä case-tutkimuksina tulevaisuuden korkeissa rakennushankkeissa, jolloin voitaisiin tuoda konkreettisia kehitysideoita hankekohtaisesti. Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen SUKE-tutkimuksen ja Pennanen (2012) lisäksi olisi hyvä tarkastella myös muita lähteitä, joista soveltaa toimintaa kehittäviä menetelmiä.

Avoimen rakentamisen periaatteiden kehittämisen kannalta olisi tärkeää tutkia talotekniikkaa korkeissa rakennuksissa omana aiheenaan ja sen mahdollisuuksia käyttö- ja muuntojoustavuuteen liittyen. Tutkimuksen haastatteluissa nousi ilmi, kuinka korkean rakentamisen yleistyminen on vaikuttanut viranomaismääräyksiin talotekniikan osalta. Näiden muutosten tarkempi kartoitus ja mahdollisuuksien arvioiminen olisi hyvä jatkotarkastelun aihe.

Takaisinkytkennässä korostettiin nopeutta tuottaa vertailukelpoisia suunnitelmia. Tutkimuksessa nousi esiin, kuinka mallinnusohjelmistojen avulla voidaan edesauttaa tehokkaimman suunnitteluratkaisun iterointia. Tietomallinnuksen hyödyntämistä korkean rakentamisen suunnittelun ohjauksessa olisikin hyvä tarkastella.

LÄHTEET

Ala-Ojala, J. (2011). Ylikorkeat rakennukset Suomessa, käytännön pulmatilanteita ja ratkaisuja. Ylimäki – Tinkanen Wise Group. 24.11.2011.

Ali, M. & Al-Kodmany, K. (2012). Tall Buildings and Urban Habitat of the 21st Century: A Global Perspective. s. 384-423.

Ali, M. & Moon, K. (2007). Structural Developments in Tall Buildings: Current Trends and Future Prospects. University of Sydney. s. 205-223.

Ali, M. & Moon, K. (2018). Advances in structural system for tall buildings: Emerging developments for contemporary urban giants. University of llinois & Yale University. 34 sivua.

Al-Kodmany, K. (2018). The Vertical City: A Sustainable Development Model. s. 575-601.

Ballard, G. & Koskela, L. (1998). On the agenda of design management research. Proceeding IGLC 98. Guaruja, Brazil. 13 sivua.

Bennet, J., Kepka., B., Wang, F. & Watt, R. (2007). Wind design guide.

Boon Kwee, T. (2018). Behind the curtain wall. Testing solutions for high-performance facades. TÜV SÜD. 14 sivua.

Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH). (2019). CTUBH Height Criteria. Saatavissa (20.3.2019): https://www.ctbuh.org/criteria/

Dubey, P. (2016). China is leading the new wave of towers rising to 500m and beyond. Informed infrastructure magazine. Saatavissa (10.7.2019): https://informedinfrastructure.com/27466/china-is-leading-the-new-wave-of-towers-rising-to-500m-and-beyond/

Dupre, J. (2008). Skyscrapers: A Historic of the World's Most Extraordinary Buildings. 176 sivua.

Eisele, J. & Kloft, E. (2003). High-rise Manual: Typology and Design, Construction and Technology. 235 sivua.

Emporis. (2019). Emporis standards. Saatavissa (25.3.2019): https://www.emporis.com/building/standard/3/high-rise-building.

Eskola, J. & Suoranta, J. (1998). Johdatus laadulliseen tutkimukseen. Tampere: Vastapaino.

Generalova, E., Generalov, V., Kuznetsova, A. & Bobkovs, O. (2018). Mixed-use development in a high-rise context. Samara State Technical University, Institute of Architecture and Civil Engineering, 443001, Samara, Molodogvardeyskaya St, 194, Russia.

Haahtela, Y. & Kiiras, J. (2013). Talonrakennuksen kustannustieto 2013. Haahtela-kehitys oy. 390 sivua.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. (2011). Korkea rakentaminen Helsingissä. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston asemakaavaosaston selvityksiä 2011:4. Helsingin kaupunki. 70 sivua.

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. (2014). Korkea rakentaminen Helsingin esikaupunkialueilla. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston yleissuunnitteluosaston selvityksiä 2014:19. Helsingin kaupunki. 22 sivua.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. (2011). Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. Helsinki. Gaudeamus Helsinki Yliopisto Press. 213 sivua.

Horelli, M. (2012). Korkean rakentamisen turvallisuus. Asiantuntijahaastatteluja maaliskuussa 2012. Newsbrokers Oy.

Ilmatieteenlaitos (2019a). Tuuliselvitykset rakentamisen tueksi. Saatavissa (2.8.2019): https://ilmatieteenlaitos.fi/tuulikuorma.

Ilmatieteenlaitos (2019b). Talvisään tilastoja. Saatavissa (13.8.2019): https://ilmatieteenlaitos.fi/talvitilastot.

Kalita, N. & Watts, S. (2007). Cost model: Tall buildings. Building. Saatavissa (3.9.2019): https://www.building.co.uk/data/cost-model-tall-buildings/3085522.article

Kankainen, J. & Junnonen, J-M. (2001). Rakennuttaminen. 3. painos. Rakennustieto Oy.

Kiiras, J., Kess, J., Hämäläinen, A., Kruus, M., Raveala, J., Saari, A., Salmikivi, T., Seppälä, R. & Tauriainen, M. (2007a). Rakentamisen johtamisen ja suunnittelun tehtäväluetteloiden kehittäminen. Helsinki, Asunto-, toimitila-, ja rakennuttajaliitto RAKLI ry. 88 sivua.

Kiiras, J., Kruus, M., Hämäläinen, A., Lindroos, H., Saari, A. & Salmikivi, T. (2007b). Malli talotekniikan suunnittelun ja hankintojen ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Rakennustieto Oy. 64 sivua.

Kiviluoma, R. (2007). Suomen korkeimman rakennuksen turvalliset rakenneratkaisut: tuulen vaikutus. Rakentajain kalenteri 2007. Helsinki 2006, Rakennussäätiö RTS. s. 461-463.

Koikkalainen, E-P. (2012). Korkeiden rakennusten energiavirtojen hallinta ja hyötykäyttö. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Helsinki. 105 sivua.

Korkean rakentamisen rakentamistapaohje (2018). Ohjekortit. Helsinki 14.12.2018.

Korol, E. & Kustikova, Y. (2018). Constructive systems, load-bearing and enclosing structures of high-rise buildings. Moscow state University of Civil Engineering. 9 sivua.

Kruus, M. (2008). Suunnittelun ohjausta tukevien menettelyjen kehittäminen projektinjohtorakentamisessa. Rakennustieto Oy. 142 sivua.

Kruus, M., Kiiras, J., Raveala, J., Saari., A. & Salmikivi, T. (2006) Malli suunnittelun ohjaukseen projektinjohtohankkeissa. Rakennustieto Oy. 71 sivua.

Laine, S. (1972). Rakenteiden tuulikuormat ja niiden määrittäminen tuulitunnelissa. Rakenteiden Mekaniikka Vol 5 No.1, 1972. Rakenteiden Mekaniikan seura, Helsinki. s. 4-19.

Laine, S. (2011). ’’Pilvenpiirtäjäkysymys’’ Urbaani mielikuvitus ja 1920-luvun Helsingin ääriviivat. Väitöskirja. Turun yliopisto. 334 sivua.

Levanto, R. (2011). Helsingin kaupungin korkean rakentamisen kehittämishanke. Rakennusvalvontavirasto. 17.11.2011.

Maankäyttö- ja rakennuslaki (117 §; 117j §; 117b §; 120 §; 132/1999) (MRL)

Martikainen, M. (2017). Tornitalo huojuu ja hurmaa. Kuntatekniikka 2017/2.

Mäkinen, P. (2016). Korkeiden rakennusten en-standardien mukainen jäykistyssuunnittelu. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere. 87 sivua.

Nousiainen, A. (2019). Mitä viranomainen edellyttää rakentamiselta / rakenteilta korkeissa rakennuksissa. Betoni ja korkea rakentamien – seminaari 11.06.2019.

Pennanen, A. (2012). Talonrakennushankkeen hallinta ohjelmointi- ja suunnitteluvaiheessa. Tampereen teknillisen yliopiston Rakennetun ympäristön tiedekunta. 49 sivua.

Posti, J. (2010). Pääsuunnittelijan ja suunnittelun johtaminen rakennushankkeessa. Rakentajain kalenteri 2010. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy ja Rakennusmestarit ja insinöörit AMK RKL ry, 362-366 s.

Rajajärvi, T. (2011). Helsingin korkean rakentamisen periaatteet. Kokouspöytäkirja 13.12.2011.

RAKLI (2015). Selvitys kaavamääräysten kustannusvaikutuksista.

Ratu KI -6033. (2018). Rakennushankkeen kustannustenhallinta 2018. Talonrakennusteollisuus Ry. 117 sivua.

RT 10-11108. (2013). Pääsuunnittelun tehtäväluettelo PS12. Rakennustieto Oy. 12 sivua.

RT 10-11224. (2016). Talonrakennushankeen kulku. Rakennushankkeen vaiheet ja osittelu. Rakennustieto Oy. 4 sivua.

RT 10-11284. (2017). Hankkeen johtamisen ja rakennuttamisen tehtäväluettelo HJR18. RT-ohjekortti. Rakennustieto Oy. 32 sivua.

RT 13-10860. (2005). Suunnittelun johtaminen rakennushankkeessa. RT-ohjekortti. Rakennustieto Oy. 8 sivua.

Saari, A. (2001). Tavoitteiden asettaminen rakennuksen muunto- ja käyttöjoustavuudelle. Teknillisen korkeakoulun rakentamistalouden laboratorion selvityksiä 36. Helsinki University of Technology Construction Economics and Management Papers 36. Espoo 2011.

Simmonds, P. & Zhu, R. (2013). Stack effect guidelines for tall, mega tall and super tall buildings. International Journal of High-Rise Buildings Vol 2 No 4, Sherman Oaks, CA, USA. s. 323-330.

Simmonds, P. (2015). ASHRAE Design Guide for Tal, Supertal, and Megatall Building Systems. Atlanta. 235 sivua.

Stafford Smith, B. & Coull, A. (1991). Tall Building Structures, Analysis and Design. 537 sivua.

Strege, S., Ferreira, M. & Hughes, J. (2016). Characterization of stack effect in high-rise buildings under winter conditions, including the impact of stairwell pressurazion. Fire technology, 53. s. 211-226.

Tall Buildings. (2014). Structural design of concrete buildings up to 300 m tall. A cement and concrete industry publication.164 sivua.

Tamošaitienė, J., Šipalis, J., Banaitis, A. & Gaudutis, E. (2013). Complex model for the assessment of the location of high-rise buildings in the city urban structure. International journal of strategic property management. s. 93-109.

Tanttu, K. (2015). Kallionpintamallin luotettavuuden analysointi porakonekairausten määrän ja laadun perusteella. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 27/2015. 92 sivua.

Tauriainen, M. (2007). Suunnittelupalvelujen hankintaopas 2007. Rakennustieto Oy. 44 sivua.

Tikkanen, U. (2015). Vertikaaliset kaupungit – Liikkuminen hybridirakennuksissa. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Arkkitehtuurin laitos. Helsinki. 67 sivua.

Turun kaupunki. (2017). Turun korkean rakentamisen selvitys. Turun kaupungin ympäristötoimialan kaupunkisuunnittelu. Helmikuu 2017. 83 sivua.

Tzortzopoulos, P. & Formoso, C. (1999). Considerations on application of lean construction principles to design management. s. 335-344.

Törmänen, E. & Sahla, S. (2019). Ennätysvuosi takana pilvenpiirtäjissä – 19 yli 300-metristä pilvenpiirtäjää. Tekniikka & Talous. Saatavissa (8.4.2019): https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/ennatysvuosi-takana-pilvenpiirtajissa-19-yli-300-metrista-pilvenpiirtajaa-6755707

Valjus, J. (2019a). Korkea rakentaminen yleistyy – insinöörit uusien haasteiden edessä. Betonilehti 3/2019. s. 70-76.

Valjus, J. (2019b). Betoni ja korkea rakentaminen -seminaari. 11.6.2019.

Watts, S. (2013). Tall Buildings: A Strategic Design Guide. Davis Langdon LLP. s. 106-123.

Wit, J. (2019) Elevator planning for high-rise buildings. Deerns consulting engineers. [viitattu: 14.8.2019]. 12 sivua.

YIT. (2019a). Trigoni-suunnitelmaamme ehdotetaan Helsinki High-rise -arkkitehtuuri- ja toteutuskilpailun voittajaksi. Saatavissa (1.10.2019): https://www.yit.fi/ajankohtaista-yitlla/trigoni

YIT. (2019b). Yrityksen sisäinen toimintakaavio.

Henkilökohtaiset tiedonannot:

Gulin, K. WSP Finland. Senior Consultant, Geotechnics, Ground Engineering. Keskusteluja. 30.8.2019.

Josipovic, G. WSP Parsons Brinckerhoff London. Lift and Escalator Associate. Keskusteluja. 23.10.2019.

Parker, J. WSP Parsons Brinckerhoff London. Senior technical director. Keskusteluja. 30.9.2019.

Asiantuntijahaastattelu:

Haastateltava 1 (H1): Projektipäällikkö

Haastateltava 2 (H2): Rakennesuunnittelija

Haastateltava 3 (H3): Viranomainen

Haastateltava 4 (H4): Pääsuunnittelija, Arkkitehti

Haastateltava 5 (H5): Rakennuttaja

Haastateltava 6 (H6): TATE-asiantuntija

LIITE A: HAASTATTELUKYSYMYKSET

Anton Pulkkinen – Diplomityö
Diplomityöhön liittyvä asiantuntijahaastattelu
XX.XX.2019

HAASTATTELUKYSYMYKSET

Haastateltavan tausta:

1. Millainen on kokemuksenne edustamanne osapuolen roolissa?
2. Millainen on kokemuksesi korkeaan rakentamiseen liittyen? (yli 16 krs., entä yli 100m)

TEEMA 1: Korkean rakentamisen haasteet suunnitteluun yleisesti

3. Millaisia haasteita korkeaan rakentamiseen ja sen suunnitteluun liittyy edustamanne osapuolen näkökulmasta? (Verrattuna matalaan rakentamiseen)

4. Millaisia haasteita hybridisen toimintamallin korkeaan rakentamiseen suunnitteluun liittyy edustamanne osapuolen näkökulmasta?

TEEMA 2: Suunnittelun johtamisen haasteet

5. Millaisia ongelmia suunnittelun johtamiseen liittyy Suomen toimintaympäristössä yleisesti ja edustamanne osapuolen näkökulmasta? Kuinka näette niiden korostuvan korkeiden hankkeiden kohdalla?
    a. organisointi
    b. ohjaus
    c. valvonta
    d. koordinointi
6. Kuinka kehittäisitte suunnittelun johtamista?

TEEMA 3: Tutkimuksessa tarkasteltujen viitekehysten soveltuvuus

7. Mitä haasteita korkea rakentaminen tuo avoimen rakentamisen mukaiselle toteutukselle, jossa kiinteä ja muuntuva tilaosa erotellaan ja siten mahdollistetaan suunnittelun ja toteutuksen limittyminen ja myöhäiset tilapäätökset? Kuinka asiaa voitaisiin kehittää?

8. Suunnitelmapakettien kehittäminen suunnittelijoiden kanssa selkeyttää suunnittelua ja muodostaa suunniteltavia kokonaisuuksia, joiden keskinäiset riippuvuudet vaativat ratkaisuja samanaikaisesti. Millaisia ongelmia korkea rakentaminen aiheuttaa suunnitelmapakettien muodostamiselle ja kuinka niitä voidaan hallita?

9. Takaisinkytkentä on oleellinen osa muutosten hallintaa, mitä ongelmia näette sen toteuttamisessa nopeasti/toimivasti korkeissa rakennushankkeissa ja kuinka kehittäisitte sen toimintaa käytännössä?