

KORPUT

KORKEIDEN PUUKERROSTALOJEN TUTKIMUS

Lassi Tulonen



Joensuussa sijaitseva 14-kerroksinen Lighthouse on Suomen korkein puukerrostalo.
Kuva : Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto

Esipuhe

Asumisen rahoitus ja kehittämiskeskus (ARA)

KORPUT - Korkeat puukerrostalot, on Tampereen yliopistolla (TAU), arkkitehtuurin yksikössä Lassi Tulosen tekemä diplomityö. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA) osallistui tämän tutkimushankkeena tehdyn opinnäytteen rahoitukseen.

Tutkimus on ensimmäinen suomalaista korkeaa puukerrostalorakentamista käsittelevä akateeminen työ. Korkeilla puukerrostaloilla tarkoitetaan tutkimuksessa rakennuksia, joiden kerrosluku on enintään kahdeksan. Tästä korkeammat rakennukset käsitellään ylikorkeina rakennuksina.

Tutkimuksen kohteena olevat rakennukset ovat ARAn rahoittamia ja ARAn nimeämien yleishyödyllisten tai julkisyhteisöjen omistukseensa rakennuttamia:

- Joensuu, Joensuun Elli, "Lighthouse", 14 kerrosta, 2019. Pitkä korkotukilaina, opiskelija-asunnot.
- Rovaniemi, Domus Arctica -säätio, "DAS Kelo", 8 kerrosta, 2019. Pitkä korkotukilaina, opiskelija-asunnot.
- Espoo, HOAS, "HOAS-Tuuliniitty", 13 kerrosta, 2021. Pitkä korkotukilaina, opiskelija-asunnot
- Jyväskylä, Lakea Oy, Puukuokka 1, 8 kerrosta, 2015. Takauslaina vuokrataloille, vuokra-asunnot.
- Vantaa, TA-Asumisoikeus Oy ja Suomen Vuokrakodit, 7 kerrosta. Pitkä korkotukilaina ja takauslaina vuokrataloille, asumisoikeus- ja vuokra-asunnot.
-

Korkeat puukerrostalot on ajankohtainen aihe ARAn ja myös laajemmin KIRA-alan kannalta. Aiheesta on käyty vuoropuhelua seminaareissa ja uutisoitu laajemmin mediassa. Onkin todettavissa, että kirjoitteluun ja puheenvuoroihin liittyy niitä samoja asioita, joita on kuulunut 2000-luvun alusta lähtien puukerrostalokysymyksen piiriin. Lassi Tulosen tekemä tutkimus antaa asiallisen ja havainnollisen tietopohjan korkeasta puukerrostalorakentamisesta käytävään keskusteluun.

Ovatko ylikorkeat ARAlle hyväksyttäväksi esitetyt hankkeet olleet kohtuuhintaisia? Vastaus ei ole aivan yksiselitteinen. ARAssa on ollut käsittelyssä ja hyväksytty kalliimpiakin hankkeita, materiaalista riippumatta. Ylikorkeat puukerrostalot ovat kuitenkin tuoneet ARAssa riskien arviointiin näkökulman, jossa tarkastellaan hankkeeseen ryhtyvän taloudellisia edellytyksiä selvittää hankkeesta kaikissa tilanteissa. Tämä asia liittyy toki kaikkeen rakentamiseen.

Ylikorkeiden puukerrostalojen koerakentamishankkeet on toteutettu tähän asti valtion tukemana asuntotuotantona. Olisiko aika nyt kypsä vapaarahoitteiselle ylikorkealle puukerrostalolle?

ARAn puolelta esitämme kiitokset tutkimushankkeen vastuullisena johtajana toimineelle professori TkT Markku Karjalaiselle ja valmistuneelle, tutkimustyön tehneelle uudelle arkkitehdille, Lassi Tuloselle.

Vesa Ijäs
Yliarkkitehti, TkT

Jyväskylän Kuokkalassa sijaitsee kolmen puukerrostalon muodostama Puukuokka -kortteli, jonka ensimmäinen rakennus oli Suomen ensimmäinen 8-kerroksinen puukerrostalo.

Kuva : OOEPA Office for Peripheral Architecture



Tampereen yliopisto (TAU), Arkkitehtuurin yksikkö

Ilmastomuutoksen torjumiseksi on tutkittava ja käytettävä kaikki mahdolliset keinot. Maailmanlaajuisesti tulisi suosia ekologisia, vähähiilisiä ja uusiutuvia resursseja ja raaka-aineita. Puurakentaminen on ekologista: Kasvaessaan yksi kuutiometri puuta sitoo itseensä noin tonnin ilman hiilidioksidia ja samalla fotosynteesissä vapautuu 700 kiloa happea ilmakehään. Metsät ovat kasvaessaan hiilinieluja, ja puurakennukset ja -tuotteet ovat hiilivarastoja. Suomen metsät kasvavat vuosittain noin 110 milj. m³ runkopuuta, ja maamme biotalouden arvosta yli puolet tulee metsäsektorilta. Suomen sahatavaran kulutuksesta noin neljä viidesosaa käytetään rakentamiseen. Maailmanlaajuuksien ilmasto-, ympäristö- ja luonnonvarakysymysten merkityksen kasvaessa, metsien kestävä hyötykäyttöä ja puurakentamista pyritään entisestään lisäämään myös Suomessa.

Suomen rakennuskannasta noin 65 % on asuinrakennuksia. Maassamme on noin kolme miljoonaa asuntoa, joista 46 % sijaitsee kerrostaloissa. Puurakentamisen suurimmat kasvumahdollisuudet Suomessa ovat suurimittakaavaisessa rakentamisessa, kuten puukerrostaloissa. Syyskuun 2020 loppuun mennessä yli kaksikerroksisia puisia asuinkerrostaloja on rakennettu Suomeen 1990-luvun puolivälistä lähtien 103 kpl, yhteensä 3 052 asuntoa. Suomen uudisasuinkerrostaloista noin 5 – 7 % on viime vuosina ollut puurunkoisia, ja niiden määrä on tasaisesti lisääntymässä.

Käsissäsi olevan KORPUT-tutkimustyön aihe on erityisen ajankohtainen, kun puukerrostalorakentamisen määrä Suomessa on selkeästi kasvamassa ja valtiovalta pyrkii osaltaan lisäämään puurakentamisen osuutta osana ilmastomuutoksen torjuntaa. Tällä KORPUT-tutkimusraportilla tulee olemaan hyötyä ja merkitystä uusien puukerrostalojen, ja erityisesti korkeiden puukerrostalojen, hanke- ja rakennussuunnitteluvaiheessa sekä rakentamisessa. Työ sisältää erittäin paljon oleellista, täsmällistä ja jopa oppikirjamaista tietoa tutkimuskohteina olleiden puukerrostalojen teknisistä ratkaisuista ja rakentamisen prosesseista.

Antoisia lukuhetkiä!

Markku Karjalainen,
Rakennusopin professori, TkT, arkkitehti

Tiivistelmä

Lassi Tulonen : KORPUT - Korkeiden puukerrostalojen tutkimus

Diplomityö

Tampereen yliopisto

Arkkitehtuurin tutkinto-ohjelma

Elokuu 2020

Tutkimus käsittelee korkeita suomalaisia asuinpuukerrostaloja, joiden rakentaminen on ollut Suomen rakentamismääräysten mukaan mahdollista vuodesta 2011 alkaen. Korkeat puukerrostalot jakautuvat enintään 8-kerroksisiin rakennuksiin, jotka voidaan toteuttaa niin sanotulla palomääräysten mukaisella taulukkomitoituksella sekä korkeampiin rakennuksiin, jotka edellyttävät toiminnallista palomitoitusta. Suomessa on tällä hetkellä yhteensä seitsemän toteutettua tai rakenteilla olevaa vähintään 8-kerroksista puukerrostaloa, joista kaksi on yli 8-kerroksisia.

Tutkimuksessa selvitetään millaisia erityispiirteitä korkeiden asuinpuukerrostalojen toteutusprosessiin ja suunnitteluratkaisuihin liittyy, millaisista lähtökohdista korkeat puukerrostalohankkeet ovat syntyneet ja millaisia ovat korkean puukerrostalorakentamisen tulevaisuudennäkymät Suomessa. Tutkimuskohteina on hyödynnetty viittä suomalaista korkeaa puukerrostaloa, joissa on käytetty monipuolisesti erilaisia toteutusmuotoja ja puurakennejärjestelmiä.

Tutkimus on luonteeltaan kartoittava ja selittävä. Siinä dokumentoidaan valittujen puukerrostalokohteiden toteutusprosessia ja ratkaisuja sekä selvitetään niiden taustalla vaikuttaneita tekijöitä. Tutkimus koostuu kirjallisuuskatsauksesta, tutkimuskohteena olevien puukerrostalojen toteutusprosessin ja suunnitteluratkaisujen kartoituksesta sekä haastattelututkimuksesta, johon osallistui tutkimuskohteena olevien hankkeiden keskeisiä osapuolia.

Tutkimuksen tuloksena on esitetty yhteenveto korkean puukerrostalorakentamisen nykytilanteesta Suomessa ja tunnistettu keskeisiä korkeissa puukerrostalohankkeissa vaikuttavia tekijöitä. Enin-

tään 8-kerroksisten puukerrostalohankkeiden toteutukseen alkaa muodostua vakiintuneita toimintamalleja, joiden myötä puukerrostalorakentamisen toteutusprosessi kehittyy ja kustannuskilpailukyky paranee. Korkeammat hankkeet ovat kuitenkin koerakentamislouonteisia yksittäiskohteita, jotka ovat huomattavasti haastavampia toteuttaa ja edellyttävät enemmän suunnittelutyötä.

Korkeiden puukerrostalojen hankesuunnitteluvaihe on tavanomaista rakentamista työläämpi ja erilaiset rakennejärjestelmät tekevät kohteiden kilpailuttamisesta haastavaa. Suunnitteluprosessin onnistuminen edellyttää eri osapuolilta normaalia tiiviimpää yhteistyötä ja valitun rakennejärjestelmän tuntemista. Suunnittelu myös painottuu hankkeen alkuvaiheeseen. Oleellista puurakentamisen kilpailukyvyn kehittymiselle on erityisesti ratkaisujen standardisointi ja tuotteistaminen. Puukerrostalorakentamisen kehittäminen on painottunut paljolti kustannusten laskemiseen, ja jatkossa myös puuarkkitehtuuria tulisi hyödyntää paremmin korkean puurakentamisen kilpailukykytekijänä.

Avainsanat: Korkea puukerrostalo, arkkitehtisuunnittelu, rakentaminen, rakennesuunnittelu

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality-Check -ohjelmalla.

Abstract

Lassi Tulonen : KORPUT - Research on tall timber apartment buildings

Master's Thesis

Tampere University

Degree Programme in Architecture

August 2020

This study examines tall wooden apartment buildings in Finland. The Finnish building regulations have permitted the construction of tall wooden apartment buildings since 2011. Wooden buildings up to 8-stories high can be constructed according to standard Finnish fire regulations. Buildings taller than that require a calculatory fire design. Currently there are seven at least 8-stories tall wooden apartment buildings that have been completed or are under construction in Finland. Two of these are over 8-stories tall.

The study reviews what kind of phenomena are associated with the implementation process and design solutions of tall wooden apartment buildings, what have been the starting points for the projects and what are the future prospects of tall wooden apartment buildings in Finland. Five Finnish wooden apartment buildings have been used as a research subject. The buildings represent a wide variety of different implementation methods and wood construction systems.

The study documents the implementation process and design solutions of the five subject buildings and identifies underlying factors behind them. The study consists of a literature review, documentation of the case projects and a series of interviews for the key actors in the projects.

As a result, an overview of the current situation and the key factors influencing the implementation of tall wooden apartment buildings in Finland have been identified. For buildings up to 8-stories tall, established implementation models are starting to emerge, which enables the development of processes and cost competitiveness. Taller buildings are, however, individual prototype-like projects that

are considerably more challenging to implement and require more design work.

The project planning phase of tall wooden building is more laborious than conventional building and different construction systems make tendering difficult. A successful design process requires a close cooperation between the various parties and a good knowledge of the chosen structural system. The design work also focuses on the early stages of the project. Standardization and productization are essential for the development of wood construction. The development of wood construction has focused on reducing costs but in the future wood architecture should also be better utilized as a factor in the competitiveness of tall wooden construction.

Keywords: Tall wooden apartment building, architectural design, construction, structural design

The originality of this publication has been verified using Turnitin's OriginalityCheck service.

Sisällysluettelo

3	Esipuhe
6	Tiivistelmä
8	Abstract
12	Käsitteitä ja määritelmiä
15	JOHDANTO
17	1.1 - Tutkimuksen tausta
20	1.2 - Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset
21	1.3 - Tutkimuksen rajaus
22	2.1 Tutkimuksen toteutus
25	TEOREETTINEN TAUSTA
26	2.1 Aiempia aiheeseen liittyviä tutkimuksia
30	2.2 Puukerrostalorakentamisen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä
35	2.3 Puukerrostalojen rakenteellisia erityispiirteitä
41	2.4 Korkean rakentamisen erityispiirteitä
49	CASE-KOhteet
51	3.1 - Kohteiden perustiedot
52	3.2 Hankkeiden lähtökohdat ja toteutustapa
64	3.3 Arkkitehtuuri ja tilaratkaisut
74	3.4 Rakenneratkaisut ja rakentamistapa
87	HAASTATTELUT
90	4.1 Toteutusprosessi ja osapuolten toiminta
106	4.2 Arkkitehtuuri ja suunnitteluratkaisut
114	4.3 Korkean puurakentamisen tulevaisuudennäkymät
119	YHTEENVETO & JOHTOPÄÄTÖKSET
120	5.1 Johtopäätökset
126	LÄHTEET
126	Tietolähteet
128	Haastattelut
129	Kuvat
130	LIITTEET
130	Liite 1, Haastattelukysymykset
133	Liite 2, Tutkimuskohteiden rakennetyypit

Käsitteitä ja määritelmiä

Korkea puukerrostalo

Suomalainen korkea puukerrostalo on yli 6-kerroksinen P2- tai P0- paloluokkaan kuuluva asuin- tai työpaikkarakennus, jonka kantava runko on pääosin puuta. Tässä tutkimuksessa keskitytään asuinpuukerrostaloihin. Yli 8-kerroksisia toiminnallisella palomitoituksella toteutettuja puukerrostaloja voidaan kutsua myös ylikorkeiksi puukerrostaloiksi.

CLT

CLT eli Cross Laminated Timber on massiivipuinen levytuote, joka koostuu ristikkäin liimatuista lautakerroksista. CLT-levyjä käytetään pääasiassa puukerrostalojen kantavina pysty- ja vaakarakenteina.

LVL

LVL eli Laminated Veneer Lumber on massiivipuinen levytuote, joka koostuu päällekkäin liimatuista viilukerroksista. LVL-levyjä käytetään CLT:n tapaan kantavina pysty- ja vaakarakenteina.

asm²

Asuintilojen ala neliömetreinä

brm²

Brutto- eli kokonaisala neliömetreinä

kem²

Kerrosala neliömetreinä

hum²

Huoneistoala neliömetreinä

KVR-urakka

Kokonaisvastuu-urakka, jossa urakoitsija vastaa sekä kohteen suunnittelusta, että toteutuksesta.

Jaettu urakka

Urakkamuoto, jossa eri työt tilataan useilta urakoitsijoilta ja tilaaja vastaa lähtökohtaisesti työvaiheiden yhteensovittamisesta. Sivu-urakat voidaan myös alistaa pääurakoitsijaksi määritellyn toimijan alaisuuteen, jolloin pääurakoitsija vastaa työvaiheiden yhteensovittamisesta. Tällöin puhutaan alistetuista sivu-urakoista.



JOHDANTO



1.1 - Tutkimuksen tausta

Puurakentamisen lisääminen on ollut Suomessa poliittinen tavoite jo noin kolmenkymmenen vuoden ajan ja puurakentamista on pyritty edistämään julkisen vallan toimesta esimerkiksi erilaisilla puurakentamisohjelmilla ja lainsäädännön muutoksilla. Keskeisiä perusteluja puurakentamisen edistämiseksi ovat olleet kotimaisen puuteollisuuden jalostusasteen nostaminen, viennin kehittäminen ja ekologisuus.¹ 2010-luvulla varsinkin ilmastotavoitteet ovat nousseet oleelliseksi puurakentamisen ajuriksi. Julkisen tuen merkitys puurakentamiselle on ollut suuri. Puurakentamisen ja yleisesti uusien rakentamisen ratkaisujen on toistaiseksi nähty kehittyvän lähinnä valtion tukemana asuntotuotantona niin, että julkisesti tuetun asuntorakentamisen kautta kehittyneet ratkaisut ja toimintamallit vakiintuvat vähitellen myös omaperustaiseen asuntotuotantoon.²

Erityisesti kerrostalorakentaminen on nähty mahdollisuutena puun käytön lisäämiseen³. Noin 70 prosenttia Suomeen viimeisen viiden vuoden aikana valmistuneista asunnoista on sijainnut kerrostaloissa, joista suurin osa toteutetaan edelleen betonirakenteisena⁴. Teollisen puurakentamisen mahdollistavia rakennejärjestelmiä on kehitetty Suomessa jo noin kolmenkymmenen vuoden ajan 1990-luvun alkupuolelta asti, mutta puukerrostalorakentaminen on siitä huolimatta yleistynyt Suomessa hitaasti. Erityisesti palomääräykset ovat olleet keskeinen puurakentamisen yleistymiseen vaikuttava tekijä. Vuonna 1997 Suomen palomääräyksiä muutettiin yleiseurooppalaiseen suuntaan niin että ne mahdollistivat puun käytön 4-kerroksisten rakennusten rungoissa ja julkisivuissa, minkä seurauksena puukerrostalorakentaminen lähti Suomessa hetkeliseen kasvuun, joka kuitenkin hiipui jo vuosituhaten vaihteessa. Useina 2000-luvun alkuvuosina Suomeen ei valmistunut yhtäkään puukerrostaloa.⁵

Suomalaisen puukerrostalorakentamisen kehitys käynnistyi uudelleen 2010-luvun alkupuolella. Vuonna 2011 julkaistiin uudet palomääräykset, jotka mahdollistivat myös 5-8 kerroksisten puukerrostalojen rakentamisen. Suomen ensimmäisen 8-kerroksisen puukerrostalon, Jyväskylän Puukuokan suunnittelu alkoi pian tämän jälkeen ja rakennus valmistui vuonna 2015. Suomen nykyiset rakentamis- ja palomääräykset ovat olleet voimassa vuoden 2018 alusta. Puukuokan jälkeen Suomeen on valmistunut neljä vähintään 8-kerroksista puurakenteista asuinkerrostaloa; Jätkäsaaren



Kuva 2 HOAS Tuuliniitty havainnekuva

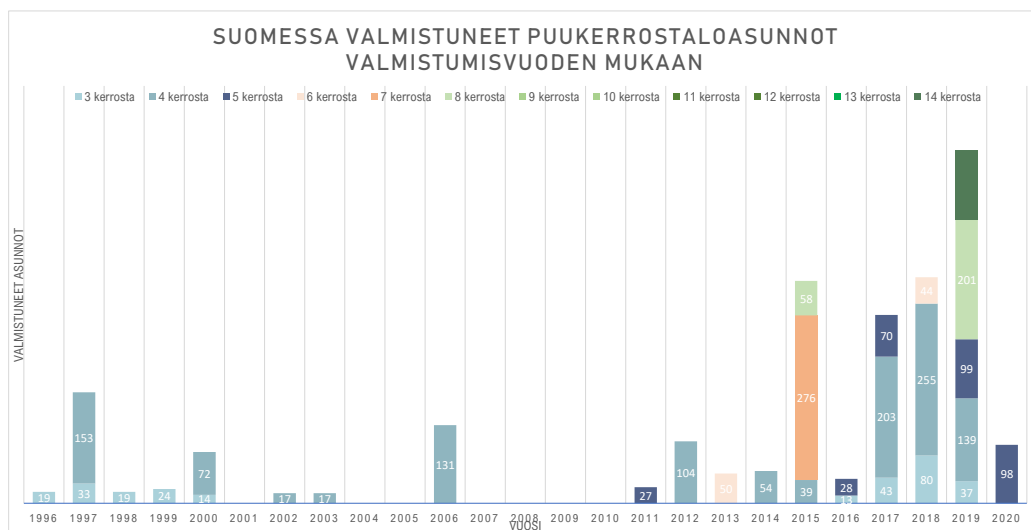


Kuva 3 Puukuokka

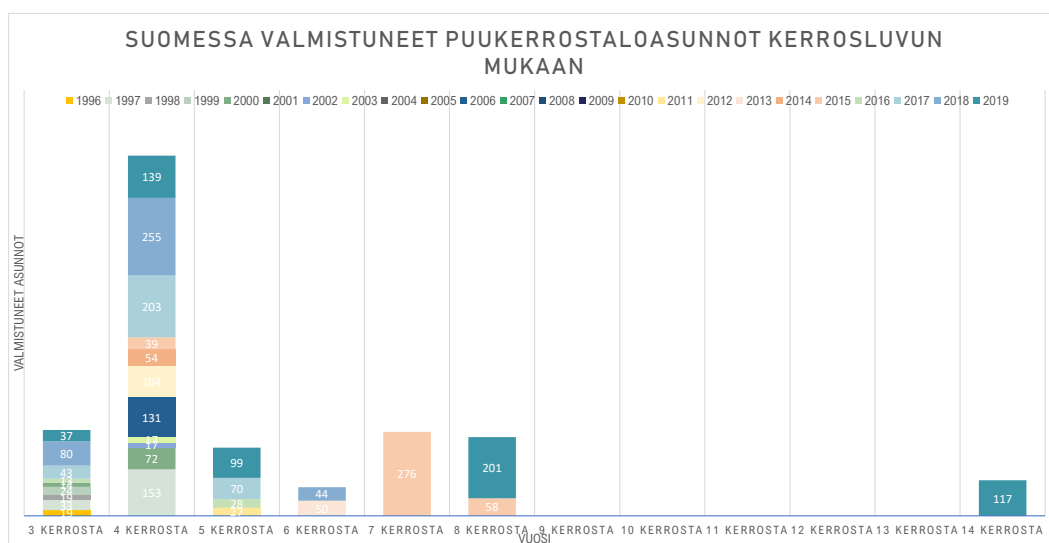


Kuva 4 DAS Kelo

1 Karjalainen 2002, 20
2 Ijäs 2013, 190
3 Esim. Kaihlanen 2019, Haapio 2013, 11-12
4 Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennus ja asuntotuotanto
5 Katso kuvaaja 1



Kuvaaja 1 Suomalaiset puukerrostalot valmistumisvuoden mukaan.



Kuvaaja 2 Suomalaiset puukerrostalot kerrosluvun mukaan.

Wood Cityn 8-kerroksiset asuinkerrostalot, 8-kerroksinen DAS Kelo Rovaniemelle, sekä 14-kerroksinen Lighthouse Joensuuhun. Lisäksi Espoon Tapiolaan on tämän tutkimuksen kirjoitushetkellä rakenteilla 13-kerroksinen HOASin rakennuttama puukerrostalo.

Varsinkin muutamien viime vuosien aikana puisten asuinkerrostalojen määrä on lähtenyt huomattavaan kasvuun, ja puurakentaminen on saanut varsin paljon huomiota myös julkisuudessa. Erityisesti korkeat puukerrostalot, kuten Joensuun Lighthouse ja Arkkitehtuurin Finlandia-palkinnon voittanut Jyväskylän Puukuokka ovat saaneet paljon näkyvyyttä myös kansainvälisesti. Varsinkin mediassa keskitytään paljon puurakennusten korkeuteen ja puurakentamisen kehitystä ja innovaatioita esitellään paljon juuri korkeiden rakennusten kautta.

Puukerrostaloja on toistaiseksi toteutettu kuitenkin varsin vähän, ja niiden osuus kaikesta Suomen kerrostalotuotannosta on edelleen hyvin pieni. Vuonna 2019 Suomessa valmistui 31 685 kerrostaloasuntoa, joista noin 1,7 prosenttia sijaitsi puukerrostaloissa⁶. Laajamittaisempi puukerrostalorakentaminen alkaa kuitenkin

⁶ Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennus ja asuntotuotanto

kin vähitellen yleistyä, kun teollinen tuotanto sekä suunnittelu- ja rakennusalan osaaminen kehittyvät ja kustannukset laskevat. Erityisesti matalampien puukerrostalojen rakentaminen alkaa olla siinä määrin vakiintunutta, ettei teollista puurakentamista voi enää varsinkaan niiden osalta pitää pelkästään koerakentamisena⁷.

Samalla kun teollinen puukerrostalorakentaminen on alkanut vakiintua, on tullut esiin myös kriittisiä näkemyksiä uusia pilot-tihankkeita kohtaan. Sellaisina voidaan pitää esimerkiksi yli 8-kerroksisia puukerrostaloja, joka edellyttävät toiminnallista palomitoitusta ja rakennushankkeiden erityismenettelyä. Esimerkiksi Elias Hurmekoski ja Jaana Korhonen esittävät, että korkeat puukerrostalohankkeet toimivat lähinnä rakentamisen ”lippulaivoina, mutta eivät juurikaan edistä puurakentamisen suuren volyymin markkinoiden kehittymistä. Sen sijaan rakentamis-sektorin kannalta tärkeämmäksi nähdään alle kymmenkerroksiset puurakennukset ja kilpailun lisääminen vakiintuneilla markkinoilla⁸. Myös ARA päätti vuoden 2019 lopulla lopettaa ylikorkeiden puukerrostalojen tukemisen ja keskittyä edistämään vakiintuneiden ja opittujen puurakentamisen konseptien kehittämistä⁹.

Pääosa puukerrostaloista on yhä julkisten toimijoiden rakennuttamaa ARA-tuettua asuntotuotantoa. Toisaalta viime vuosina myös vapaarahoitteisen puukerrostalorakentamisen määrä on ollut kasvussa ja myös suuret rakennusliikkeet ovat urakoineet muutamia vapaarahoitteisia puukerrostaloja. Vapaarahoitteiset kohteet ovat olleet toistaiseksi matalahkoja 3-5-kerroksisia puukerrostaloja. Toisaalta ainakin Vantaan Kivistössä on ennakkomarkkinoinnissa myös kaksi 8-kerroksista vapaarahoitteista puukerrostaloa¹⁰.

Suurin osa Suomen asuinkerrostaloista on enintään 9-kerroksisia. Suomessa oli vuoden 2018 lopussa 61 475 asuinkerrostaloa, joista vain 236 oli 10-kerroksisia tai tätä korkeampia¹¹. Kaikista Suomen asuinkerrostaloista siis ainoastaan 0,4 prosenttia oli verrattain korkeaa rakentamista, mikä osaltaan aiheuttaa kysymyksen onko korkeiden puukerrostalojen kehittämiseksi tarvetta tai perusteluja etenkin tuettuna asuntotuotantona. Toisaalta vaikka korkeita asuinkerrostaloja on toistaiseksi Suomessa vähän, on myös korkea rakentaminen lisääntynyt huomattavasti viime vuosina¹². Erityisesti pääkaupunkiseudulla ja Tampereella on käynnissä useita korkean rakentamisen hankkeita ja korkea rakentaminen yleistyy myös muissa kasvukeskuksissa, mikä voi tarjota uusia mahdollisuuksia myös puurakentamiselle.

- 7 Esim. Puutuoteteollisuus ry 2019, 72, Häkkinen 2018
- 8 Hurmekoski ja Korhonen 2017, 7
- 9 Kortelainen 2019
- 10 Eke-rakennus
- 11 Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökkit
- 12 Aatsalo 2018



Kuva 5 PuuMera Kivistö

1.2 - Tutkimuksen tavoite ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on selvittää suomalaisen korkean puukerrostalorakentamisen nykytilaa ja tarkastella millaisia perusteluja korkealle puukerrostalorakentamiselle on erityisesti valtion tukemana asuntotuotantoa. Tutkimuksessa tarkastellaan suomalaisten korkeiden puisten asuinrakennusten erityispiirteitä ja pyritään selvittämään miten, millaisessa tilanteessa ja millä perusteella korkeita puukerrostaloja toteutetaan. Tutkimuksessa vertaillaan viiden Suomen korkeimman ARA-tuetun puukerrostalon suunnittelu- ja toteutusprosessia sekä arkkitehtonisia ja rakenteellisia ominaisuuksia. Työn tavoitteena on tutkia, millaisia tekijöitä korkeiden puukerrostalohankkeiden taustalla on vaikuttanut ja mitkä ovat olleet keskeisiä ajureita hankkeiden käynnistymiselle ja toteutumiselle. Korkeaa puurakentamista tarkastellaan suhteessa matalaan teolliseen puurakentamiseen sekä muuhun korkeaan rakentamiseen, ja selvitetään, miten korkea puukerrostalorakentaminen eroaa muusta asuntorakentamisesta. Tämän pohjalta analysoidaan millaiseen tarpeeseen ARA-tuettu korkea puukerrostalorakentaminen vastaa ja millaisia reunaehdot ja mahdollisuuksia korkeiden puukerrostalojen rakentamiseen liittyy. Tutkimuksessa tarkastellaan myös erityisesti arkkitehdin ja arkkitehtuurin roolia korkeiden puukerrostalojen toteutuksessa.

Tutkimuksen tavoitteista on johdettu kolme päätutkimuskysymystä ja niihin liittyviä apututkimuskysymyksiä:

- 1. Millainen on korkeiden puukerrostalojen toteutusprosessi ja miten se eroaa muista korkean rakentamisen ratkaisuista?**
 - 1.1. Miten korkean asuinpuukerrostalon suunnittelu- ja toteutusprosessi etenee?
 - 1.2. Mikä ovat olleet keskeisiä ajureita ja esteitä korkeiden puukerrostalohankkeiden syntymiselle ja rakennusten toteutumiselle?
 - 1.3. Millainen rooli eri toimijoilla on korkeassa puukerrostalohankkeessa?
- 2. Mitä erityispiirteitä korkeiden puurakenteisten asuinrakennusten arkkitehtuuriin ja suunnitteluratkaisuihin liittyy?**
 - 2.1. Miten korkean puukerrostalon suunnittelu eroaa muusta asuntosuunnittelusta?
 - 2.2. Millaisia arkkitehtonisia ja rakenteellisia erityispiirteitä korkeissa puukerrostaloissa on?
 - 2.4. Miten arkkitehtisuunnittelu vaikuttaa muihin suunnitteluratkaisuihin korkeassa puukerrostalohankkeessa?
- 3. Mihin tarpeeseen korkea puukerrostalorakentaminen vastaa ja millaiset ovat korkean puukerrostalorakentamisen tulevaisuudennäkymät Suomessa?**
 - 3.1. Millainen näkemys hankkeiden keskeisillä toimijoilla on korkean puukerrostalorakentamisen nykytilasta ja tulevaisuudennäkymistä?
 - 3.2. Miten korkeaa puurakentamista tulisi kehittää?

1.3 - Tutkimuksen rajaus

Tutkimuksessa keskitytään tarkastelemaan erityisesti suomalaisia korkeita puukerrostaloja ja niitä tekijöitä, jotka vaikuttavat hankkeiden toteutukseen suomalaisessa kontekstissa. Joitakin ulkomailla toteutettuja puukerrostalohankkeita esitellään lyhyesti, mutta niiden toteutusprosessia ei analysoida tarkemmin. Myös suomalaisen puurakentamisen vientinäkökulma on rajattu tutkimuksen ulkopuolelle. Suomalaiset korkeat puukerrostalot tai niihin liittyvä suunnitteluosaaminen voivat olla tulevaisuudessa myös mahdollisia vientituotteita. Varsinkin korkean rakentamisen kysyntä on Suomessa vähäistä ja markkinoiden laajentaminen mahdollistaisi myös laajemman tuotekehityksen. Puurakentamisen viennin kehittämisen on kuitenkin nähty edellyttävän vakiintuneita markkinoita kotimaassa, joten tutkimuksessa on tarkasteltu korkeiden puukerrostalojen kehittymismahdollisuuksia Suomessa.

Tutkimuksessa keskitytään erityisesti puukerrostalohankkeiden toteutusprosessiin, hankkeiden taustalla vaikuttaneisiin tekijöihin ja kokonaisratkaisuihin. Tutkimuskohteena olevien rakennushankkeiden tekniset ratkaisut ja rakennejärjestelmät esitellään, ja niitä käsitellään siltä osin kuin ne vaikuttavat oleellisesti hankkeiden kokonaisuuteen. Tutkimuksen tavoitteena ei kuitenkaan ole yksittäisten rakennus- tai rakenneosien toiminnan tarkastelu.

Puurakentamisella on tällä hetkellä Suomessa vahva poliittinen tuki sekä valtakunnallisella että paikallisella tasolla. Yleisiä perusteluja puurakentamisen edistämiselle ovat tyypillisesti ekologisuus, rakentamisen hiilijalanjälki, metsäteollisuuden jalostusasteen nostaminen ja kansantaloudelliset hyödyt. Tutkimuksessa tarkastellaan, miten poliittiset ajurit ovat vaikuttaneet puukerrostalohankkeiden toteutumiseen, mutta ei käsitellä tarkemmin kuinka perusteltuja nämä tavoitteet ovat.

2.1 Tutkimuksen toteutus

Tutkimukseen liittyy sekä selittäviä että kuvailevia piirteitä. Kartoittavan osuuden tavoitteena on dokumentoida Suomen korkeimpien puukerrostalojen erityispiirteitä ja kuvailla niiden toteutusprosessia. Selittävässä osuudessa tutkimusongelmaa lähestytään haastattelututkimuksen kautta ja pyritään selvittämään korkeissa puukerrostalohankkeissa vaikuttaneita tekijöitä ja ilmiöitä. Tutkimuksessa kootaan ajankohtainen suomalaisten korkeiden puukerrostalojen toteutukseen liittyvä tutkimustieto sekä kerätään perustiedot tutkimuskohteina olevista puukerrostaloista. Kirjallisuuskatsaus keskittyy erityisesti suomalaiseen tutkimukseen, koska esimerkiksi rakentamismääräykset, ilmasto ja rakennusalan toimintatavat asettavat puukerrostaloille muista maista poikkeavia reunaehdot.

Kohteiden perustiedot ja suunnitteluaineisto hankitaan kohteiden toteuttajatahoilta. Lisäksi hyödynnetään kohteista julkisesti saatavilla olevaa materiaalia ja haastatellaan keskeisiä hankkeisiin osallistuneita toimijoita. Tutkimuksessa käytetty aineisto koostuu aiemmasta tutkimuksen aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta, case-kohteena olevien hankkeiden suunnitteluaineistosta sekä haastatteluilla kerätystä tiedosta. Niiden perusteella koostetaan kokonaiskuva korkeiden puukerrostalohankkeiden toteuttamiseen vaikuttavista tekijöistä ja erityispiirteistä.

Tutkimuskohteiden kartoitus

Tutkimuskohteena olevista rakennushankkeista selvitettiin seuraavat perustiedot siinä laajuudessa kuin ne olivat saatavilla:

- **sijainti, koko, tilatehokkuus, asuntojen määrä ja asuntojakauma, asumismuoto, tilaratkaisut ja runkoratkaisu**
- **hankintakäytännöt ja rakentamiskustannukset**
- **suunnitteluprosessin ominaispiirteet, prosessin ajurit ja esteet, toteutukseen vaikuttaneet kaupungin tai valtion politiikkatoimenpiteet.**

Perustiedot koostettiin pääasiassa hankkeiden projektipankeissa olevasta suunnitteluaineistosta. Tietoja täydennettiin lisäksi hankkeissa mukana olleiden toimijoiden haastatteluilla sekä mediassa ja aiemmissa tutkimuksissa julkaistuilla tiedoilla. Joistakin kohteista hankittiin myös julkista rakennuslupa-aineistoa. Näiden perusteella laadittiin luvussa 3 esitetty yhteenveto kohteiden toteutusprosessista ja suunnitteluratkaisuista.

Haastattelututkimus

Suunnittelu- ja toteutusprosessin etenemisestä ja suunnitteluratkaisuista koottiin tietoa puolistrukturoiduilla haastatteluilla, joihin osallistui hankkeiden toteutuksessa mukana olleita osapuolia. Haastattelupyynnöt lähetettiin kaikkien kohteiden rakennuttajille, pääsuunnittelijoille, rakennesuunnittelijoille, pääurakoitsijoille, puuosatoimittajille, kaavoitukselle sekä rakennusvalvonnalle. Kaikkiaan vastaukset saatiin 21 henkilöltä. Haastattelut toteutettiin puhelinhaastatteluina tai Teams-kokouksina, ja niiden kesto oli noin 1,5 tuntia. Haastattelun tuloksia on esitetty luvussa 4.

Haastattelukysymykset laadittiin tutkimusaiheesta tehdyn kirjallisuuskatsauksen perusteella. Aiemman tutkimuksen perusteella selvitettiin keskeisiä puukerrostalojen toteutukseen vaikuttaneita tekijöitä, joiden merkitystä korkeissa puukerrostalo-hankkeissa mitattiin haastattelujen avulla. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina haastatteluina, joissa vastaajat arvioivat oman näkemyksensä mukaan erilaisten tekijöiden merkitystä viisiportaisella Likert-asteikolla. Vastausdatasta koottiin kuvaajat, joiden perusteella hankkeita verrattiin keskenään. Lomakehaastattelun lisäksi vastaajia kehoitettiin kertomaan vapaamuotoisesti omia näkemyksiään ja antamaan perusteluja ja kehitysehdotuksia käsiteltävään aiheeseen liittyen. Avoimina vastauksina annetut kommentit ja kehitysehdotukset koottiin teemoittain ja niiden perusteella analysointiin keskeisimpiä korkeiden puukerrostalojen toteutukseen vaikuttaneita tekijöitä.

Tutkimuksen rakenne

Tutkimusraportti jakautuu kolmeen osaan. Tutkimuksen teoreettinen tausta muodostuu kirjallisuuskatsauksen perusteella. Aiemman tutkimuskirjallisuuden pohjalta on koottu yhteenveto korkeiden puukerrostalojen toteutukseen vaikuttavista tekijöistä. Lisäksi käsitellään yleisesti korkean rakentamisen erityispiirteitä. Tutkimuksen toisessa osassa esitellään yhteenvetona tutkimuskohteena olevien puukerrostalojen perustiedot ja kolmannessa osassa haastattelujen tulokset ja niiden analysointi.



TEOREETTINEN TAUSTA

2.1 Aiempia aiheeseen liittyviä tutkimuksia

Puurakentamisen tutkimus on lisääntynyt Suomessa muutamien viime vuosien aikana samalla kun teollinen puurakentaminen on vähitellen yleistynyt. Varsinkin suomalaisessa kontekstissa korkean puukerrostalorakentamisen erityispiirteitä ei ole kuitenkaan tutkittu kovinkaan laajasti vaan tutkimus on keskittynyt pääosin matalampaan puurakentamiseen. Aiemmissa suomalaisissa korkeaa puurakentamista käsittelevissä tutkimuksissa on tarkasteltu lähinnä yksittäisiä puukerrostalokohteita, eikä vertailevaa tutkimusta useiden hankkeiden välillä ole tehty.

Erityisesti korkeaan puukerrostalorakentamiseen liittyvää tutkimusta on tehty Suomessa varsinkin Karelia-ammattikorkeakoulussa Joensuussa. Tämä johtuu paljolti siitä, että tällä hetkellä Suomen ainoa yli 8-kerroksinen puukerrostalo on Joensuussa sijaitseva Lighthouse, jota on hyödynnetty laajasti myös tutkimuskohteenä. Tämän tutkimuksen kirjoitushetkellä on julkaistu useita opinnäytetöitä, jotka liittyvät Lighthousen rakennuttamisprosessiin¹, yleisesti puun käyttöön korkeassa rakentamisessa² sekä tarkemmin yksittäisiin teknisiin ja rakenteellisiin ratkaisuihin. Opinnäytetöiden lisäksi on julkaistu Lighthousea käsittelevä artikkelikokoelma Puu korkeassa kaupunkirakentamisessa³.

Helsingin yliopiston metsätieteen laitoksella toteutettiin vuosina 2016-2019 Käytäjälähtöisyys puurakentamisen bisnesekosysteemeissä (Käpy), jossa tutkittiin kuluttajien asumisvalintoja, puurakentamisen liiketoimintaekosysteemejä sekä kuntien virkamiesten näkemyksiä ja asenteita puukerrostalorakentamisesta. Myös VTT:n ja Aalto-yliopiston yhteistyönä toteutetussa LeanWOOD hankkeessa tarkasteltiin monipuolisesti erilaisia puukerrostalorakentamiseen liittyviä aiheita. Hankkeen tuloksia julkaistiin vuonna 2017 Puurakentaminen Euroopassa -julkaisussa⁴.

Puukerrostalorakentamisen yleiseen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä on tarkasteltu useissa suomalaisissa tutkimuksissa. Määttä ym. analysoivat vuonna 2016 julkaistussa tutkimuksessa suomalaisen lainsäädännön sääntelykapeikkoja, jotka hidastavat puurakentamisen yleistymistä. Tutkimuksessa käsiteltiin varsin kattavasti erilaisia rakentamisen ohjauskeinoja ja johtopäätöksenä todettiin, sääntelykapeikkojen sijaan keskeisimmät puurakentamisen esteet liittyvät osaamiseen ja rakennusalan asenteisiin⁵.

Elias Hurmekosken vuonna 2016 julkaistussa väitöskirjassa tarkasteltiin puukerrostalorakentamisen markkinapotentiaalia Euroopassa vuoteen 2030 asti. Tutkimuksessa havaittiin, että rakentamissektorilla vallitsevat muutospaineet

1 Repo ja Luttinen 2019
2 Ikonen ja Moilanen 2019
3 Mertanen 2019
4 Nykänen ym. 2017
5 Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 3

liittyvät pääosin negatiivisten ympäristövaikutusten vähentämiseen sekä rakentamisen laadun ja tehokkuuden parantamiseen, ja vaikka puurakentamisella voidaan vastata näihin tarpeisiin, ei se ole tuonut puurakentamiselle juurikaan kilpailuetua tai vaikuttanut puurakentamisen yleistymiseen. Puurakentamisen yleistymistä haittaavina tekijöinä pidettiin rakennusteollisuuden hajanaista rakennetta ja riskejä välttävää toimintakulttuuria sekä haluttomuutta maksaa rakentamismääräyksiä ylittävistä ominaisuuksista. Tutkimuksessa todettiin puurakentamisen kehityksen olevan hyvin sidoksissa julkisen sektorin toimiin ja velvoittavaa lainsäädäntöä pidettiin ratkaisevana ajurina puurakentamisen yleistymiselle. Euroopassa puurakentamisen nähtiin potentiaalisesti yleistyvän lähinnä Pohjoismaissa ja niissä osissa Keski-Eurooppaa, joissa on yhteiskunnallinen intressi kotimaisten metsävarojen jalostusarvon nostamiseen. Suomen osalta arvioitiin, että puuelementtitoimittajien markkinaosuuden kasvaminen riippuu paljon puurakentamisen arvoketjun muutoksesta. Toisaalta todettiin, että puuosatoimittajat haluavan pysyä rakennusosa- ja elementtitoimittajina sen sijaan, että nämä laajentaisivat toimintaansa myös suunnitteluun tai urakointiin. Hurmekosken mukaan todennäköisimpiä keinoja edistää puukerrostalohankkeiden toteutumista, olisi vähentää mahdollisten toteuttajien kokemia puurakentamiseen liittyviä riskejä ja laskea puurakentamisen hintaa kehittämällä jo olemassa olevia prosesseja.⁶

Vesa Ijäsken vuonna 2013 julkaistussa väitöskirjassa analysoitiin suomalaisten puukerrostalojen toteuttamiseen liittyviä esteitä ja mahdollisuuksia. Keskeisiksi esteiksi todettiin koerakentamislousteesta johtuvat takuu- ja vastuuriskit, KVR-urakkamuoto, viranomaistoiminnan ennakoimattomuus ja määräysten tulkinnan vaihtelu, puurakenteiden tekniset ominaisuudet, sidosryhmien negatiivinen asenne puukerrostaloja kohtaan, puukerrostalohankkeen toteuttamiseen pystyvien rakennusliikkeiden vähäinen määrä ja alueelliseen toimintaan keskittyminen, puurakentamisen osaamisvajeet, puurakennejärjestelmien heikko tuntemus, rakennushankkeeseen ryhtyvien projektinjohtokyky ja puukerrostaloille sopivien tonttien puute kaava-alueilla.⁷

Myös Maria Rialan ja Lauri Ilolan vuonna 2014 toteuttamassa haastattelututkimuksessa kartoitettiin puukerrostalorakentamisen esteitä ja mahdollisuuksia. Tutkimuksessa käsiteltiin erityisesti puurakentamisen kustannustehokkuuden kehitystä ja kuluttajien roolia. Merkittävimmäksi puurakentamisen kustannustehokkuutta haittaavaksi tekijäksi nousi puumateriaalin hinta. Muita puurakentamisen kilpailukyvyn kehitykseen liittyviä tekijöitä olivat esivalmistuksen ja liitososien kehittyminen, väljemmät rakentamismääräykset sekä suunnitteluosaamisen paraneminen. Kuluttajien mielipiteiden todettiin liittyvän lähinnä asunnon pintamateriaaleihin, mutta ei niinkään runkomateriaaliin. Myöskään ympäristöystävällisyydestä ei oltu valmiita maksamaan ylimääräistä hintaa.⁸

6 Hurmekoski 2016

7 Ijäs 2013

8 Riala ja Ilola 2014, 367-377

Tommi Palokangas, Florencia Franzini ja Juuso Pihamaa ovat tutkineet Pro Gradu -töissään kunnallisen päätöksenteon vaikutusta puurakentamiseen. Palokankaan työssä keskityttiin erityisesti koulu- ja päiväkotirakentamiseen, mutta tulokset kuvaavat yleisesti kuntien edustajien näkemyksiä puurakentamisesta ja sen edistämisestä, joten samojen tekijöiden voi ajatella ainakin jossain määrin vaikuttavan myös kuntien asuntotuotantoon. Kunnissa on tutkimuksen mukaan pääosin myönteinen asenne puurakentamiseen. Puurakentamisen motiiveina pidettiin esimerkiksi kuntien ilmastotavoitteiden tukemista, biotalouden laajentumista ja asumisen monipuolisuutta. Lisäksi puurakentaminen koettiin mahdollisuutena tukea Suomen taloutta ja paikallista elinkeinoa. Keskeisenä johtopäätöksenä todettiin, että tiedot puurakentamisesta ovat kuntapäätäjien keskuudessa riittämättömät, ja että puurakentamisen yleistyminen edellyttää objektiivisen faktatiedon tuottamista päätöksentekijöille. Erityisesti tietoa kaivattiin puurakentamisen kustannuksista, teknisestä toteutuksesta ja rakennusprosessista yleisesti. Johtopäätöksenä todettiin myös, että parhaan mahdollisen lopputuloksen puurakentamishankkeissa takaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa aloitettu suunnittelijoiden, käyttäjien ja viranomaisten välinen yhteistyö.⁹

Franzinin Käpy-hankkeeseen kuuluneessa työssä selvitettiin haastattelututkimuksella millaisia asenteita kaavoittajilla ja kuntien virkamiehillä on puukerrostalorakentamiseen. Puurakentamisen positiivisina puolina pidettiin insinööripuutuotteiden hyviä ominaisuuksia. Puurakentamisen koettiin myös parantavan asukkaiden elämänlaatua ja edistävän paikallista ja valtakunnallista taloutta. Toisaalta puurakentamista pidettiin kalliina ja rakentamisprosesseja riskialttiina, minkä koettiin johtuvan erityisesti tiedon puutteesta.¹⁰

Aleksi Aaltonen selvitti Pro Gradu -työssään asuinkerrostalorakentamisen liiketoimintaa tuottavuuden, ympäristösäädösten ja tulevaisuuden trendien näkökulmasta. Tutkimuksessa haastateltiin rakennusliikkeiden päättävässä asemassa olevia henkilöitä, jotka vastasivat hankinnoista ja hankekehityksestä, mutta eivät olleet osallistuneet puukerrostalohankkeeseen. Tutkimuksessa tuotiin esiin, että standardiratkaisujen ja toistoista kertyvän osaamisen hyödyntäminen on vaikeaa, mikä johtuu esimerkiksi kaavamääräyksistä, jotka tekevät jokaisesta rakennuksesta yksilöllisen ja haittaavat sarjatuotantoa. Tuottavuutta lisäävinä tekijöinä nostettiin esiin suunnitelmien yksinkertaistaminen, resurssitehokkuus ja korkean rakentamisen mahdollistaminen erityisesti pääkaupunkiseudulla. Asuntorakentamisen tulevaisuuden trendeistä haastatteluissa nousi useimmin esiin esivalmistuksen kehittyminen, tarve tietomallinnuksen kehittämiseksi ja mahdollinen älykkäiden materiaalien kehitys. Haastatellut rakennusliikkeiden edustajat eivät pääosin vastustaneet puurakentamista, mutta korostivat että teollisia puutuot-

9 Palokangas 2019
10 Franzini 2018

teita tulisi kehittää pidemmälle. Johtopäätöksenä tutkimuksessa todettiin, että kerrostalorakentamisessa todennäköisin mahdollisuus puurakentamisen lisääntymiselle on hybridirakentamisessa. Tutkimuksessa päädyttiin myös johtopäätöksen, että ilman merkittävää markkinahäiriötä tai julkista ohjausta rakentamisen prosesseissa tai tuotteissa on odotettavissa ainoastaan pieniä muutoksia.¹¹

Annie Gosselin et al. suorittivat vuonna 2017 meta-analyysin 53 artikkelista, joissa käsiteltiin puun käyttöä monikerroksisessa asuinrakentamisessa Euroopassa ja Pohjois-Amerikassa. Tutkimuksessa tunnistettiin seitsemän puurakentamiseen kohdistuvaa estettä, joita olivat rakentamismääräykset, asiantuntemuksen puute, puurakentamisen kustannukset, skeptisyys puumateriaalin pitkäaikaiskestävyyttä kohtaan, puurakentamisen tekniset haasteet, rakennusalan toimintakulttuuri sekä materiaalin saatavuus.¹²

Puukerrostalojen rakentamista ja rakenteellisia erityispiirteitä on käsitelty esimerkiksi Markku Karjalaisen väitöskirjassa¹³ ja useissa diplomitoissa. Karjalaisen väitöskirja on kattava tutkimus, jossa selvitettiin suomalaisen puukerrostalorakentamisen tilaa ja toteutustapoja 2000-luvun alussa. Elmeri Kryssin rakennetekniikan alan diplomityö vuodelta 2013 käsittelee myös kattavasti puukerrostalojen rakenneteknisiä piirteitä¹⁴. Lauri Tuohimaan diplomityö vuodelta 2018¹⁵ tarkastelee erityisesti puurakennejärjestelmien eroja ja piirteitä. Senni Sorri on laatinut vuonna 2017 kattavan suunnitteluohjeistuksen, jossa käsitellään tilaelementtirakentamista erityisesti arkkitehtisuunnittelun näkökulmasta¹⁶. Puukerrostalojen rakenteellisia erityispiirteitä on esitelty tarkemmin tämän tutkimuksen luvussa 2.3.

Puukerrostalojen asukastyytyväisyyttä ja kuluttajien näkemyksiä puukerrostaloihin on tutkittu Markku Karjalaisen vuonna 2017 tekemässä selvityksessä¹⁷ sekä Jaakko Heinosen vuonna 2018 julkaistussa diplomityössä¹⁸. Karjalaisen tutkimuksessa haastateltiin yhdeksän suomalaisen puukerrostalokohteen asukkaita. Heinosen tutkimuksessa puolestaan haastateltiin puukerrostalojen hankinnasta kiinnostuneita henkilöitä ja pyrittiin selvittämään puukerrostaloasunnon hankintapäätökseen vaikuttavia tekijöitä.

Seuraavissa luvuissa esitellään yhteenvetona kirjallisuuskatsauksen keskeisiä havaintoja.

-
- | | |
|----|---------------------------|
| 11 | Aaltonen 2019 |
| 12 | Gosselin ym 2017, 557-558 |
| 13 | Karjalainen 2002 |
| 14 | Kryssi 2013 |
| 15 | Tuohimaa 2018 |
| 16 | Sorri 2017 |
| 17 | Karjalainen 2017 |
| 18 | Heinonen 2018 |

2.2 Puukerrostalorakentamisen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä

Tutkimuskirjallisuudessa esiintyviä keskeisiä puukerrostalorakentamisen yleistymiseen negatiivisesti vaikuttavia tekijöitä ovat puurakentamisen korkea hinta, rakentamismääräykset, kaavoituksen asettamat rajoitteet, tiedon ja osaamisen puute, puurakentamisen tekniset haasteet sekä rakennusalan asenteet. Puukerrostalojen mahdollisuuksina nähdään erityisesti rakentamisen nopeus ja teollinen tuotanto, vahva poliittinen tuki puurakentamiselle sekä kuluttajien myönteinen suhtautuminen puukerrostaloihin. Oleellisina puukerrostalojen toteutukseen vaikuttavina tekijänä nousevat esiin myös hankesuunnittelun, kilpailutuksen ja urakkamuodon merkitys sekä yhteistyö hankkeen suunnittelijoiden kesken.

Monessa tutkimuksessa rakennusalan muutoksia vastustava toimintatapa ja konservatiivinen arvomaailma nostetaan yhdeksi vaikuttavimmaksi puurakentamisen yleistymistä hidastavaksi tekijäksi. Esimerkiksi Hurmekosken mukaan nykyinen teollinen puurakentaminen vaikuttaa teknisiltä ja taloudellisilta ominaisuuksiltaan kilpailukykyiseltä betonirakentamisen kanssa, mutta rakennusalan riskejä välttävä toimintakulttuuri hidastaa sen yleistymistä¹⁹. Toistaiseksi puurakentamisen koetuilla riskeillä vaikuttaisi olevan suurempi painoarvo kuin sen potentiaalisilla kilpailueduilla²⁰. Määttä ym. tuovat esiin niin sanotun status quo -harhan, jonka mukaan ihmiset käyttäytyvät totuttujen mallien mukaan, mikäli uusi vaihtoehto ei ole merkittävästi aiempaa parempi. Tällä perusteella ajatellaan, että vaikka puurakentamisen kustannuskilpailukyky saataisiin betonirakentamisen tasolle, se ei välttämättä riitä puurakentamisen yleistymiseen. Näin ollen puun käytön lisääminen kerrostalorakentamisessa todennäköisesti edellyttää myös muuta tukea puurakentamiselle.²¹

Tutkimuksissa tuodaan usein esiin, että puukerrostaloa ei voi toteuttaa betonirakentamisesta tutuilla toimintamalleilla. Ensinnäkin erilaiset puurakennejärjestelmät tekevät puukerrostalohankkeen kilpailuttamisesta haastavaa. Nykäsen ym. mukaan kokonaisurakan tai jaetun urakan käyttö ei ole tehokasta puurakennushankkeessa rakennejärjestelmien vakiintumattomuuden vuoksi. Tilaajan palkkaamalla suunnittelijalla ei voi olla riittävää kustannus- ja rakennettavuustietoutta eri rakennejärjestelmien optimiratkaisut huomioivaan tarjouslaskenta-aineiston tuottamiseen. Tämän myötä tutkimuksessa korostetaan, että rakennejärjestelmien toimittajat tulisi ottaa mukaan suunnitteluun mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, ja toteuttaa hanke esimerkiksi KVR-urakkana tai allianssihankeena²². Pääosa Suomessa toteutuneista puukerrostalohankkeista onkin toteutettu juuri KVR-urakalla ja neuvottelumenettelyllä. Ijäs esittää väitöskirjassaan kuitenkin näkemyksen, jonka mukaan KVR-urakka rajoittaa puukerrostalohankkeeseen kyke-

19 Hurmekoski 2016, 39

20 Hurmekoski ja Korhonen 2017, 4

21 Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 32-35

22 Nykänen ym. 2017, 77-78

nevien rakennusliikkeiden määrää ja hidastaa näin puurakentamisen yleistymistä. Tämä johtuu siitä, ettei pienemmillä rakennusliikkeillä ole resursseja ja osaamista puukerrostalohankkeiden suunnitteluun ja projektinjohtoon. KVR-urakassa myös kaikki suunnitteluun liittyvät riskit ovat rakennusliikkeen vastuulla, mikä osaltaan vähentää rakennusliikkeiden kiinnostusta puukerrostalohankkeita kohtaan. Eräänä ratkaisuna esitetään allianssimallia, jossa hankkeen osapuolet muodostavat yhteisen organisaation, joka vastaa hankkeen suunnittelusta ja toteutuksesta sekä jakaa hankkeen riskit.²³ Puurakentamisen tehdasmaisen tuotannon nähdään luovan mahdollisuuksia myös pienille puuelementtejä tuottaville yrityksille, sillä erityisesti tilaelementtirakentamisessa pienellä henkilöstöllä ja olemassa olevilla tuotantotiloilla voidaan saada aikaan suuri tuotantovolyymi²⁴. Toisaalta Hurmekoski ja Korhonen tuovat esiin, että pienet puuosayhtiöt eivät ole suurille rakennusliikkeille riittävän uskottavia kumppaneita liiketoiminnan ja projektien kehittämiseen.

Puurakentamisen korkea hinta liittyy moneen osatekijään. Ensinnäkin puu on rakennusmateriaalina betonia arvokkaampaa ja kuutiometri massiivipuuta maksaa tällä hetkellä hankkeesta riippuen ainakin noin kaksinkertaisesti betoniin nähden. Esimerkiksi Rovaniemelle rakennetun DAS Kelon luonnossuunnitteluvaiheessa tehtiin kustannusvertailu puu- ja betonirungon välillä ja CLT-runko osoitautui noin 56 prosenttia betonirunkoa kalliimmaksi. Runkomateriaalista aiheutuvien kustannusten lisäksi puurakentamisessa aiheutuu lisäkuluja esimerkiksi työmaan sääsuojauksesta, pakollisesta sprinklerijärjestelmästä ja rakenteiden palosuojauksesta.²⁵

Rakentamiskustannusten ohella puukerrostalojen toteuttamiseen liittyy koettuja kustannusriskejä, jotka vaikuttavat negatiivisesti puukerrostalojen toteutumiseen. Ijäksi tutkimuksen perusteella rakennuttajat kokevat suurimpien kustannusriskien liittyvän teknisten asioiden hallintaan projektinjohtamisessa, virheiden riskiin rakennesuunnittelussa, kosteudenhallintaan rakentamisessa, rakennuksen koko elinkaaren aikaisiin huoltokustannuksiin sekä palo- ja vesivahinkojen riskeihin.²⁶

Puukerrostalon ylläpitokustannuksia pidetään betonitaloa korkeampina varsinkin, jos rakennuksen julkisivu tehdään puusta. Julkisivun korkeampi hinta liittyy erityisesti tiheämpään huoltotarpeeseen, mutta toisaalta puujulkisivun korjaaminen on betoniin verrattuna helpompaa. DAS Kelon suunnitteluvaiheessa tehtiin myös ylläpitokustannuslaskelma, jossa verrattiin maalattua betonielementtijulkisivua, sekä puu- ja tiiliverhousta. Rakennuksen arvioidut kunnossapitokustan-

23 Esim. Hurmekoski 2016, 28-29 Ijäs 2013, 83,98,205

24 Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 27

25 Prodeco Oy 2017a

26 Ijäs 2013, 183

nukset olivat tiiliverhottuna 6,6 €/brm²/vuosi, betonirakenteisena 7,1 €/brm²/vuosi ja puuverhottuna 7,6 €/brm²/vuosi, jolloin halvimman ja kalleimman vaihtoehdon kunnossapitokustannusten ero olisi tässä tapauksessa noin 4000 euroa vuodessa.²⁷

Rakentamis- ja ylläpitokustannusten ohella puukerrostalon suunnittelu vaatii tällä hetkellä huomattavasti enemmän suunnittelutyötä betonirakentamiseen verrattuna, mikä luonnollisesti lisää rakennushankkeen suunnittelukustannuksia. Esimerkiksi Tuohimaan tutkimuksessa eräs haastateltava arvioi suunnittelutyön lisäävän puukerrostalon hintaa noin 100€/asm²²⁸. Suurempi työmäärä liittyy erityisesti rakennesuunnitteluun, joka korostuu puukerrostaloissa paloturvallisuuteen, kosteudenhallintaan ja äänieristykseen liittyvien seikkojen vuoksi²⁹. Varsinkin puukerrostalojen välipohjia on pidetty ääniteknisesti haastavina ja kustannuksia lisäävänä yksityiskohtana³⁰.

Keskeisenä syynä puukerrostalorakentamisen korkeaan hintaan on pidetty myös vähäistä kokemusta puukerrostalojen toteutuksesta, mikä johtaa betonirakentamista tehottomampiin prosesseihin sekä suunnittelussa että koko rakennushankkeen arvoketjussa³¹. Tämän perusteella puurakentaminen voisi mahdollisesti saavuttaa betonirakentamisen kustannuskilpailukyvn, jos puukerrostalojen kysyntä on riittävää ja tuotteet ja prosessit pääsevät kokemuksen myötä muodostumaan riittävän tehokkaiksi. Puurakentamisella ei ole sellaisia pysyviä ominaisuuksia, jotka tekisivät siitä merkittävästi betonirakentamista kalliimpaa. Ainoastaan rakentamismääräyksistä johtuva sprinklerivaatimus on selkeä ylimääräinen lisäkustannus betonirakentamiseen nähden. Kokemuksen tuoma osaaminen ja puukerrostalotuotannon tehostuminen onkin useassa tutkimuksessa tuotu esiin oleellisena puurakentamisen yleistymistä edesauttavana tekijänä. Erityisesti tähän liittyen on tuotu esiin, että korkeuden maksimoinnin sijaan puurakentamisessa tulisi keskittyä edullisten perusratkaisujen kehittämiseen ja ratkaisujen vakiinnuttamiseen.³²

Yleisesti teollisen puurakentamisen hyvinä puolina ja positiivisina kilpailukykytekijöinä pidetään nopeaa ja kuivaa rakentamista, tehdasmaista valmistusta, puun keveyttä, puurakentamisen ekologista imagoa ja kuluttajien positiivista suhtautumista puurakentamiseen. Tutkimuskirjallisuuden perusteella puurakentamisen oleellisimmaksi kilpailukykytekijäksi nousee teollisen esivalmistuksen mahdollistama rakentamisen nopeus, mikä laskee työmaan yleiskustannuksia ja saa asunnot tuottamaan nopeammin. Rakentamiskustannusten ohella nopeus, hiljaisuus ja siisteys voivat olla puurakentamisen etu paikoissa, joissa työmaan aiheuttama häiriö ympäristölle tulee minimoida, kuten tiiviillä kaupunkialueilla.³³

Rakennusteknisiin ominaisuuksiin liittyvien mahdollisuuksien ohella puurakentamisen vahvuutena voidaan tällä hetkellä pitää voimakasta poliittista tukea. Nykyisen hallitusohjelman tavoitteena on kaksinkertaistaa puun käyttö rakentamisessa hallituskauden aikana. Hallitusohjelmassa mainitaan myös palomääräysten kehit-

27 Prodeco Oy 2017b
28 Tuohimaa 2018, 81
29 Ijäs 2013, 180
30 Esim. Riala ja Ilola 2014, 372
31 Riala ja Ilola 2014, 372
32 Esim. Hurmekoski 2016; 39 Haapio 2013, 24-25
33 Esim. Nykänen ym. 2017, 27-28, 31-32

täminen niin, että puurakentamisen kaksinkertaisen palosuouksen tarve vähenee.³⁴ Konkreettisina toimina puurakentamisen toimenpideohjelmaa on jatkettu vuoden 2022 loppuun asti ja MAL-sopimusten alueilla puurakenteisten ARA-kohdeiden käynnistysavustusta on nostettu 20 prosenttia³⁵. Myös kuntapäättäjien ja virkamiesten keskuudessa suhtautuminen puurakentamiseen on aiempien tutkimusten perusteella pääosin myönteistä³⁶.

Määttä ym. tutkimuksessa tuotiin esiin, että puurakentamishankkeiden toteutuminen on toistaiseksi edellyttänyt kunnan osalta jonkinlaista velvoitetta tai etukäteismäärittelyä³⁷. Myös Hurmekoski toteaa, että ainoastaan velvoittava lainsäädäntö saattaa lyhyellä aikavälillä vaikuttaa merkittävästi puurakentamisen yleistymiseen³⁸. Kuntien vaikutusmahdollisuudet puurakentamisen edistämiseen liittyvät erityisesti asemakaavoitukseen, maankäyttösopimuksiin ja tontinluovutusehtoihin, joissa voidaan määrätä puurakentamisesta. Osittain puurakentamiseen voidaan vaikuttaa myös julkisilla hankinnoilla. Myös kunnissa oltiin sitä mieltä, että pitkällä aikavälillä puurakentamista tukeva sääntely tai taloudellinen tukeminen ei ole suotava ratkaisu, vaan puurakentamisen on oltava rakennuttajalle kilpailukykyinen vaihtoehto myös ilman julkista tukea³⁹. Vaikka kuntien toiminnan on todettu olevan merkittävä puurakentamisen ajuri, on virkamiestoiminnan epäjohtonmukaisuuden nähty myös haittaavan puurakentamisen yleistymistä. Rakentamismääräysten tulkinta vaihtelee kunnittain tai jopa henkilöittäin, mikä osaltaan tekee hankkeiden kulusta vaikeasti ennakoitavaa.⁴⁰

Kuluttajien suhtautuminen puukerrostaloihin on pääosin myönteistä. Heinosen tutkimuksessa suuri osa vastaajista koki, että puun käyttö erityisesti rakennuksen sisäpinnoissa vaikuttaisi myönteisesti asunnon ostopäätökseen. Myös puu runkomateriaalina oli useimpien vastaajien mielestä positiivisesti ostopäätökseen vaikuttava tekijä. Toisaalta vaikka puurakentamiseen suhtauduttiin myönteisesti, pääosa vastaajista valitsisi kuitenkin ominaisuuksiltaan vastaavan, mutta edullisemman betonitalon. Kuitenkin noin 25 prosenttia vastaajista oli valmis maksamaan korkeamman hinnan puukerrostaloasunnosta. Huomattavasti puurakentamista enemmän ostopäätöksen vaikuttavia asioita ovat asunnon sijainti ja sopivuus omaan elämäntilanteeseen.⁴¹

Myös Markku Karjalaisen vuonna 2017 toteuttaman puukerrostalojen asukaskyselyn tulokset olivat samansuuntaisia. Merkittävimpiä asunnon valintaan vaikuttaneita tekijöitä olivat sijainti, hyvä saatavuus, sopiva hinta ja asuntopohjan toimivuus. Noin puolet vastaajista arvioi puun käytön vaikuttaneen merkittävästi tai erittäin merkittävästi asunnon valintaan. Yli 83 prosenttia vastaajista arvioi puukerrostalon arkkitehtuuriltaan ja yleisilmeeltään erittäin hyväksi tai hyväksi. Ensisijaisesti puuta toivottiin käytettävän asunnon lattioissa, parvekkeissa ja julkisivuissa.⁴²

34 Valtioneuvosto 2019, 44

35 Ara.fi 2020

36 Pihamaa 2014, 69-70; Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 83

37 Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 84

38 Hurmekoski 2016, 84

39 Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 83-84

40 Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 49-50

41 Heinonen 2018, 34-38, 44

42 Karjalainen 2017, 11-15

Useassa tutkimuksessa on nostettu esiin varsin negatiivinen näkemys yksittäisen rakennusmateriaalin suosimisesta poliittisilla ratkaisuilla. Joidenkin näkemysten mukaan puurakentamisen kilpailukyvyn edistäminen taloudellisella tuella tai esimerkiksi kaavoituksella heikentää puurakentamisen omista lähtökohdista syntyvää uskottavuutta. Sen sijaan sääntelyn tulisi olla joustavaa ja mahdollistaa mahdollisimman monipuolisten ratkaisujen toteuttaminen.⁴³ Toisaalta on pidetty myös uhkana, mikäli puurakentamisen poliittinen tuki loppuu ennen kuin riittävästi kohteita on valmistunut, ja puurakentaminen on saavuttanut riittävän vakiintuneen aseman.⁴⁴

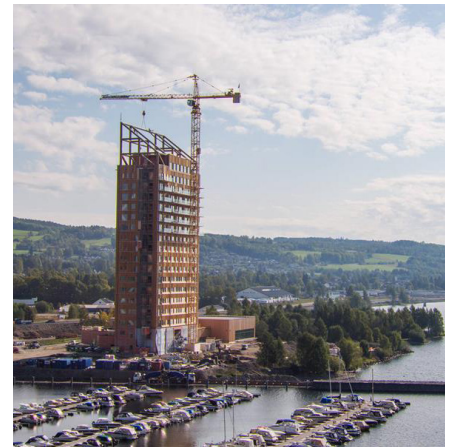
43 Määttä, Hietala ja Jutila 2016, 79; Hurmekoski 2016, 30
44 Nykänen ym. 2017, 33

2.3 Puukerrostalojen rakenteellisia erityispiirteitä

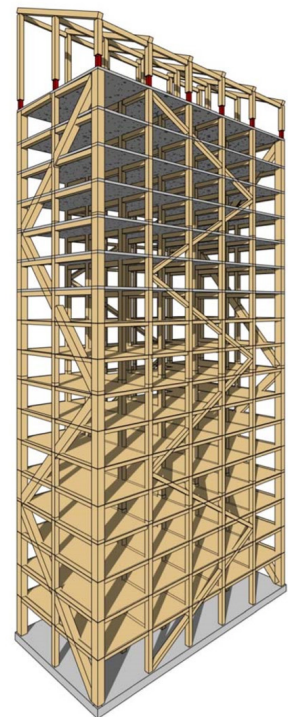
Puukerrostaloja toteutetaan Suomessa tällä hetkellä pääosin kolmella erilaisella rakennejärjestelmällä, joita ovat tilaelementtijärjestelmä, kantava suurelementtijärjestelmä ja pilari-palkki -järjestelmä. Tässä tutkimuksessa tarkastellut kohteet sekä muut Suomen korkeimmat puukerrostalot on toteutettu joko suurelementti- tai tilaelementtiratkaisulla. Puisia pilari-palkki-rakenteita on pidetty Suomessa kilpailukykyisenä rakennejärjestelmänä lähinnä matalammissa enintään 5-kerroksisissa puukerrostaloissa¹. Valittu rakennejärjestelmä vaikuttaa rakennuksen arkkitehtisuunnitteluun erityisesti kantavien linjojen sijainnin ja välipohjien mahdollisten jännevälien kautta². Betonirakentamiseen verrattuna puukerrostalojen välipohjien enimmäisjännevälit ovat tyypillisesti jonkin verran lyhyempiä ja rakentamistavasta riippuen puuvälipohjilla voidaan saavuttaa kustannustehokkaasti noin 4-7 metrin jännevälejä. Myös huoneistojen väliset kantavat ja osastoivat seinärakenteet ovat yleensä betonirakenteita paksumpia, mikä johtuu erityisesti palo- ja äänieristysvaatimuksista³.

Edellä mainittujen rakennejärjestelmien lisäksi on mahdollista käyttää erilaisia rakennejärjestelmien yhdistelmiä tai puu-betoni hybridirakenteita. Esimerkiksi vuonna 2015 valmistunut Norjan Bergenissä sijaitseva 14-kerroksinen Treet -puukerrostalo muodostuu liimapuurungosta ja tilaelementeistä. Rakennuksen kantavana ja jäykistävänä rakenteena on siltarakennetta muistuttava liimapuuristikko sekä kaksi betonirakenteista välipohjaa viidennessä ja kymmenennessä kerroksessa. CLT-tilaelementit ovat betonivälipohjien päällä muusta kantavasta rungosta erillisinä neljän kerroksen kokonaisuuksina, jotka eivät osallistu rungon kokonaisjäykistykseen.⁴ Myös Joensuun Lighthouse-hankkeen kilpailutusvaiheessa tarkasteltiin eräänä vaihtoehtona samantapaista tilaelementtiratkaisua erillisellä kantavalla rungolla. Hankkeeseen valikoitui kuitenkin suurelementtijärjestelmä, joka oli kyseisessä kohteessa noin 25 prosenttia edullisempi.⁵

Tällä hetkellä maailman korkeimmat puukerrostalot ovat Norjan Brumunddalissa sijaitseva 18-kerroksinen Mjøstårnet ja Wienissä sijaitseva 24-kerroksinen HoHo eli Holzhochhaus. Mjøstårnetin



Kuva 6 Mjøstårnet



Kuva 7 Mjøstårnetin runkorakenne

- 1 Puuinfo a
- 2 Puuinfo b
- 3 Puuinfo c
- 4 Malo, Abrahamsen, ja Bjertnæs 2016, 1
- 5 H5



Kuva 8 Treet, Bergen



Kuva 9 Treet työmaavaiheessa

kantava rakennejärjestelmä on samankaltainen massiivinen pilari-palkki liimapuuristikko kuin Bergenin Treetissä, mutta asuntoja ei ole toteutettu tilaelementeillä vaan esivalmistetuilla seinä- ja lattiaelementeillä. Osastoivat väliseinät on toteutettu CLT-rakenteisina ja julkisivut liimapuurunkoon kiinnitettyinä sandwich-elementteinä. Seinärakenteet eivät osallistu rakennuksen jäykistämiseen. Hissikuilut ja porrashuoneet on toteutettu CLT-rakenteisena. Välipohjat ovat kymmenenteen kerrokseen asti LVL-liimapuuelementtejä ja ylemmissä kerroksissa betonielementtejä vaakakuormien aiheuttaman huojunnan kumoamiseksi. Kantavien rakenteiden palosuojauksessa on voitu hyödyntää puun hiiltymisominaisuutta, jolloin liimapuurakenteet on voitu jättää näkyviin rakennuksen sisäpuolelle. CLT-seinäpinnat ovat osittain näkyvissä, mutta porrashuoneet on palosuojattu kipsilevyllä.⁶

HoHo Wien on toteutettu hybridirakennuksena. Rakennuksen keskellä on betoni-rakenteinen jäykistävä porrashuone, jota ympäröivät tilat on toteutettu kantavilla CLT-seinillä. Välipohjat puu-betoni-liittorakenteita, jotka tukeutuvat betoniseen porrashuoneeseen ja rakennuksen ulkoseiniin. Kaikkiaan rakennuksesta noin 75 prosenttia on puuta.⁷

Puurakenteiden liitoksissa käytetään yleensä teräksisiä kiinnitysosia tai ruuvi-kiinnitystä. Kiinnitystapaan vaikuttaa käytetty erityisesti käytetty rakennejärjestelmä ja se onko ääneneristys toteutettu puuelementtien välisillä tärinäkatoilla vai huoneistojen sisäpuolisilla eristeillä. Tässä tutkimuksessa tarkastelluissa puukerrostaloissa on käytetty monipuolisesti erilaisia rakenne- ja liitosratkaisuja, joita on esitelty tarkemmin luvussa 3.4. Muita mahdollisia liitosratkaisuja ovat esimerkiksi Lontoossa sijaitsevassa 10-kerroksisessa Dalston Lane -puukerrostalossa käytetty teräksinen kulmaliitos, jossa CLT-rakenteisen välipohjan ylä- ja alapuoliset liitososat on kytketty toisiinsa välipohjan läpi⁸. Ratkaisulla siirretään rakennukseen kohdistuvaa nostetta alemmille seinille. Lontoossa sijaitsevassa 8-kerroksisessa Bridport housessa CLT-suurelementteissä on puolestaan käytetty kampaliitosta, joka vähentää välipohjalaattaan kohdistuvaa puristusta⁹.

6 Abrahamsen 2017, 4-8

7 hoho-wien.at

8 building.co.uk

9 Ikonen ja Viljakainen 2019, 24



Seuraavissa luvuissa esitellään tarkemmin Suomessa korkeaan puukerrostalorakentamiseen käytettyjä rakennejärjestelmiä.

Tilaelementit

Tilaelementtirakentamisessa rakennus kootaan tehtaassa esivalmistetuista moduuleista, jotka kerrostalorakentamisessa muodostavat joko yksittäisiä huoneistoja tai huoneiston osia. Tilaelementit liitetään toisiinsa työmaalla esimerkiksi teräskiinnikkeillä ja ne muodostavat yleensä sellaisenaan rakennuksen kantavan ja jäykistävän rungon. Suomessa suurin osa tilaelementtirakentamisesta toteutetaan tällä hetkellä massiivipuuisilla CLT-rakenteisilla tilaelementeillä, mutta elementtejä voidaan toteuttaa myös rankarakenteisena. Rankarakenteisia tilaelementtejä kehittää esimerkiksi ruotsalainen Lindbäcks Bygg AB, jonka konseptilla on toistaiseksi valmistunut Suomeen yksi 4-kerroksinen puukerrostalo vuonna 2019.

Massiivipuuisessa tilaelementissä tyypillisesti ainakin seinät ja usein myös katto muodostuvat CLT-levyistä. Myös tilaelementin lattia, eli kantava välipohjarakenne voidaan toteuttaa CLT-levyllä, mutta viime aikoina palkkivälipohja on ollut yleisempi ratkaisu erityisesti paremman ääneneristävyyden vuoksi¹⁰. Tilaelementtirakentamisessa huoneistojen väliset seinät ja välipohjat muodostuvat kahdesta vierekkäisestä tai päällekkäisestä tilaelementistä, mikä mahdollistaa sen, että puupinta voidaan joissain tapauksissa jättää näkyviin asuntojen sisäpuolelle, jos äänieristys toteutetaan kaksoisrakenteen välissä. CLT-massiivipuulevy toimii seinissä samanaikaisesti kantavana ja jäykistävänä rakenteena, mutta tilaelementtien asennustavan vuoksi ainoastaan toinen vierekkäisistä seinistä pystytään kiinnittämään niin, että se toimii jäykistävänä seinänä¹¹. Massiivipuu toimii myös höyryn- ja ilmansulkuna sekä osittain myös lämmön- ja ääneneristeenä.

Puinen tilaelementtirakentaminen aiheuttaa haasteita rakennuksen jäykistämiseksi erityisesti materiaalin keveyden, tilaelementtien lyhyiden jännevälien ja kaksinkertaisten seinien myötä. Lyhyet jännevälit ja kaksinkertaiset seinät johtavat siihen, että yksittäisille seinille välipohjilta kertyvät pystykuormat ovat vähäisiä ja tuulikuormasta aiheutuva noste kasvaa suureksi. Myös tilaelementtien väliset joustavat liitokset vähentävät rungon jäykkyyttä. Jäykistyksen suunnittelun kannalta rakennuksen pohjamuodon merkitys kasvaa rakennuksen korkeuden kasvaessa. Jäykistystä parantavia tekijöitä ovat esimerkiksi jäykistävien seinien symmetrinen asettelu ja sijainti tilaelementin pitkällä sivuilla. Käytännössä CLT-tilaelementtikerrostalossa joudutaan usein käyttämään myös ulkoseiniä jäykistävänä seininä, mikä rajoittaa niiden aukotusmahdollisuuksia.¹²

Tilaelementtirakentaminen asettaa varsin paljon reunaehdoja arkkitehtisuunnittelulle. Elementillä on tietyt enimmäismitat, jotka riippuvat muun muassa valmistajasta sekä kuljetus- ja nostomahdollisuuksista. Tilaelementtien kapea suorakaidemuoto rajoittaa sitä, millaisia asuntoja elementeistä voi muodostaa. Toisaalta tilaelementtitekniikka mahdollistaa esimerkiksi sisäänvedettyjen parvekkeiden toteuttamisen betonirakentamista kustannustehokkaammin. Oleellisia tilaele-

10 Esimerkiksi Jyväskylän Puukuokka 2:ssa ja 3:ssa levyrakenteinen välipohja vaihdettiin palkkirakenteiseen.
11 Sorri 2017, 69
12 Sorri 2017, 51

Kuva 11 Mjöstårnetin rungon
asennusta



menttirakentamisen kustannustehokkuuteen vaikuttavia arkkitehtisuunnittelussa tehtäviä ratkaisuja ovat tilaelementin koko ja muoto sekä niiden kokonaismäärä ja toistuvuus.¹³

Kantavat suurelementit

Suurelementit ovat puukerrostalon valmisosia, kuten seinä- välipohja- tai julkisivuelementtejä, jotka asennetaan paikoilleen nostokaluston avulla. Suurelementtirakentaminen muistuttaa varsin paljon perinteistä betonielementtirakentamista, ja se on tällä hetkellä yleisin puukerrostalojen toteuttamistapa Suomessa¹⁴. Seinäelementit rakennetaan ja asennetaan tyypillisesti yhden kerroksen korkuisina ja ne voivat muodostaa kantavia seinälinjoja tai olla osa kantavaa pilari-palkkirunkoa. Talotekniikan varaukset, ikkunat ja ovet tehdään elementteihin tyypillisesti tehdasvaiheessa. Seinäelementeissä on usein liimapuu- tai LVL-rankarakenne, mutta ne voidaan toteuttaa myös massiivipuuisena levyrakenteena. Huoneistojen väliset rankarunkoiset seinäelementit toteutetaan usein äänieristyksen vuoksi kaksoisrungolla, jonka keskellä on ilmarako. Massiivipuinen suurelementtiseinä voidaan toteuttaa joko kaksoisrungolla tai yhdellä massiivipuurunkoteella, jolloin äänieristys tehdään huoneistojen puolelle akustisella sisäkuorella. Massiivipuurunko soveltuu parempien jäykistysominaisuuksiensa puolesta korkeisiin rakennuksiin rankarunkoa paremmin. Se ei myöskään vaadi höyrynsulkuu toisin kuin rankarakenne.

Välipohjat voidaan toteuttaa esimerkiksi rankarakenteisena palkkivälipohjana, CLT-levyrakenteena, ripalaattoina, NR-palkkeina tai puu-betoni -liittorakenteina. Suurelementtirakentamisessa välipohjaelementit ovat tyypillisesti 1800-2400 mm leveitä tasoelementtejä. Suurelementeillä ja kantavilla seinillä toteutetussa kerrostalossa jännevälien enimmäismitta on käytännössä noin 4-6 metriä, mikä tarkoittaa, että rakennuksen muodostuu varsin paljon kantavia linjoja. Tarvitessa kantavia seiniä voidaan korvata myös pilari-palkkilinjalla.¹⁵

Pilari-palkki -järjestelmä

Myös puurakenteisessa pilari-palkki -rungossa seinät ja välipohjat toteutetaan yleensä suurelementeillä, mutta seinäelementit eivät ole kantavia. Pilari-palkkirungon jäykistys toteutetaan tyypillisesti mastopilareilla ja vinositeillä. Pilari-palkki -järjestelmän oleellinen etu muihin puurakennejärjestelmiin verrattuna on kantavien väliseinien puuttumisesta seuraava muunneltavuus ja seinien monipuolinen aukotusmahdollisuus. Erityisesti matalammissa kerrostaloissa pilari-palkki-runko voidaan toteuttaa kokonaan valmiiksi ennen muita rakennusvaiheita. Runkovaihe ja vesikatto voidaan tehdä valmiiksi muutamassa päivässä, minkä jälkeen muu rakentaminen voidaan tehdä valmiin sääsuojan alla.¹⁶

13 H7
14 Puuinfo b
15 Esim. Tuohimaa 2018, 45
16 Puuinfo b

2.4 Korkean rakentamisen erityispiirteitä

Puurakentamisen ohella myös kiinnostus korkeaan rakentamiseen on lisääntynyt Suomessa viimeisen kymmenen vuoden aikana. Tämä liittyy paljolti Suomessakin vaikuttavaan kaupungistumisen megatrendiin ja suurimpien kaupunkiseutujen nopeaan väestönkasvuun. Suomessa kaupungistumisen on arvioitu olevan myös muita Länsi-Euroopan maita ja esimerkiksi Ruotsia jäljessä, minkä vuoksi kaupungistumiskehityksen uskotaan edelleen voimistuvan.¹ Useat suomalaiset kaupungit ovat laatineet viimeisen kymmenen vuoden aikana korkean rakentamisen selvityksiä, joissa tarkastellaan korkeiden rakennusten sijaintimahdollisuuksia ja toteutusedellytyksiä. Lisäksi Helsingissä on laadittu vuonna 2018 erillinen korkean rakentamisen rakentamistapaohje, jossa kuvataan korkean rakentamisen suunnittelun ja viranomaisprosessin edellytyksiä. Suomalaisessa kaupunkirakenteessa jo varsin matalia rakennuksia voidaan pitää korkeana rakentamisena. Korkean rakentamisen määritelmät vaihtelevat kaupungeittain sen mukaan kuinka korkeaa nykyinen rakennuskanta on. Helsingissä korkean rakentamisen rajana on pidetty 16 kerrosta ja Tampereella 12 kerrosta. Monissa pienemmissä kaupungeissa jo yli 8-kerroksinen rakentaminen erottuu muuta rakennuskantaa korkeampana rakentamisena.

Eri kaupunkien korkean rakentamisen selvitykset ovat keskenään pääosin hyvin samankaltaisia. Niissä tarkastellaan yleisesti korkean rakentamisen erityispiirteitä ja annetaan ohjeita korkean rakentamisen toteuttamiselle ja arkkitehtonisille ominaisuuksille. Lähes kaikissa selvityksissä on esitetty kaupungeittain vyöhykkeitä, joille korkeaa rakentamista on mahdollista sijoittaa. Korkean rakentamisen mahdollisia sijainteja on tarkasteltu ensisijaisesti maiseman ja kaupunkikuvan, sekä liikenneyhteyksien ja palveluiden saavutettavuuden kautta. Selvitysten perusteella korkean rakentamisen tavoitteet liittyvät varsinkin julkisen vallan osalta erityisesti kaupunkikuvallisiin seikkoihin ja alueellisen identiteetin korostamiseen maamerkkirakennusten avulla. Muita perusteluja korkealle rakentamiselle ovat maankäytön tehostaminen ja kaupunkirakenteen tiivistäminen.² Useimmissa kaupungeissa nykyinen keskusta-alue on rajattu korkean rakentamisen ulkopuolelle. Korkean rakentamisen vyöhykkeet sijaitsevat tyypillisesti varsinkin ydinkeskustan reuna-alueilla kaupunkiin saapumista osoittavina maamerkkeinä, rautatieasemien ja rautateiden läheisyydessä sekä kaupunkien alakeskuksissa. Kaikkiaan Suomessa laadituissa korkean rakentamisen selvityksissä on tunnistettu yhteensä hieman alle 60 korkeaan rakentamiseen soveltuvaa aluetta, joista noin kolmannes sijaitsee pääkaupunkiseudulla.

Suomessa on yhteensä noin 50 yli 50 metristä rakennusta³. Tällä hetkellä Suomen korkein asuinrakennus on Helsingin Kalasatamassa sijaitseva betonirakenteinen 35-kerroksinen ja 135 metriä korkea Majakka-tornitalo, jota on kutsuttu myös Suomen ensimmäiseksi pilvenpiirtäjäksi. Muita viimeaikaisia korkeita asuinkerrostalohankkeita ovat esimerkiksi Espoossa sijaitseva, vuonna 2018 valmistunut

1 Koste, Neuvonen, ja Schmidt-Thomé 2018, 9

2 Esim. Helsingin kaupunki 2019, 4

3 Mäenpää 2019, 16

Suomalaisia korkean rakentamisen selvityksiä

Korkea rakentaminen Helsingissä, 2011

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 16-kerroksisia rakennuksia. Korkean rakentamisen hankkeita on kaikkiaan vireillä noin 50, joista kuitenkin vain muutama on vahvistetuissa asemakaavoissa. Suunnitelluista hankkeista asuinrakennuksia on noin 20. Kohteista noin puolet on 11-20-kerroksisia ja puolet 20-40-kerroksisia. Korkea rakentaminen keskittyy muutamille alueille Jätkä- ja Hernesaareen, Pasilaan, Kalasatamaan, Herttoniemeen ja Itäkeskukseen. Korkean rakentamisen tulee sijoittua joukkoliikenteen solmukohtaan ja edistää kaupunkirakenteen hahmotettavuutta.

Korkea rakentaminen Helsingin esikaupunkialueilla, 2014

Aiemman selvityksen lisäksi osoitettu korkealle rakentamiselle mahdollisesti sopivia sijainteja Helsingin esikaupunkialueilta: Käpylä, Malmi, Vuosaari, Kannelmäki, Pitäjänmäki. Selvityksessä todetaan, että ydinkeskustan ulkopuolisilla alueilla maan arvo, liikennemäärät tai imagoiseikat eivät välttämättä tue korkeaa rakentamista, mutta tilanne saattaa muuttua tulevaisuudessa.

Korkean rakentamisen selvitys Tampereen keskusta-alueella, 2012

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 12-kerroksisia rakennuksia. Asemakaavatasolla vireillä noin kymmenen hanketta. Korkeaan rakentamiseen soveltuvia on alueita osoitettu keskustaan ratapihan alueelle sekä Ranta-Tampellaan, Amuriin, Onkiniemeen ja mahdollisesti Viinikanlahden alueelle. Suuri osa suunnittelusta korkeasta rakentamisesta on 12-16-kerroksista. Lisäksi ratapihan alueelle on toteutumassa tätä korkeampia tornitaloja.

Korkean rakentamisen selvitys Tampereen aluekeskuksissa, 2015

Selvityksessä käsitellään korkean rakentamisen mahdollisuuksia Hervannassa, Lielahdessa, Linnainmaalla ja Tesomalla. Kaikissa alakeskuksissa on osoitettu korkean rakentamisen alue. Hervannassa enintään 16-kerroksinen rakentaminen on mahdollista kaikilla kerrostalovaltaisilla alueilla. Lielahdessa korkean rakentamisen enimmäiskorkeudeksi on asetettu 24 kerrosta ja Tesomalla sekä Linnainmaalla 16 kerrosta.

Espoo, 2013

Korkealla rakennuksella tarkoitetaan yli 40 metriä korkeaa rakennusta ja hyvin korkealla rakennuksella yli 80 metriä korkeaa rakennusta. Korkean rakentamisen tavoitealueiksi osoitettu Matinkylä, Niittykumpu, Espoon keskus, Kera ja Leppävaara. Erittäin korkean rakentamisen tavoitealueiksi Kivenlahti, Finnoo ja Keilaniemi. Korkeat raken-nukset tulee sijoittaa enintään 300 metrin päähän raideliikenteen asemasta ja niistä tulee järjestää arkkitehtuurikilpailu tai rinnakkainen toimeksianto.

Turku, 2012

Ei selvää korkean rakentamisen määritelmää. Korkea rakentaminen on suunnattu tärkeimmille kaupunkirakenteen muutosalueille erityisesti ratapihan ja Helsingin moottoritien läheisyyteen.

Oulu, 2014

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 8-kerroksisia rakennuksia. Selvityksessä on osoitettu yhteensä viisi korkeaan rakentamiseen soveltuvaa aluetta, jotka sijaitsevat keskustan tuntumassa ratapihan alueella sekä kaupungin alakeskuksissa.

Kuopio, 2009

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 8-kerroksisia rakennuksia. Korkean rakentamisen mahdollisia on sijainteja arvioitu ensisijaisesti palvelujen ja joukkoliikenteen saavutettavuuden perusteella. Korkealle asuinrakentamiselle on tunnistettu yhteensä seitsemän mahdollista vyöhykettä keskustan tuntumassa ja alakeskuksissa. Korkean rakentamisen arvioidaan useissa kohteissa olevan vain hieman 8-kerrosta korkeampaa.

Lahti, 2012

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 12-kerroksista rakentamista. Selvitys on rajattu Paavolan kaupunginosaan ja alueen kehittämistä on tarkasteltu korttelikohtaisesti. Selvityksessä on osoitettu viisi korttelia, joihin korkeaa rakentamista voi mahdollisesti sijoittua. Rakentamisen suositellaan olevan enintään 15-kerroksista.

Jyväskylä, 2019

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 12-kerroksista rakentamista. Selvitys on rajattu Paavolan kaupunginosaan ja alueen kehittämistä on tarkasteltu korttelikohtaisesti. Selvityksessä on osoitettu viisi korttelia, joihin korkeaa rakentamista voi mahdollisesti sijoittua. Rakentamisen suositellaan olevan enintään 15-kerroksista.

Pori, 2019

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 12-kerroksista rakentamista. Selvitys on rajattu Paavolan kaupunginosaan ja alueen kehittämistä on tarkasteltu korttelikohtaisesti. Selvityksessä on osoitettu viisi korttelia, joihin korkeaa rakentamista voi mahdollisesti sijoittua. Rakentamisen suositellaan olevan enintään 15-kerroksista.

Vaasa, 2014

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 12-kerroksista rakentamista. Selvitys on rajattu Paavolan kaupunginosaan ja alueen kehittämistä on tarkasteltu korttelikohtaisesti. Selvityksessä on osoitettu viisi korttelia, joihin korkeaa rakentamista voi mahdollisesti sijoittua. Rakentamisen suositellaan olevan enintään 15-kerroksista.

Hämeenlinna, 2018

Korkealla rakentamisella tarkoitetaan yli 12-kerroksista rakentamista. Selvitys on rajattu Paavolan kaupunginosaan ja alueen kehittämistä on tarkasteltu korttelikohtaisesti. Selvityksessä on osoitettu viisi korttelia, joihin korkeaa rakentamista voi mahdollisesti sijoittua. Rakentamisen suositellaan olevan enintään 15-kerroksista.

24-kerroksinen Niittyhuippu ja vuonna 2019 valmistunut 21-kerroksinen Tampereen Luminary. Korkein Suomessa käynnissä oleva tornitalohanke on Pasilaan suunnitteilla oleva Trigoni, joka on toteutuessaan noin 200 metriä korkea. 2010-luvulla on myös toteutettu joitakin varsin korkeita betonirakenteisia opiskelijakerrostaloja, jotka ovat kenties paras vertailukohta tämänhetkiselle korkealle puukerrostalorakentamiselle. Tampereella sijaitsee kaksi 16-kerroksista opiskelijakerrostaloa, vuonna 2011 valmistunut Pirkka 6 ja vuonna 2015 valmistunut Espantorni. Myös Turkuun vuonna 2011 valmistunutta 12-kerroksista Ikituuri-kerrostaloa voi pitää korkeana rakentamisen. Tällä hetkellä korkein suomalainen opiskelijakerrostalo on Jyväskylässä sijaitseva vuonna 2018 valmistunut Kankaantorni, joka on 16-kerroksinen ja 60 metriä korkea.

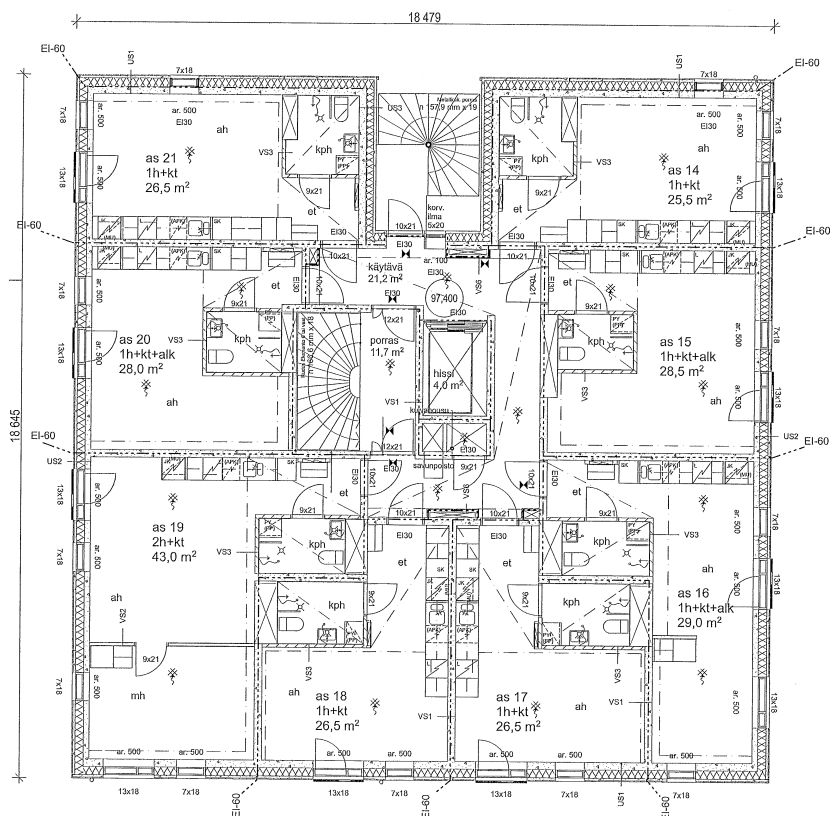
Ehkäpä selkein vertailukohde korkean puu- ja betonirakentamisen välillä on tällä hetkellä Jyväskylän Kankaantorni ja Joensuun Lighthouse, joissa on varsin samanlainen pohjaratkaisu ja asuntojakauma. Molemmissa rakennuksissa on 117 asuntoa, jotka sijaitsevat kehämäisesti rungon keskellä sijaitsevan porrashuoneen ympärillä. Asunnot ovat pääosin yksiöitä, minkä lisäksi molemmissa rakennuksissa on joitakin kaksioita. Lighthousessa tyypillinen asuinkerros on hieman Kankaantornia suurempi, ja se on pienemmästä kerrosmäärästä huolimatta myös neliömäärältään suurempi. Lighthousen bruttoala on noin 5940 brm² ja asuinhuoneistoalanoin 3760 asm², Kankaantornin puolestaannoin 5490 brm² ja 3420 asm². Oleellisin tilasuunnitteluun liittyvä ero kohteiden välillä on Kankaantornin maanalainen kellarikerros ja ylimmässä kerroksessa sijaitsevat yhteistilat. Lighthousessa ei ole kellarikerrosta ja kaikki yhteistilat sijaitsevat ensimmäisessä kerroksessa. Kankaantornin kokonaiskustannukset olivat noin 13 100 000 euroa eli noin 3800 euroa/asm² ⁴. Myös Lighthousessa alkuperäinen hankinta-arvo oli vielä noin 3800 e/hm², mutta lopulliset kustannukset olivat lisätöineen kuitenkin yli 4000 e/hm². Periaatteessa jos puurakentamisen kustannukset saataisiin pysymään aiotulla tasolla, ei korkeiden puukerrostalojen hinta välttämättä ole muuta vastaavantyyppistä korkeaa rakentamista merkittävästi suurempi. Korkeat opiskelijakerrostalot ovat joka tapauksessa erityishankkeita, jotka ovat runkomateriaalista riippumatta poikkeuksellisen kalliita. Esimerkiksi Joensuussa tavanomainen kustannustaso opiskelija-asuntorakentamisessa on noin 3000 e/hm² ⁵.

Korkeaan betonirakentamiseen liittyy hyvinkin samankaltaisia erityispiirteitä ja haasteita kuin yleisesti kaikkeen puukerrostalorakentamiseen. Toisaalta betonirakentamisessa 16-kerroksinen rakennus on vielä varsin tavanomainen hanke, joka ei edellytä kovin poikkeuksellista suunnittelu- tai rakentamisaosaamista ja korkean rakentamisen erityispiirteet tulevat betonirakentamisessa esiin vasta huomattavasti puurakentamista suuremmilla kerrosmäärillä. Varsinkin rakenneratkaisujen, tehokkuuden, eri järjestelmien ja rakentamisen nopeuden yhteensovittaminen on keskeinen korkean rakentamisen haaste. Samoin kuin puukerrostalorakentamisessa, myöskään korkeassa betonirakentamisessa ei voida käyttää tavanomaisen rakentamisen perusratkaisuja, vaan hankkeissa korostuu erityisen suunnitteluosaamisen tarve. Tällöin kaikessa korkeassa rakentamisessa nousee

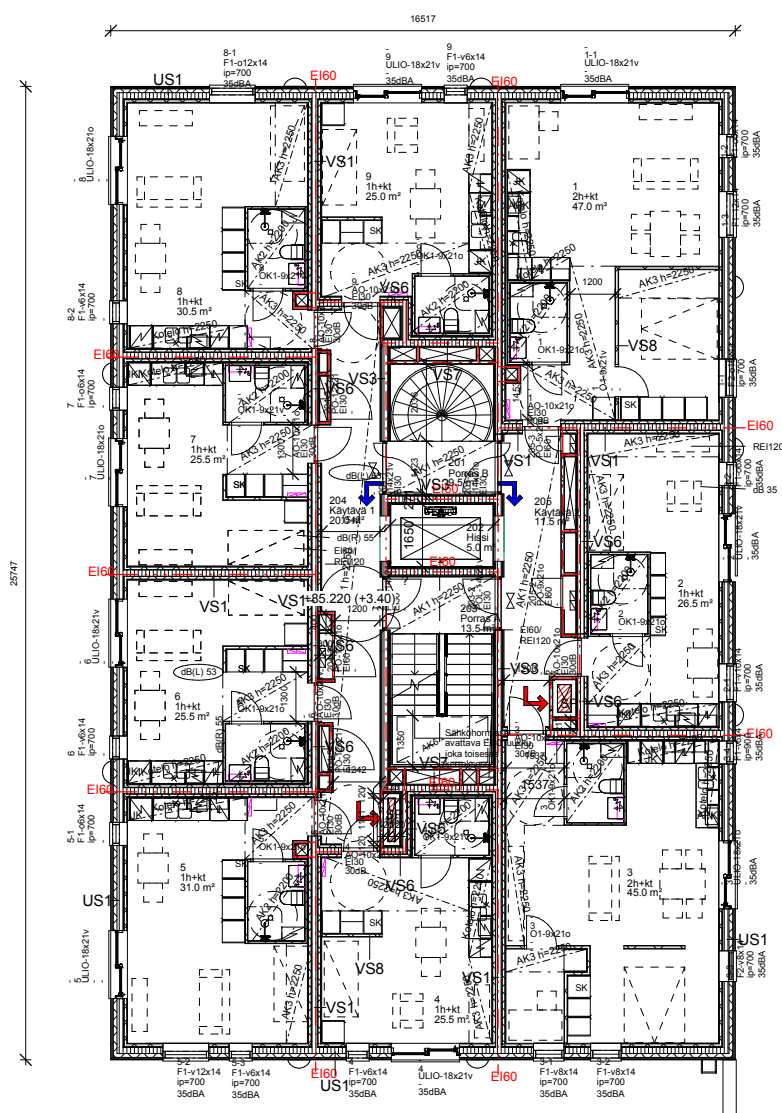
4 Juusola 2018
5 H5

Kuva 12 Kankaantorni,
Jyväskylä





Kuva 13 **Kankaantorni,**
tyypillinen asuinkerros
1:200



Kuva 14 Joensuu Lighthouse,
tyypillinen asuinkerros
1:200

puurakentamisen tavoin esiin hankkeen eri osapuolten välinen tiivis yhteistyö ja kokonaisprosessin hallinta. Myös korkean rakentamisen suunnitteluprosessi muistuttaa tyypillisesti puurakentamista; suunnittelutyö aikaistuu ja suunnitelmia laaditaan samanaikaisesti eri suunnittelualojen kesken. Rakenteellisesti korkean rakentamisen erityispiirteet liittyvät erityisesti rakennuksen jäykistämiseen, tuulikuormaan, alemmille kerroksille kertyvään suureen pystykuormaan ja paloturvallisuuteen. Myös suuret nostokorkeudet aiheuttavat haasteita rakentamiselle.⁶

Korkeaan rakentamiseen liittyviä negatiivisia piirteitä ovat esimerkiksi massiivisten rakenteiden, poistumisteiden ja talotekniikan aiheuttama pohjaratkaisun tehottomuus, huolto- ja korjaustöiden vaativuus, mahdollisesti korkeampi energiankulutus ja lähiympäristön tuulisuus ja varjoisuus. Oleellinen korkean kerrostalohankkeen toteutumiseen vaikuttava tekijä on myös hankekoko⁷. Vuonna 2019 Suomeen valmistui 883 kerrostaloa, joiden keskimääräinen kerrosala oli 2357 m²⁸. Korkeissa tornitaloissa kerrosala nousee kuitenkin helposti tätä korkeammaksi ja rakentamisen vaiheistaminen on käytännössä mahdotonta. Esimerkiksi Tampereen Luminaryn kerrosala on noin 17 000 m². Tyypillisesti myös rakentamisen neliöhinta laskee kerrosluvun kasvaessa kahdeksanteen kerrokseen asti. Tällöin perustusten kustannukset ja muut yleiskulut jakautuvat useammalle kerrokselle. Kahdeksannen kerroksen jälkeen neliöhinta nousee merkittävästi tiukempien palomääräysten ja pidentyvän rakennusajan myötä⁹. Taloudellisesti korkea rakentaminen on perusteltua erityisesti tiiviillä kaupunkialueilla, joissa maan arvo on korkea ja asuntojen kysyntä suurta. Vanhojen kerrostaloasuntojen keskimääräinen hinta on 2010-luvulla noussut Suomessa ainoastaan Uudellamaalla, Pirkanmaalla ja Varsinais-Suomessa¹⁰. Väestönkasvu keskittyy vahvasti Helsingin, Tampereen ja Turun kaupunkiseuduille, ja näissä kaikissa on myös jääty jälkeen MAL-sopimuksissa asetetuista asuntotuotantotavoitteista. Helsingin seudulla asuntovaje on VTT:n selvityksen mukaan noin 20 000 ja Tampereella noin 3000 asuntoa¹¹. Juuri Helsinkiä ja Tamperetta voidaan Suomessa pitää asuntotarpeen puolesta potentiaalisimpina korkean rakentamisen sijainteina, mutta toisaalta korkean rakentamisen hankkeita on viime aikoina käynnistynyt myös pienemmissä maakuntien keskustaupungeissa¹². Helsingin korkean rakentamisen selvityksen mukaan korkean asuinrakentamisen kohderyhmä vastaa normaalia asuntotuotantoa ja myös korkeassa rakentamisessa asukasprofiiliin vaikuttaa ensisijaisesti asunnon sijainti ja tarjolla oleva asuntotarjonta¹³.

Rakennushankkeen suunnittelutehtävät jaetaan Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan vaativuusluokkiin. Rakennussuunnittelutehtävä on poikkeuksellisen vaativa esimerkiksi, jos rakennus on yli 16-kerroksinen tai ympäröivää matalaa rakennuskantaa merkittävästi korkeampi. Myös kokeellinen rakennusmateriaalin käyttö, kuten innovatiivinen puurakentaminen, kokeellinen nollaenergiarakentaminen, tai oletettuun palonkehitykseen perustuva palomitoitus tekevät suunnit-

6 Valjus 2019, 70-76
7 Esim. Helsingin kaupunki 2011, 48-49; Turun kaupunki 2017, 15-19
8 Tilastokeskus
9 Turun kaupunki 2017, 15-16
10 Pellervon taloustutkimus 2020
11 Vainio 2015, 16
12 Esim. Aatsalo 2018
13 Helsingin kaupunki 2011, 15

telutehtävästä poikkeuksellisen vaativan. 3-8 kerroksiset puurakennukset kuuluvat rakennesuunnittelutehtäviltään vähintään vaativaan luokkaan ja yli 8-kerroksiset puurakennukset automaattisesti poikkeuksellisen vaativaan luokkaan¹⁴. Suunnittelutehtävien vaativuusluokka vaikuttaa suunnittelijan kelpoisuusvaatimukseen¹⁵. Erittäin vaativassa rakennushankkeessa rakennusvalvontaviranomainen voi edellyttää niin sanottua erityismenettelyä, jolloin rakennuslupahakemuksen tai rakennustyön aikana voidaan edellyttää erityistä laadunvarmistusvelvitystä ja ulkopuolisen riippumattoman tahon tarkastusta ja lausuntoa siitä, täyttääkö suunniteltu ratkaisu tai rakentaminen sille osoitetut vaatimukset¹⁶.

14 YM1/601/2015

15 MRL 120 d §

16 MRL 150 d §



CASE-KOhteet

Seuraavissa luvuissa esitellään viisi tutkimuskohteena olevaa puukerrostaloa. Ensimmäisessä luvussa esitellään lyhyesti hankkeiden perustiedot ja hankkeissa mukana olleet osapuolet. Seuraavassa luvussa kuvaillaan hankkeiden lähtökohtia ja taustalla vaikuttaneita tekijöitä sekä rakennuttamis- ja suunnittelu-prosessin etenemistä. Kolmannessa luvussa esitellään rakennusten tilalliset ja arkkitehtoniset ratkaisut ja neljännessä luvussa rakenneratkaisut ja rakentamistapa.



Kuva 15 Joensuu Lighthouse,
sijainti kaupungissa ja
kaupunkirakenteessa

3.1 - Kohteiden perustiedot

Yhteenveto kohteista	Lighthouse	DAS Kelo	HOAS Tuuliniitty	Puukuokka 1	PuuMera
Kerrosluku ja korkeus	14 krs, 48 m	8 krs, 27 m	13 krs, 42 m	8 krs, 29 m	7 krs, 25 m
Valmistumisvuosi	2019	2019	2021	2015	2015
Kerrosala	4787 kem ²	4504 kem ²	4787 kem ²	4167 kem ²	11 924 kem ²
Bruttoala	5934 brm ²		7584 brm ²	5254 brm ²	17 730 brm ²
Asuinhuoneistoala	3764 asm ²	2953 asm ²	4433 asm ²	3454 asm ²	10 405 asm ²
Tehokkuus asm²/brm²	0,63		0,58	0,66	0,59
Kustannukset		10 500 000 €		10 246 000 €	
Asunnot ja keskipinta-ala	117 as. 32 m ²	103 as. 29 m ²	165 as. 27 m ²	58 as. 60 m ²	186 as. 56 m ²
Asuntojakauma	1h 91 kpl 2h 26 kpl	1h 103 kpl	1h 154 kpl 2h 11 kpl	2h 30 kpl 3h 14 kpl 4h 14 kpl	1h 6 kpl 2h 144 kpl 3h 23 kpl 4h 13 kpl
Kerrostehokkuus asm²/hum²	0,82	0,87	0,83		
Toteutusmuoto	Kokonaisurakka, kaksivaiheinen kilpailullinen neuvottelu-menettely	Jaettu urakka alistetuilla sivu-urakoilla	Jaettu urakka alistetuilla sivu-urakoilla	Jaettu urakka	KVR
Kaavatilanne	Olemassa oleva asemakaava, ei puurakentamismääräystä	Kumppanuus-kaavoitus	Olemassa oleva puurakentamiseen laadittu asemakaava	Kumppanuus-kaavoitus	Olemassa oleva asemakaava, ei puurakentamismääräystä
Autopaikkavaatimus	1 ap/110 kem ²	1 ap/80 kem ²	12 vieraspaikkaa	1 ap/100 kem ²	1 ap/100 kem ²
Hankkeen kesto	38 kk	35 kk			
Rakentamisaika	20 kk	16 kk			18 kk
Runkojärjestelmä	LVL/CLT suurelementti	CLT tilaelementti	CLT tilaelementti	CLT tilaelementti	Liimapuuranka-suurelementti

Hankkeiden osapuolet	Lighthouse	DAS Kelo	HOAS Tuuliniitty	Puukuokka 1	PuuMera
Rakennuttaja/tilaaja	Joensuun Elli opiskelija-asunnot Oy	Domus Arctica-säätiö DAS	Helsingin seudun opiskelija-asuntosäätiö HOAS	Lakea Oy	TA-asumisoikeus Oy Suomen vuokratodit Oy
Pääsuunnittelija/arkkitehti	Arcadia Oy	APRT	Ark.tsto. Jukka Turtiainen (nyk. Arkkitehtipalvelu)	OOPEAA	Vuorelma arkkitehdit (nyk. Innovarch)
Rakennesuunnittelija	Joensuun Juva (nyk. A-Insinöörit)	A-Insinöörit	A-Insinöörit	Sweco rakennetekniikka	Sweco rakennetekniikka
Puuosatoimittaja	Stora Enso	Elementti-Sampo	Elementti-Sampo	Stora Enso	VVR Wood Oiva Wood
Urakoitsija	Eero Reijonen	Lapin Mestarirakentajat	JVR Rakenne	Stora Enso JV-Rakenne	Rakennusliike Reponen
Palokonsultti	Markku Kauriala Oy	KK-Palokonsultti Oy	KK-Palokonsultti Oy	KK-Palokonsultti Oy	L2 Paloturvallisuus Oy

3.2 Hankkeiden lähtökohdat ja toteutustapa

Tutkimuksessa tarkastellut puukerrostalot ovat syntyneet varsin erilaisista lähtökohdista. Monissa kohteissa puurakentamisen taustalla on ollut erityisesti kuntien puurakentamiseen liittyviä tavoitteita, joissain taas rakennuttaja tai urakoitsija ovat aktiivisesti pyrkineet kehittämään puurakentamista omassa toiminnassaan. Puukuokka ja Puumera ovat esimerkkejä kohteista, joissa rakennuttajalla tai urakoitsijalla on ollut keskeinen merkitys hankkeiden syntymiselle. Puukuokan lähtökohdiana oli Stora Enson tavoite kehittää CLT-tilaelementtijärjestelmää ja rakennuttajana toimineen Lakea Oy:n tavoite erottua markkinoilla juuri puurakentamisella¹. Kivistön Puumera on puolestaan puurakentamiseen vahvasti profiloituneen rakennusliike Reposen (nykyinen ArktaReponen) toteuttama hanke, joka käynnistyi Vantaan kaupungin tavoitteesta saada puukerrostalo Kivistön asuonemessualueelle². Espoon Tuuliniityssä puolestaan koko alueen hankekehitys käynnistyi Metsä Groupin ja Asuntosäätiön aloitteesta³. Opiskelijakerrostalokohteissa puurakentaminen on liittynyt paljolti myös kaupunkien tavoitteisiin ja ohjaukseen. Erityisesti Joensuun Lighthouse -projektissa koko hankkeen käynnistyminen ja puurakentaminen olivat vahvasti kaupungin konserniohjauksen asettamia tavoitteita, joiden mukaan rakennuttaja toimi. Opiskelija-asuntosäätiöillä ei myöskään ollut juurikaan aiempaa kokemusta puukerrostalojen rakennuttamisesta. DAS Kelo ja HOAS Tuuliniitty olivat rakennuttajien ensimmäiset puukerrostalokohteet, Joensuun Elli oli toteuttanut aiemmin pienemmän puukerrostalokohteen.

Puumera, Lighthouse ja HOAS Tuuliniitty on suunniteltu olemassa olevan asemakaavan pohjalta. DAS Kelo ja Puukuokka on puolestaan toteutettu kumppanuuskaavoituksena, eli asemakaavasunnittelu on tehty samanaikaisesti rakennuksen luonnossuunnittelun kanssa. Vantaan Kivistön ja Joensuun Penttilänrannan asemakaavoissa ei ollut erityistä puurakentamistavoitetta tai puurakentamista koskevia määräyksiä. Tuuliniitty sen sijaan on erityinen puurakentamisalue, jonka asemakaavassa kaikkien uudisrakennusten pääasialliseksi runko- ja julkisivumateriaaliksi on määrätty puu.

Hankkeissa on käytetty varsin monipuolisesti erilaisia toteutusmuotoja. Puumera toteutettiin KVR-urakkana, jossa hanke käynnistyi urakoitsijan toimesta ja varsinaiset tilaajat tulivat mukaan varsin pitkälle suunniteltuun hankkeeseen. Muissa hankkeissa tilaaja toimi projektinjohtajana. Joensuu Lighthouse toteutettiin kokonaisurakkana, mutta kilpailutus tehtiin kaksivaiheisella kilpailumenettelyllä, jossa tilaajan suunnittelija laati tarjoajille oman urakkalaskenta-aineiston eri rakennejärjestelmien mukaan. DAS Kelo -hankkeessa eri rakennejärjestelmiä ja runkovaihtoehtoja verrattiin hankesuunnitteluvaiheessa ja CLT-tilaelementtivaihtoehto valittiin jo suunnitteluvaiheen aikana. Urakkatarjoukset pyydettiin siis ainoastaan massiivipuisele tilaelementtirungolle. Hanke toteutettiin jaettuna urakkana

1	H2, H13
2	H16
3	H12



Kuva 16 DAS Kelo,
sijainti kaupungissa ja
kaupunkirakenteessa





alistetuilla sivu-urakoilla niin että tilaelementtiasentaja toimi pääurakoitsijana ja vastasi työvaiheiden yhteensovittamisesta. Tuuliniityssä rakennus suunniteltiin sekä suurelementti- että tilaelementtirunkoisena ja suunnitteluvaiheessa tehdyn kustannusvertailun perusteella päädyttiin tilaelementtiratkaisuun. Puukuokassa taas koko hankkeen oleellisena lähtökohtana oli CLT-tilaelementtitekniikan kehittäminen, joten muita runkovaihtoehtoja ei luonnollisesti edes tarkasteltu.

Lighthouse

Lighthouse sijaitsee Joensuussa Penttilänrannan alueella noin kilometrin päässä kaupungin keskustasta. Penttilänranta on Pielisjoen itä- ja kaakkoispuolella sijaitseva entinen saha-alue, jonka Joensuun kaupunki on hankkinut vuonna 2008 kehitettäväksi uutena asuinalueena ja kaupunginosana. Alueen koko on yhteensä noin 33 hehtaaria ja sillä on varmistettu kerrostalotuotannon maantarve Joensuussa noin 20-30 vuodeksi. Kokonaisuudessaan alueelle tulee sijoittumaan noin 140 000-195 000 kem² rakennusoikeutta ja noin 3500 asukasta.⁴

Alueella on ollut sahatoimintaa 1800-luvun lopulta vuoteen 1988, jolloin vanhentuneen sahan toiminta lopetettiin ja rakennukset autioituvat. Alueen rakennukset purettiin vuonna 1996 saharakennuksen tulipalon jälkeen. Joensuun kaupunki päätti Penttilä-hankkeen aloittamisesta vuonna 2000 ja vuonna 2002 laaditussa Penttilän osayleiskaavassa aiempi teollisuusalue osoitettiin keskustatoimintojen alueeksi, mikä mahdollistaa asuin- ja toimistotilojen sekä palvelujen sijoittumisen alueelle. Vuonna 2003 osayleiskaavan pohjalta järjestettiin asemakaavallinen ideakilpailu, jonka voitti Arkkitehdit Anttila & Rusanen Oy. Voittaneen ehdotuksen ratkaisut tarkennettiin kaavarungoksi vuosina 2004-2005. Saha-alue siirtyi Joensuun kaupungin omistukseen vuonna 2008 ja samana vuonna laadittiin Penttilänrannan hankesuunnitelma, jossa tiivistettiin alueen kehittämisen periaatteet sekä hankkeen eteneminen, aikataulut ja kustannukset. Sahatoiminnasta johtuen alueen maaperä oli pahasti pilaantunutta. Alueen kunnostusvastuu siirtyi kaupungille ja maaperän kunnostustyö tehtiin vuosina 2009-2012. Alueen ensimmäiset uudet kerrostalot valmistuivat vuonna 2013 ja kokonaisuudessaan alueen rakentaminen jatkuu 2030-luvulle asti.⁵

Lighthouse-hanke käynnistyi äkillisestä opiskelija-asuntotarpeesta. Itä-Suomen yliopiston Savonlinnan kampus päätettiin lakkauttaa vuonna 2016 ja koulutus siirrettiin Joensuuhun vuonna 2018. Kampuksen siirtoon liittyvässä Joensuun kaupungin ja Itä-Suomen yliopiston välisessä sopimuksessa edellytettiin 720 opiskelija-asunnon toteuttamista kahden vuoden aikana. Joensuun Elli on kaupungin kokonaan omistama yritys, jolle tuli näin ollen velvoite asuntojen rakentamiseen. Penttilänrannassa sijaitseva tontti valikoitui opiskelija-asuntorakentamiseen Joensuun Ellin ja kaupungin välisissä neuvotteluissa ja samalla syntyi tavoite puurakenteisen kerrostalon toteuttamisesta. Rakennuksen toteuttaminen puusta oli ensisijaisesti Joensuun kaupungin tavoite ja se liittyy laajemmin kaupungin pyrkimykseen profiloitua puurakentamisen ja metsätalouden edelläkävijänä.⁶

4 Joensuun kaupunki 2011, 39

5 joensuu.fi; Joensuun kaupunki 2011, 6-7, 39, 41

6 H5



Lighthouse-hankkeen urakkakilpailutus käynnistyi kesäkuussa 2016. Hankinta toteutettiin kaksivaiheisena kilpailullisena neuvottelumenettelynä, jolla haettiin hankkeelle kokonaisurakoitsijaa. Ensimmäisessä vaiheessa haettiin kolmea tarjoajaa, joiden kanssa kehitettäisiin kunkin tarjoajan rakennejärjestelmälle sopiva ratkaisu. Ensimmäisessä vaiheessa määriteltiin mm. tontin rakennusoikeus, tilaohjelma ja alustava pohjapiirros peruskerroksesta. Tavoitteena oli saada mahdollisimman paljon vuokrattavia asuntoja ja asuntoneliöitä. Tarjoajien ehdotuksia kelpoisuusvaatimusten ja pisteytettävien valintaperusteiden mukaan. Ensimmäiseen vaiheeseen ilmoittautui kuusi urakoitsijan ja puuosatoimittajan konsortiota, joista kolme täytti tarjouspyynnön ehdot ja valittiin toiseen vaiheeseen syyskuussa 2016.⁷

Kilpailutuksen toinen vaihe järjestettiin loppuvuoden 2016 aikana. Toisen vaiheen tarjoajista yksi tarjosi tilaelementtiratkaisua ja kaksi paikallarakennettavaa CLT- tai LVL-runkoa. Loka-joulukuussa järjestettiin neljä suunnittelukokousta, joissa suunnitelmia kehitettiin kahden pohjaratkaisun mukaan suurelementti- ja tilaelementtirungolle. Tarjousvaiheessa rakennuttajan arkkitehtikonsultti laati eri urakoitsijoille erilaisen tarjouslaskenta-aineiston valitun runkojärjestelmän ominaisuuksien perusteella. Lopullisessa tarjouskilpailussa valintakriteerinä oli halvin huoneistoneliön hinta. Edullisin neliöhinta oli noin 3650 €/m², joka toteutui Stora Enson LVL/CLT-runkojärjestelmällä. Kalleimman tarjouksen neliöhinta oli noin 4500 €/m², eli eri runkovaihtoehtojen välillä oli lähes tuhannen euron hintaero.⁸

Hankkeen urakkamuotona oli kiinteähintainen kokonaisurakka, johon kuului lisäksi rakennesuunnittelu ja rakenteiden tarkastus kolmannen osapuolen toimesta. Arkkitehti- ja erikoissuunnittelu olivat rakennuttajan teettämiä. Hankkeen pää-, rakenne- ja paloteknisten suunnittelutehtävien vaativuusluokka määritettiin poikkeuksellisen vaativaksi, mikä asetti tiettyjä edellytyksiä suunnittelijoiden pätevyydelle. Lisäksi rakennus oli korkeutensa ja poikkeuksellisen rakentamistapansa vuoksi ns. rakenteellisen turvallisuuden erityismenettelyn piirissä, mikä edellytti hankkeelta normaalista hankkeesta poikkeavia laadunvarmistustoimenpiteitä, kuten suunnitelmien ja rakennusosien ja työmaatoteutuksen puolueetonta ulkopuolista tarkastusta.⁹ Alkuperäisen aikataulun mukaan rakentamisen oli tarkoitus alkaa toukokuussa 2017. ARA:n ja rakennusvalvonnan kanssa käytävät neuvottelut kuitenkin hidastivat aikataulua ja kohde sai rakennusluvan kesäkuussa 2017. Työmaa käynnistyi vasta joulukuussa 2017.

Das Kelo

DAS kelo sijaitsee Rovaniemellä Riihipellonpuiston alueella Lapin yliopiston ja Lapin ammattikorkeakoulun kampusalueiden välissä noin kahden kilometrin päässä kaupungin ydinkeskustasta. Alue on pääosin varsin väljästi rakennettua

7	H5
8	H5
9	H5

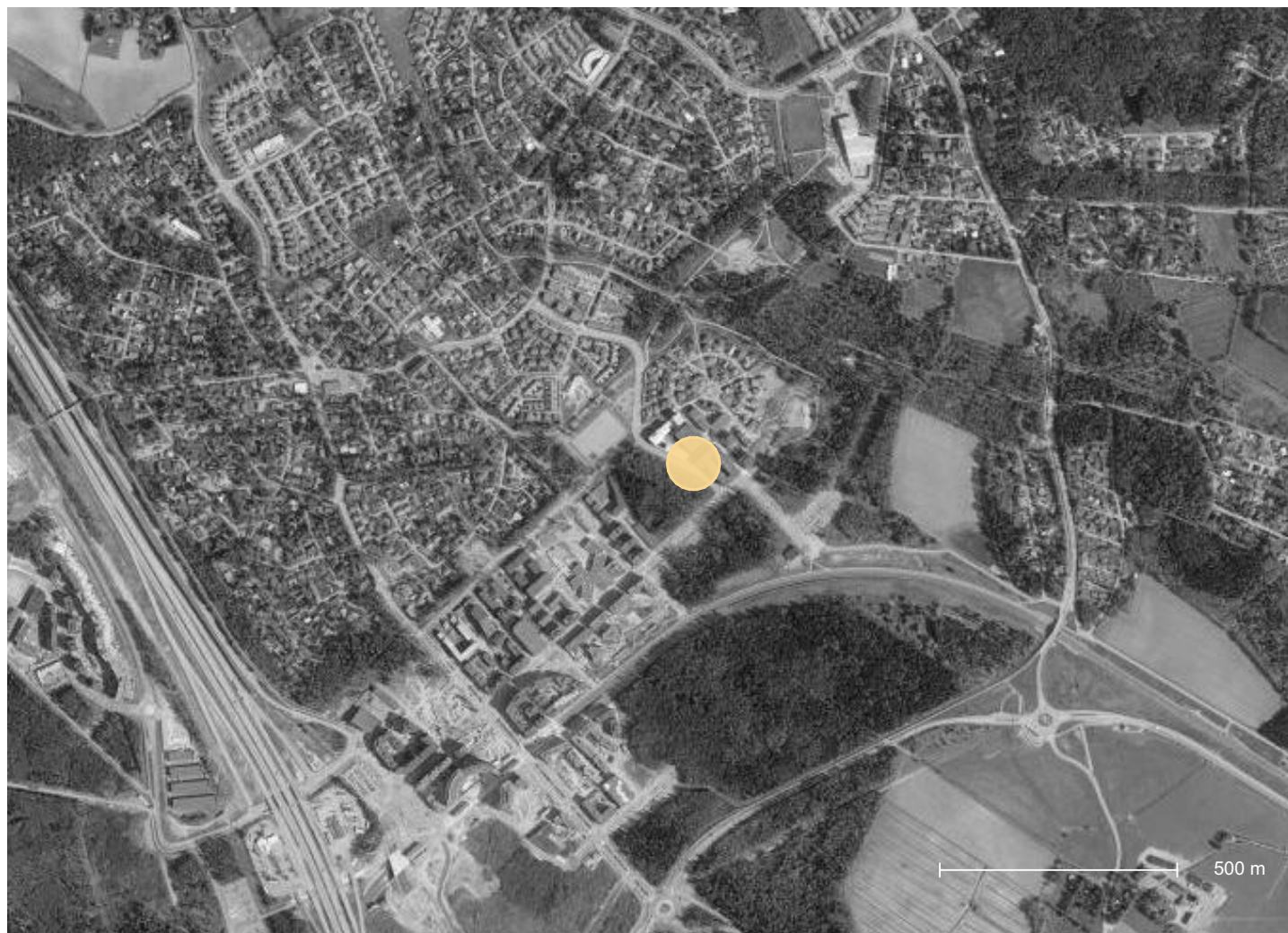
4-6 kerroksista kerrostaloaluetta. DAS Kelon toteutusprosessia on kuvattu varsin kattavasti toukokuussa 2020 julkaistussa DAS Kelon syntytarina -julkaisussa ¹⁰.

DAS Kelo toteutettiin Rovaniemen kaupungin omistamalle tyhjälle tontille, joka on aiemmin ollut käytössä Lapin yliopiston paikoitusalueena. Domus Arctica-säätiö oli ollut kiinnostunut tontista ja pyrkinyt aktiivisesti edistämään alueen suunnittelua. Tontille aloitettiin opiskelija-asuntojen toteuttamiseen tähtäävä asemakaavan muutos jo vuonna 2013 Domus Arctican aloitteesta. Kaavahankeeseen päätettiin kuitenkin sisällyttää myös yliopiston tavoitteita alueella, minkä vuoksi hanke keskeytyi. Kaava-aluetta laajennettiin ja asemakaava kuulutettiin uudelleen vireille vuonna 2016. Kaava toteutettiin tontinluovutukseen tähtäävänä suorana kumppanuuskaavoituksena ja rakennuksen suunnittelu toteutettiin samanaikaisesti kaavahankkeen kanssa.¹¹

DAS Kelon Hankesuunnittelu käynnistyi syyskuussa 2016 Domus Arctican järjestämällä aamukahvitilaisuudella, johon osallistui DAS:n, Rovaniemen kaupungin sekä yliopiston ja ammattikorkeakoulun edustajia. Tilaisuudessa käsiteltiin Riihipellonpuiston tontin tulevaa käyttöä ja tiivistettiin hankkeen tavoitteita. Tilaisuudessa visioitiin, että alueen toteuttaminen voitaisiin aloittaa asunnoilla, minkä jälkeen alue täydentyy korkeakoulujen ja yritysten tiloilla. Varsinainen kaavahanke ja rakennussuunnittelu käynnistyi marraskuussa 2016. Domus Arctican tavoitteena hankkeessa oli kaupunkikuvallisesti ja ekologisesti merkittävän opiskelija-asuin-kerrostalon tuottaminen. Hankesuunnitteluvaiheessa päätettiin toteuttaa kohde puukerrostalona, mikäli se olisi kustannusten kannalta mahdollista ja samalla kerätä tietoa puurakentamisen prosessista, tekniikoista ja materiaaleista.¹²

Alustavien suunnitelmat kohteesta valmistuivat keväällä 2017 ja niiden perusteella tehtiin kustannusvertailu, jonka tavoitteena oli tunnistaa merkittävimmät kustannuserot eri runkomateriaalien välillä. Vertailussa arvioitiin paikallavaletun betonirungon sekä elementtirakenteisen CLT- tai suurelementtirungon kustannuseroa. Betonirungolle arvioitiin hinnaksi noin 1 600 000 € puurungolle noin 2 100 000 € ja CLT-rungolle noin 2 500 000 €. Sprinklauksen osuus puuvaihtoehtoissa on noin 260 000 €. Koko hankkeen tavoitehinnaksi arvioitiin noin 8 300 000 m€, jolloin CLT-kerrostalo on kokonaishinnaltaan noin 10% kalliimpi ja puukerrostalo noin 6% kalliimpi kuin perinteinen betonikerrostalo.¹³ Kalliimmasta hinnasta huolimatta hankkeessa päädyttiin tilaelementtirakentamiseen sen opiskelija-asuntotuotantoon soveltuviksi koettujen ominaisuuksien vuoksi. Kahdeksankerroksisesta tilaelementtirakentamisesta oli myös vuonna 2015 rakennetun Puukuokan myötä aiempaa kokemusta, joten se tiedettiin toteuttamiskelpoiseksi ratkaisuksi.¹⁴ Asemakaava tuli lainvoimaiseksi tammikuussa 2018 ja samalla käynnistettiin DAS Kelon urakkatarjouskilpailu. Rakennuslupa myönnettiin maaliskuussa 2018 ja rakentaminen käynnistyi kesäkuussa 2018.¹⁵

10 Vatanen 2020
11 Rovaniemen kaupunki 2017, 5-7
12 Domus Arctica -säätiö 2016,
13 Prodeco Oy 2017a
14 H6
15 Domus Arctica -säätiö 2018



HOAS Tuuliniitty

HOAS Tuuliniitty sijaitsee Espoon Tapiolassa ja on osa laajempaa Tuuliniityn puukerrostaloaluetta. Alueen kehittäminen alkoi vuonna 2012 Metsä Groupin (silloin Metsäliitto osuuskunta) ja Asuntosäätiön aloitteesta. Asuntosäätiön tavoitteena hankkeessa oli uusien asumisratkaisujen kehittäminen ja Metsä Group pyrki puurakenteisten runkoratkaisujen kehittämiseen. Tuuliniityn alue on harvoja Espoon kaupungin omistamia maa-alueita Tapiolan alueella, eli se oli otollinen sijainti uuden asuntorakentamisen kaavoittamiselle. Espoon kaupunginhallitus antoi toukokuussa 2012 Asuntosäätiölle ja Metsä Groupille suunnitteluvarauksen Tuuliniityn asuinalueen suunnittelua varten ja siihen liittyvien taloudellisten ja asemakaavallisten toteutusmahdollisuuksien tutkimista varten. Suunnitteluvarauksessa edellytettiin arkkitehtikilpailun järjestämistä ja kilpailu toteutettiin alkuvuoden 2013 aikana. Kilpailun tavoitteena oli löytää alueelle korkeatasoisia kortteliratkaisuja, jotka mahdollistavat puurakenteisen asuntoarkkitehtuurin ja puurakentamisen kehittämisen. Kilpailun voitti Arkkitehtitoimisto Jukka Turtiainen Oy:n ehdotus Tiebreak, jonka pohjalta alueelle laadittiin asemakaavan muutos. Kaavaprosessi alkoi syyskuussa 2013 ja kaava tuli lainvoimaiseksi joulukuussa 2015. Kaava-alueen laajuus on noin 1,7 hehtaaria ja sinne on osoitettu noin 21 500 kem² rakentamista.¹⁶ Alkuperäisessä kaavassa alueen rakennusten edellytettiin olevan puurunkoisia, mutta Espoon kaupunki on myöhemmin muuttanut tätä määräystä. Samoin ARA-tuotannon määrää on vähennetty alkuperäisestä suunnitelmasta.¹⁷

Alueen puurakentamisen tavoite liittyi osaltaan myös Espoon kaupungin, Aalto yliopiston ja Työ- ja elinkeinoministeriön vuonna 2012 allekirjoittamaan yhteistyösopimukseen puurakentamisen ja puutuotealan kehittämisestä Tapiolan, Otaniemen ja Keilaniemen alueilla. Sopimuksen mukaan alueilla on tarkoitus kehittää modernia suomalaista puurakentamista ja koko puutuotealaa sekä siihen liittyvää monipuolista osaamista yhdistämällä puuarkkitehtuuria, korkealuokkaista muotoilua sekä resurssi- ja energiatehokkuutta¹⁸. Tämän lisäksi vuonna 2014 julkaistiin Espoon kaupungin puurakentamisen edistämishjelma, jossa asetettiin tavoitteita ja ohjauskeinoja puurakentamisen lisäämiselle.¹⁹

Alkuperäisessä kilpailuohjelmassa nykyiselle HOAS Tuuliniityn tontille oli tarkoitus sijoittaa vanhusten palvelukeskus. Kilpailuvaiheessa alueelle ei ehdotettu korkeaa rakentamista, vaan se tuli mukaan vasta asemakaavoituksessa. Kaavavaiheessa tontti osoittautui palvelukeskukselle kuitenkin liian pieneksi, jolloin tontille päädyttiin sijoittamaan tiiviisti vuokra-asuntoja ja sosiaalista asuntotuotantoa, joille ei osoitettu autopaikkoja. Autottoman korttelin toteuttamisen mahdollistivat metroaseman läheisyys ja valmiiksi lähialueella sijaitseva suuri pysäköintilaitos. Korkeaan rakentamiseen johtivat erityisesti tontin ahtaus ja tarve saada nopeasti kehittyvälle Tapiolan alueelle riittävä määrä tuettua asumista ja opiskelija-asuntoja.²⁰

16 Espoon kaupunki 2014a, 4-5, 26
17 H12
18 Espoon kaupunki 2014, 8
19 Espoon kaupunki 2014b
20 H12

HOAS tuli mukaan hankkeeseen kaavavaiheen jälkeen vuonna 2017, jolloin Suomessa ei vielä ollut kokemuksia yli 8-kerroksisen puukerrostalohankkeen toteutuksesta. Alkuperäisessä suunnittelukilpailussa oli mukana Metsä Group, joka kehitti omaa pilari-palkki -runkoon ja massiivipuulevyihin perustuva rakennejärjestelmä. Aluksi Tuuliniityn hanke suunniteltiin suurelementtijärjestelmällä, jonka mukaisesti laadittiin tarkat arkkitehti- ja rakennesuunnitelmat urakka-laskentaa varten syksyllä 2018. Kustannusten laskemiseksi päädyttiin kuitenkin tutkimaan myös tilaelementtivaihtoehtoa ja vuoden 2019 alussa hanketta alettiin suunnitella uudestaan tilaelementtiratkaisuna. Vuoden 2019 keväällä päätettiin, että hanke toteutetaan tilaelementeistä. Tilaelementtien etu syntyi erityisesti työmaan nopeudesta. Tuuliniityn tontti on myös hyvin pieni, jolloin siellä ei mahdu varastoimaan mitään ja tilaelementit asennetaan suoraan autoista. Pohjaratkaisua ei juurikaan tarvinnut muuttaa suurelementti- ja tilaelementtirakenteiden välillä eli rakennejärjestelmän muutos vaikutti ensisijaisesti rakenteisiin ja liitosratkaisuihin ²¹.

Rakennesuunnittelu aloitettiin käytännössä täysin alusta tilaelementtiratkaisun myötä. Myös Tuuliniityssä tarkasteltiin aluksi Lighthouseessa käytettyä jännetankojäykistystä, mutta tilaelementtijärjestelmässä se osoittautui rakentamisen kannalta haastavaksi esimerkiksi tankojen kiristämisen ja reikien paikkauksen suhteen. Jäykistyksessä päädyttiin lopulta käyttämään kantavien seinien sisällä olevaa teräksistä vaarnatappiliitosta. Kohteelle etsittiin rakennusurakoitsija ja tilaelementtitoimittaja kesällä 2019 kun rakenneratkaisun peruseriaate oli suunniteltu, mutta valmiita suunnitelmia ei ollut vielä tehty. Tämän jälkeen suunnitelmia tarkennettiin ja niiden pohjalta rakennettiin neljän tilaelementin kokoinen malli, jolla testattiin liitosratkaisujen toimivuutta ja asennuksen työtapoja sekä liitosten ääniteknistä toimivuutta. Hankkeen työmaa käynnistyi vuonna 2020 ja rakennuksen on tarkoitus valmistua 2021.²²

Puukuokka

Puukuokka on kolmen kerrostalon kokonaisuus, joka sijaitsee Jyväskylässä Kuokalan kaupunginosassa noin kolmen kilometrin päässä kaupungin ydinkeskustasta. Kokonaisuuden ensimmäinen rakennus valmistui vuonna 2015 ja oli suomen ensimmäinen 8-kerroksinen puukerrostalo. Kaksi jälkimmäistä rakennusta ovat 7- ja 6-kerroksisia. Kolmessa rakennuksessa on yhteensä 184 asuntoa, joista 58 valmistui ensimmäisessä vaiheessa. Rakennukset on toteutettu CLT-tilaelementeillä. Erityisesti ensimmäinen rakennus oli pilottikohde, jolla tutkittiin ratkaisuja CLT-tilaelementtien hyödyntämiseen korkeissa puukerrostaloissa.

Hankkeen taustat ovat Stora Enson tavoitteissa kehittää CLT-rakentamista Suomessa. Ennen varsinaisen Puukuokka-hankkeen käynnistymistä Stora Enso oli alkanut tuoda CLT-levyä Suomeen ja tehnyt kehitystyötä, jossa tutkittiin 8-kerroksisen puukerrostalon jäykistämistä.²³ Puukuokka-hanke käynnistyi vuonna 2011

21 H12
22 H12
23 H13

kaavoituksen esisuunnittelulla, jolloin laadittiin maankäytön yleissuunnitelma Puukuokan korttelista sekä viereisestä Louhimon alueesta. Varsinainen kaava-hanke alkoi helmikuussa 2012 ja kaava tuli lainvoimaiseksi vuonna 2013. Kaavoitettava alue oli rakentamatonta kaupungin omistuksessa olevaa maata, joka oli Jyväskylän kaavoitusohjelmassa määritelty täydennysrakentamisen alueeksi.²⁴

Puukuokka on toteutettu Lakean Omaksi-rahoitusmallilla, jossa asukas asuu vuokralla ja lunastaa asunnon maksamalla vuokran yhteydessä yhtiölainaa. Asumisoikeuden Omaksi-asuntoihin saa maksamalla rakennusaikana noin 7% osuuden asunnon kokonaishinnasta. Loput rahoitetaan valtion takaamalla yhtiölainalla, jota lyhennetään vuokranmaksun yhteydessä. Asunnon oltua 20 vuotta vuokra-asuntona sen voi lunastaa rakennusaikaisella kokonaishinnalla, josta on vähennetty vuokra-asumisen aikana maksetut lainanlyhennykset.

PuuMera

PuuMera sijaitsee Vantaan Kivistössä vuoden 2015 asuntomessualueella. Alueen suunnittelusta järjestettiin kansainvälinen arkkitehtikilpailu vuonna 2008 ja kilpailun voittanut arkkitehtitoimisto Harris-Kjisik Oy toimi kilpailua seuranneen asemakaavoitusprosessin konsulttina. Alueen asemakaavaselostuksen mukaan kilpailun tavoitteena oli löytää urbaania kaupunkikeskustaa kuvaava kokonaisratkaisu, joka liittäisi vuonna 2015 valmistuvan kehäradan pohjois- ja eteläpuoliset korttelit yhdeksi kokonaisuudeksi ja johon liittyisi julkisten ulkotilojen huomiointi kansalaisten olohuoneina. Asemakaavoitus käynnistyi vuonna 2008, mutta kaavatyö keskeytyi vuonna 2011. Päätös vuoden 2015 asuntomessujen sijoittamisesta Vantaalle tehtiin talvella 2010-2011 ja asuntomessuja varten aloitettiin uusi kaavaprosessi, jossa alueelle laadittiin useita uusia vaihtoehtoisia rakennusratkaisuja. Lopullinen asemakaava tuli voimaan marraskuussa 2012. Kaavassa ei ole erityisiä puurakentamista koskevia määräyksiä tai tavoitteita, mutta kaavaselostuksessa mainitaan, että alueelle voi sijoittua puukerrostaloja²⁵. PuuMeran tontti on osoitettu asemakaavassa keskustatoimintojen korttelialueeksi (C), jolle on sallittu enintään viisikerroksisen rakennuksen rakentaminen. Rakennuksen julkisivut on määrätty rakennettavaksi kiinni tontin rajaan kaikilla korttelialueen sivuilla, mikä käytännössä johtaa umpikorttelimaiseen rakennusmassaan.²⁶

Kivistön PuuMera-hanke käynnistyi vuonna 2012. Vantaan kaupungin tavoitteena oli toteuttaa suuri korttelinlaajuinen puukerrostalokohde Kivistön asuntomessuille, minkä myötä kaupunki lähestyi puukerrostalorakentamiseen erikoistunutta rakennusliike Reposta. Reposen tehtäväksi jäi etsiä hankkeelle tilaajat, joiksi valikoituvat Suomen vuokrakodit Oy ja TA-asumisoikeus. Hanke suunniteltiin yhteistyössä Reposen, Vantaan kaupungin ja asuntomessuorganisaation kanssa.²⁷

Hanke oli alun perin suunniteltu toiselle asuntomessualueella sijaitsevalle tontille, mutta se jouduttiin liito-oravien vuoksi siirtämään nykyiseen paikkaan, mikä

24 Jyväskylän kaupunki, 2013
25 Vantaan kaupunki 2012a, 4-5
26 Vantaan kaupunki 2012b
27 H16

viivästytti hankkeen aikataulua noin puolella vuodella. Suunnittelu käynnistyi vuoden 2013 alussa ja rakennuslupa myönnettiin maaliskuussa 2014. Kiireisen aikataulun vuoksi Vantaan kaupungin kanssa alettiin käydä valmistelevia neuvotteluja jo ennen rakennusluvan sisäänjättöä. Samalla tehtiin myös asemakaavaan liittyviä tarkennuksia, mikä mahdollisti esimerkiksi betonirakenteisen maantasokerroksen toteuttamisen sallitun enimmäiskerrosluvun lisäksi. Rakentaminen alkoi huhtikuussa 2014.

3.3 Arkkitehtuuri ja tilaratkaisut

Rakennus kaupunkikuvassa

Tutkimuskohteena olleet puukerrostalot ovat kaupunkikuvallisesti melko erilaisia, ja edustavat varsin monipuolisesti kerrostalorakentamisen typologioita. Lighthouse on rakennuksista tornitalomaisiin ja se on kenties Tuuliniityn ohella ainoa kohde, jota voi myös kaupunkikuvallisessa mielessä pitää korkeana rakentamisena. 14-kerroksinen pistetalo nousee selkeästi muuta Penttilänrannan alueen rakennuskantaa korkeammaksi, mikä tekee siitä kaupunkikuvallisen maamerkin ja kaupunginosan kiintopisteen. Vaikutelmaa korostaa myös rakennuksen sijainti Joensuun keskustasta johtavan Ylisoutajansillan päätepisteenä. Myös HOAS Tuuliniitty on valmistuessaan Lighthouseen kaltainen korkea maamerkkirakennus, joka erottuu selvästi ympäristöstään korkeampana rakentamisena. Itäpuoleltaan rakennus rajautuu Tapiolan metroaseman ympäristön tiiviiseen ruutukaava-alueeseen ja muista suunnista puutarhakaupungin väljempään puistomaiseen kaupunkirakenteeseen. Muut samaan kortteliin toteutettavat rakennukset ovat korkeimmillaan 6-kerroksisia, joten HOAS Tuuliniitystä tulee selvästi alueen korkein rakennus.

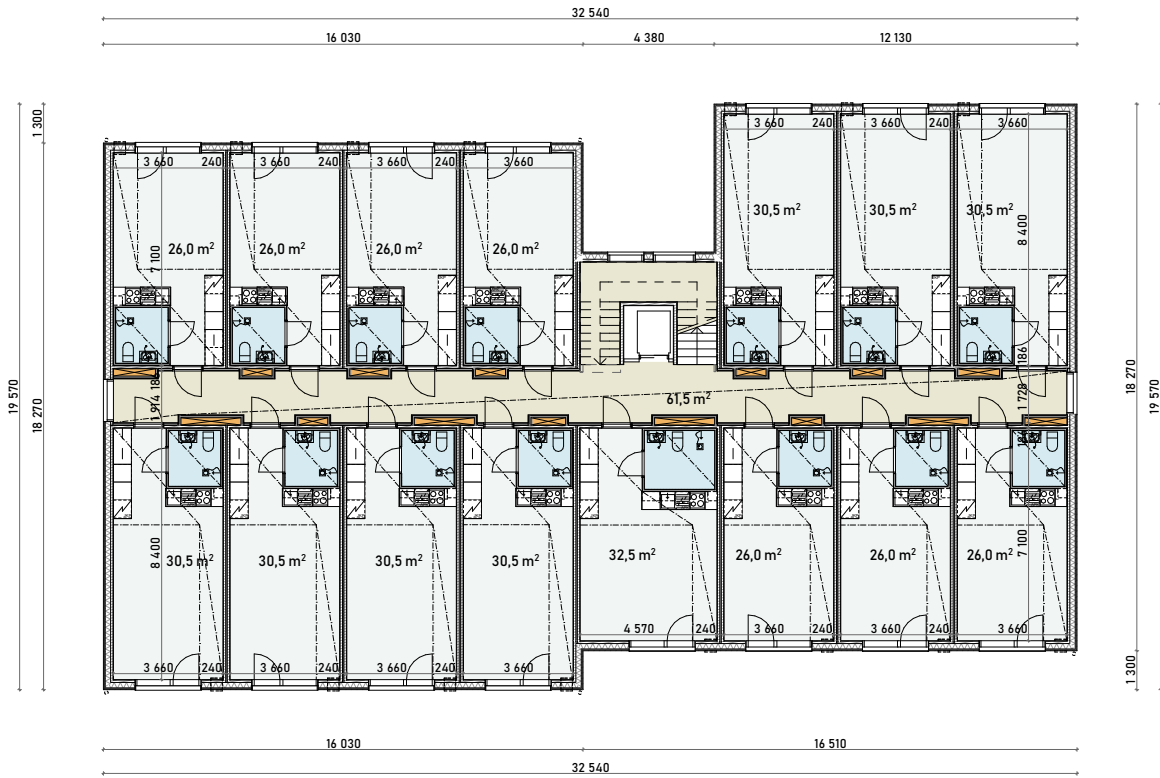
DAS Kelo sijaitsee väljässä ja avoimessa kaupunkirakenteessa osana muiden pistemäisten kerrostalojen sarjaa. Muut Rantavitikan alueen rakennukset ovat enimmillään 6-kerroksisia melko tavanomaisia 1970-80-luvun asuinkerrostaloja. DAS Kelo on massoitteeltaan ja korkeudeltaan varsin yhtenäinen ympäröivän rakennuskannan kanssa eikä se juurikaan erotu ympäristöstään poikkeuksellisen korkeana rakennuksena samalla tavalla kuin Lighthouse ja Tuuliniitty. Toisaalta Kelon näkyvä sijainti varsinkin keskustan suuntaan tekee siitä tunnistettavan kohteen kaupunginosaan saavuttaessa. Puukuokan kolme rakennusta muodostavat erittäin tunnistettavan arkkitehtonisen hahmon keskeiselle paikalle Kuokkalan kaupunginosassa. Rakennukset sijaitsevat muusta kaupunkirakenteesta erottuvan metsäisen kalliosaarekkeen reunassa ja muodostavat selkeän ympäristöstään erottuvan korttelikokonaisuuden.

Kivistön PuuMera poikkeaa arkkitehtuuriltaan ja massoitteeltaan hyvin paljon muista tutkituista kohteista ja on niihin verrattuna esimerkki kaupunkimaisemmasta puukerrostalorakentamisesta. Muut kohteet sijaitsevat pistemäisinä rakennuksina avoimessa korttelirakenteessa, mutta PuuMeran rakennusmassa muodostaa tiiviin, tontin rajojen mukaisen umpikorttelin. PuuMera on myös pinta-alaltaan huomattavasti muita kohteita suurempi. Rakennus sijaitsee Kivistön asuntomesualueen eteläkärjessä ja muodostaa selkeän rajan rakennetulle korttelialueelle Etelä- ja lounaissuunnassa rakennus rajautuu metsäiseen puistoalueeseen.

Pohjaratkaisu ja tilasuunnittelu

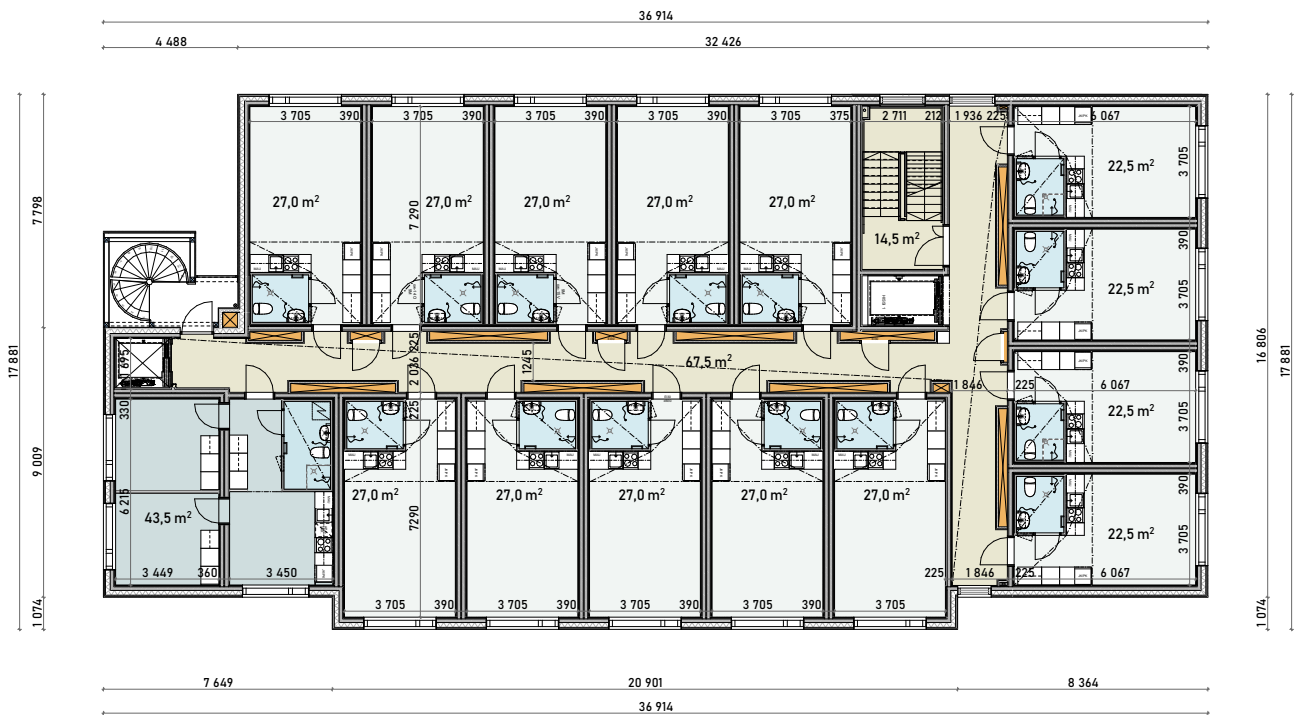
Asuinkerrosten pohjaratkaisu perustuu paljolti käytettyyn rakennejärjestelmään. Kaikissa kolmessa tilaelementtikohteessa on jonkinlainen keskikäytäväratkaisu, jonka ympärille tilaelementit ryhmittyvät. Tuuliniityssä ja Kelossa suurin osa asunnoista on yksiöitä ja kaikki tilaelementit sijaitsevat poikittain rakennus-

Kuva 20 HOAS Tuuliniitty ja DAS Kelo pohjapiirrokset



DAS Kelo 2. kerros 1:250

asm ² /kerros	397,5
brm ² /kerros	573,0
tehokkuus	0,69



- ☐ 1h + k
☐ 2h + k
☐ 3h + k
☐ 4h + k
☐ porrashuone
☐ tekninen tila

HOAS Tuuliniitty 2. kerros 1:250

asm ² /kerros	403,5
brm ² /kerros	608,0
tehokkuus	0,66

runkoon nähden, jolloin rakennusten runkosyvyys muodostuu varsin suureksi ja lähes kaikki asunnot aukeavat ainoastaan yhteen suuntaan. Märkätilat sijaitsevat kaikissa asunnoissa porrashuoneen vastaisella seinällä.

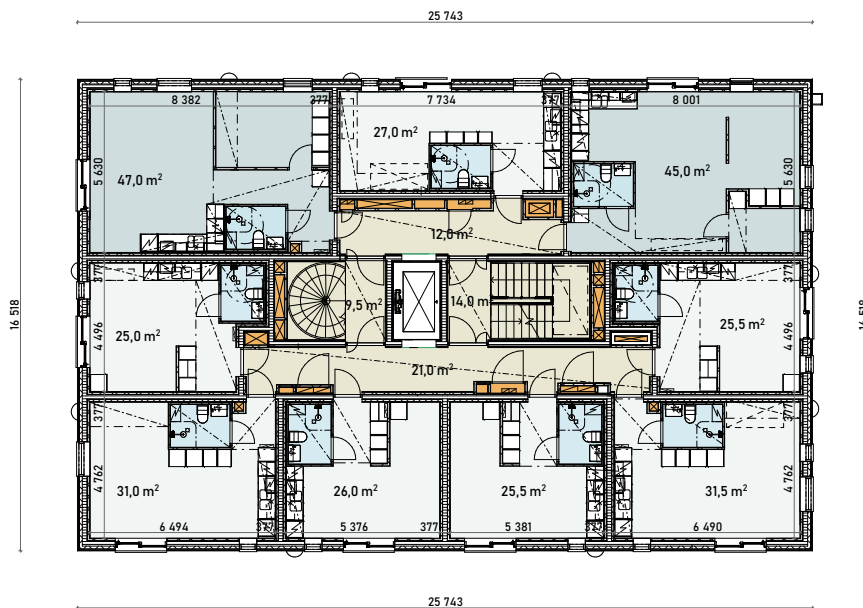
Kelossa tilaelementtejä on kahta päätyyppiä, joiden lisäksi jokaisessa kerroksessa on yksi suurempi liikuntaesteisille suunnattu asunto. Molemmat perusasuntotyypit ovat 3660 mm leveitä, mutta toinen on 1300 mm syvempi, jolloin rakennusmassa on saatu porrastettua kahteen osaan. Asuinkerrokset ovat keskenään samanlaisia lukuun ottamatta ylintä kerrosta, jossa sijaitsee saunaosasto ja kerhotila. Myös Tuuliniityssä asunnot ovat pääosin yhdestä tilaelementistä muodostuvia yksiöitä, joita on kahta päätyyppiä. Lisäksi jokaisessa kerroksessa on kahdesta tilaelementistä muodostuva kaksio. Rakennuksessa on kaksi porrashuonetta, joista toinen on rakennusvaipan ulkopuolinen kylmä poistumisporras. Myös hissejä on kaksi. Ensimmäinen kerros on betonirakenteinen ja sisältää varasto- ja yhteistiloja. Kerrokset 2-13 ovat keskenään samanlaisia asuinkerroksia. Kolmastoista kerros on rakennusoikeuteen sisältymätön ullakkokerros, jossa sijaitsee asukkaiden kerho-huone sekä saunaosasto.

Kelossa ja Tuuliniityssä porrashuone ja hissikuilu on toteutettu erillisenä tilaelementtinä, joka sijaitsee ulkoseinää vasten keskikäytävän varrella. Kelossa porras liittyy suoraan keskikäytävään, mutta korkeammassa Tuuliniityssä porrashuone on palo-osastoitu tilaelementin sisään. Puukuokassa porras sijaitsee puolestaan keskikäytävän suuntaisesti, mutta ulkoseinän ja käytävän väliin on jätetty korkea valoaukko.

Varsinkin Puukuokka 1:ssä asunnot ovat huomattavasti opiskelijakerrostaloja suurempia ja jokainen asunto koostuu kahdesta tilaelementistä, jotka on sijoitettu pitkittäin rungon suuntaisesti. Puukuokka 2 ja 3 ovat asuntojakaumaltaan lähempänä muita tilaelementtikohteita ja niissä on myös joitakin yhden tilaelementin kokoisia yksiöitä. Porrashuoneen vastaiset tilaelementit ovat niin sanottuja tekniikkaelementtejä, joihin on sijoitettu asuntojen keittiöt ja märkätilat. Ulkoseinän puoleisissa kuivissa elementeissä sijaitsee oleskelu- ja makuutiloja. Useasta tilaelementistä koostuvissa asunnoissa elementin massiivipuuseinä on korvattu pilari-palkki -rakenteella, mikä mahdollistaa avoimien tilojen muodostamisen elementtien välille ja parantaa tilankäyttöä, kun asunnon sisälle ei muodostu kaksinkertaista väliseinärakennetta. Esimerkiksi Tuuliniityn kaksiossa molemmat elementit ovat umpinaisia ja niiden väliin jää paksu väliseinä.

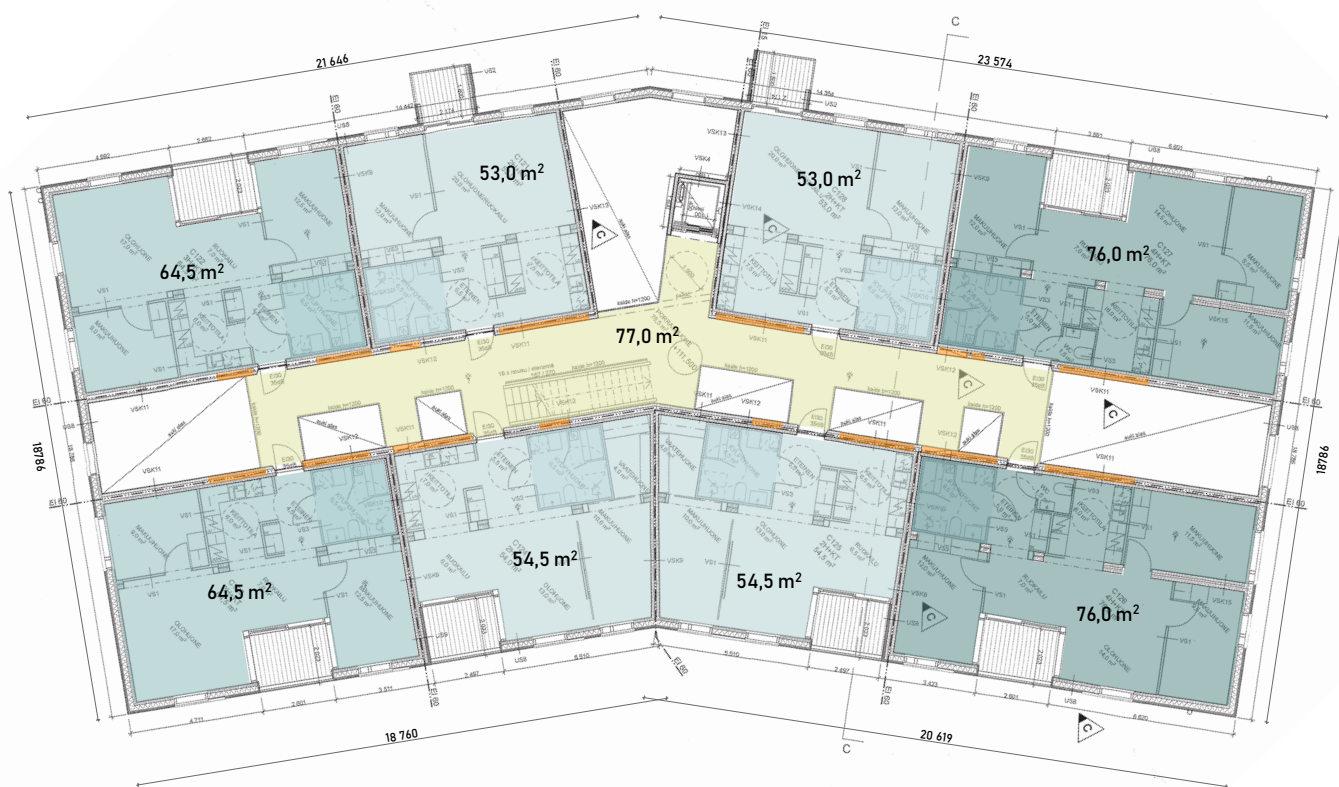
Puukuokan runkosyvyys määrittyy rakennuksen alla sijaitsevan pysäköintihallin mukaan. Rakennus on syvyydeltään samaa luokkaa kuin muut tilaelementtikohteet, vaikka Puukuokan ovat huoneistot enimmilläänkin vain noin seitsemän metriä syviä, mikä johtuu sekä tilaelementtirakentamisen optimimitoista, että asuntosuunnittelun tavoitteista. Tämän myötä porrashuoneesta muodostuu yli 3 metriä leveä puolilämmin ”sisäkatu”, jossa välipohjien aukotukset muodostavat koko rakennuksen korkuisia avoimia tiloja. Puukuokan porrashuone onkin hyvin oleellinen osa koko rakennuksen arkkitehtuuria, jonka toteutus on mahdollistettu sillä, että yhteensä noin 180 m²:n porrashuoneesta ainoastaan 15 m² lasketaan rakennusoikeudelliseen kerrosalaan. Tämän ylittävä osa ei myöskään mitoiteta autopaikkamäärää.

Kuva 21 Lighthouse ja
Puukuokka 1 pohjapiirrokset



Lighthouse 2. kerros 1:250

asm ² /kerros	273,5
brm ² /kerros	425,0
tehokkuus	0,64



- 1h + k
- 2h + k
- 3h + k
- 4h + k
- porrashuone
- tekninen tila

Puukuokka 13. kerros 1:250

asm ² /kerros	496,0
brm ² /kerros	766,0
tehokkuus	0,64

Suurelementtikohteissa pohjaratkaisut ovat tilaelementtikohteita tiiviimpiä ja yhdellä porrastasolla on tyypillisesti vähemmän asuntoja kuin tilaelementtikoh-teissa. Lighthouseessa asunnot ryhmittyvät kehämäisesti rakennuksen keskellä sijaitsevan porrashuoneen ympärille. Rungon keskellä on kaksi osastoitua porras-huonetta sekä molempiin suuntiin aukeava hissi. Kaikilla ulkoseinillä on asuin-huoneistoja ja porrashuone on kokonaan ikkunaton. Suuri osa asunnoista sijaitsee pitkittäin porrashuoneen suuntaisesti ja asuntojen syvyys jää varsin pieneksi. Varsinkin yksioista muodostuu Lighthouseessa eri mallisia kuin tilaelementeistä toteutetuissa opiskelijakerrostaloissa. Huoneistoihin muodostuu paljon ulko-seinää ja niissä on useampia ikkunoita. Myös asuntotyyppit ovat suurelementti-toteutuksena monipuolisempia kuin muissa opiskelijakohteissa; tyypillisessä asuinkerroksessa kuusi erilaista asuntopohjaa ja neljä kahteen suuntaan aukeavaa kulma-asuntoa, joista kaksi on yksioitä. Esimerkiksi Tuuliniityn peruserroksessa on yksi kahteen suuntaan aukeava asunto, Kelossa ei yhtäkään. Lighthouseessa kussakin asuinkerroksessa on seitsemän yksioitä, joiden koot vaihtelevat 26-31,5 m²:n välillä sekä kaksi kaksiota, joiden koot ovat 46 ja 47,2 m². Kaikissa asunnoissa on ranskalainen parveke.

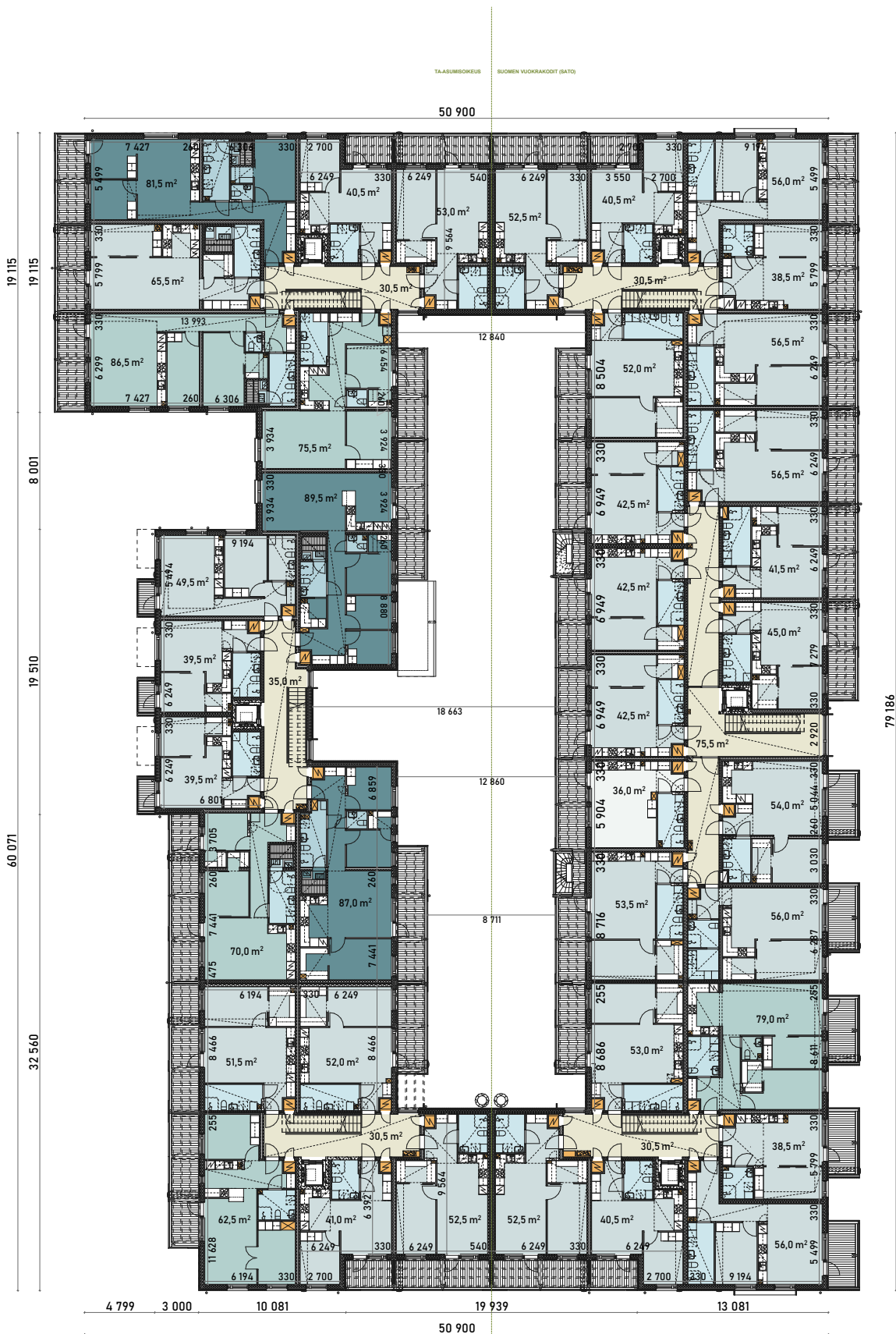
Kivistön PuuMera poikkeaa kooltaan ja tilaratkaisuiltaan täysin muista tutkituista puukerrostaloista. Rakennuksessa on kaikkiaan kuusi porrashuonetta ja asun-tojen koot sekä pohjaratkaisut ovat muita kohteita monipuolisempia. Rakennus jakautuu kahdelle omistajalle, joilla hieman erilainen asuntotakauma. TA-asumis-oikeudella on useita suurehkoja lähes 90 m²:n kolmioita ja neliöitä sekä joitakin pienempiä kaksioita. Suomen vuokratietien asunnot ovat pääasiassa pienempiä noin 40-50 m²:n kaksioita, joiden lisäksi tyypillisessä kerroksessa on yksi yksio sekä suurempi kolmio. Porrashuoneet ovat yhtä keskikäytävällistä porrashuonetta lukuun ottamatta varsin kompakteja lamellityyppisiä ratkaisuja. Muista kohteista poiketen kaikkia märkätiloja ei ole keskitetty porrashuoneen vastaiselle tekniikka-vyöhykkeelle, vaan niitä on varsinkin suuremmissa asunnoissa voitu sijoittaa myös ulkoseinälle tai huoneistojen keskelle.

Myös PuuMeran kerrospohjien välillä on muita kohteita enemmän vaihtelua. Ensimmäisessä asuinkerroksessa viisi asuntoa on korvattu irtaimistovarastoilla. Rakennuksen lounaisjulkisivussa on myös kaksi kahden kerroksen korkuista avointa kohtaa, joiden kohdalla ei ole asuntoja. Julkisivun aukot avartavat korttelin tiivistä sisäosaa ja niiden kautta on porrasyhteys kadulta sisäpihalle. Neljänneestä kerroksesta alkaen asuinkerrokset ovat yhtenäisiä. Tällöin toisen aukon yläpuolella on kaksi kaksiota ja toisen kohdalla alempien kerrosten yksio ja kaksio kasvavat kolmioksi ja neliöksi.

Yhteistilat ja autopaikoitus

Kaikissa rakennuksissa on vähintään yksi betonirakenteinen kerros, jossa sijaitsee teknisiä tiloja, irtaimistovarastoja sekä asukkaiden yhteistiloja ja autopaikkoja. Puukuokas-sa ensimmäinen kerros jatkuu kaikkien kolmen rakennuksen alle ja on

Kuva 22 PuuMera Kivistö
pohjapiirros



- 1h + k
- 2h + k
- 3h + k
- 4h + k
- porrasuone
- tekninen tila

PuuMera 4. kerros 1:400

asm ² /kerros	2275,0
brm ² /kerros	2774,0
tehokkuus	0,84

kokonaan autohallikäytössä. Lisäksi toinen kerros on osittain betonirakenteinen ja sisältää teknisiä tiloja, varastoja ja pyykinpesutilan. Puukuokassa ei ole lainkaan asukkaiden yhteistä sauna- tai kerhotilaa. Lighthouseessa kaikki yhteistilat sijaitsevat ensimmäisessä kerroksessa ja kaikki asuinkerrokset ovat samanlaisia. Muissa kohteissa yhteistiloja on sijoitettu myös ylempiin kerroksiin.

Puukuokkaa lukuun ottamatta asukkaiden yhteistilat käsittävät tyypillisesti varastojen ja pesutilan lisäksi sauna- ja kerhotiloja. Lighthouseessa on kaksi saunaosastoa, mutta ei lainkaan asukkaiden yhteistä kokoontumis- tai kerhotilaa. Pohjakerroksen väestönsuojatilassa on irtaimistovarastoja, minkä lisäksi rakennuksen ulkopuolella on kaksi erillistä varastoa sekä 19 autopaikkaa. Näiden lisäksi tontin ulkopuolella sijaitsee 25 autopaikkaa.

DAS Kelon tekniset tilat ja irtaimistovarastot sijaitsevat ensimmäisessä kerroksessa. Lisäksi ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee Domus Arctica -säätien toimistotila sekä asukkaiden yhteistila ja pesutupa. Lisäksi kahdeksannessa kerroksessa on asukkaiden käytössä oleva saunaosasto ja siihen liittyvä yhteistila, joka avautuu ulkoterrassille. Rakennuksen pysäköinti toteutettiin yhteiskäyttöisenä autopaikka-alueena (LPA), jolle sijoittuu DAS Kelon lisäksi kahden muun alueella sijaitsevan opiskelijakerrostalon autopaikkoja. Rakennuksen omalle tontille ei sijoitettu lainkaan autopaikkoja vaan kaikki pysäköinti on viereisellä tontilla sijaitsevalla LPA-alueella.

Tuuliniityssä ensimmäinen kerros koostuu pääosin teknisistä tiloista sekä irtaimisto ja polkupyörävarastoista, joiden lisäksi kerroksessa on pesula ja pieni kerhotila. Lisäksi ylimmässä kerroksessa on suurempi kerhotila ja saunaosasto, jotka liittyvät laajalle kattoterassille. Rakennuksessa ei ole lainkaan asukaspysäköintiä, mutta pihassa on kymmenen lyhytkestoiseen pysäköintiin varattua vieraspaikkaa ja kolme liikuntaesteisille suunnattua autopaikkaa.

PuuMeran betonirakenteinen pohjakerros on koko korttelin laajuinen ja se muodostaa kansipihan korttelin keskelle. Kellarikerroksessa on pysäköintihalli, väestönsuoja, teknisiä tiloja ja varastoja sekä noin 100 m²:n liiketila. Lisäksi osa irtaimistovarastoista sijaitsee puurakenteisena toisessa kerroksessa. Seitsemännessä kerroksessa on kolme erillistä saunaosastoa ja niihin liittyvät ulkoterrassit. Pihakannen alla sijaitsevassa pysäköintihallissa on yhteensä 78 autopaikkaa, joiden lisäksi viereisessä pysäköintilaitoksessa 45 rakennukselle osoitettua autopaikkaa.

Julkisivut ja pintamateriaalit

Korkean puukerrostalon julkisivu voidaan toteuttaa joko puuverhoiltuna tai jollain muulla materiaalilla. Rakentamismääräykset mahdollistavat palosuojaamattoman puumateriaalin käytön enintään 50-metriä korkeiden asuinrakennusten julki-

Kuva 23 **Puukuokka 1:n**
porrashuone





Kuva 24 **DAS Kelon porrashuone**



Kuva 25 **Joensuu Lighthouse'n porrashuone**

sivuissa, jos palon leviäminen julkisivun tuuletusvälissä on rajoitettu kerroksittain. Palamattomasta tai palosuojatusta materiaalista valmistetussa julkisivussa erillisiä palokatkoja ei edellytetä. Ensimmäisen kerroksen pintojen tulee kummassakin tapauksessa olla palosuojattuja.¹ Tämän tutkimuksen kohteena olleissa puukerrostaloissa julkisivumateriaalina on käytetty puuverhousta sekä kuitusementtilevyä. Julkisivut voidaan työmaalla tai ne voivat olla valmiiksi asennettuina tila- tai ulkoseinäelementeissä.

Lighthouse on tutkimuskohteista ainoa, jossa ei ole käytetty puujulkisivua. Julkisivut on verhottu kuitusementtilevyllä, jossa on kolmea valkoisen ja harmaan eri sävyä. Puujulkisivua pidettiin korkeassa rakennuksessa vaikeasti huollettavana ja kuitusementtilevyyn päädyttiin erityisesti pitkäaikaiskestävyyden ja vähäisen huoltotarpeen vuoksi. Vaikka asuinkerrokset ovat pohjaratkaisultaan samanlaisia, ranskalaisten parvekkeiden ja ikkunoiden sijainti vaihtelee jonkin verran kerroksittain, mikä luo elävyyttä muutoin pelkistettyihin julkisivuihin. Valmis julkisivupinta toteutettiin valmiiksi LVL-rakenteisiin ulkoseinäelementteihin ennen elementtien asennusta.

DAS Kelon julkisivussa on käytetty tilaelementteihin valmiiksi asennettua vaakasuuntaista puoliponttilaudoitusta, joka on käsitelty harmaalla Tikkurilan Vinha -puunsuojamaalilla. Porrashuonesyvennyksessä on sininen tehosteväri. Kaikissa tilaelementeissä on samanlainen ranskalainen parveke ja kaksiosainen lattiaan jatkuva ikkuna, jotka muodostavat julkisivuun symmetrisen ruudukkosommitelman. Symmetristä julkisivua on elävöitetty alaikkunoiden vaihtuvilla värikalvoilla ja peilaamalla ikkuna ja ranskalainen parveke kerroksittain.

Tuuliniityn julkisivuissa on käytetty vaakasuuntaista puupaneeliverhousta ja puisia julkisivulevyjä. Julkisivuihin suunniteltiin aluksi kuningaspaneelia, mutta ne päädyttiin toteuttamaan Siparilan Platta-levyllä, joka tuli markkinoille vuonna 2018². Platta-levyt ovat ristiinliimatusta kuusesta valmistettuja valmiiksi pintakäsiteltyjä julkisivuelementtejä. Elementit ovat ympäriontattuja ja niihin ei jää julkisivussa näkyviä nauloja tai muita kiinnityksiä. Tuuliniityssä julkisivujen koolaukset on tehty valmiiksi tilaelementteihin, mutta varsinainen julkisivuverhous asennetaan työmaalla.

Puukuokan julkisivumateriaalina on käytetty pystysuunaista paikalla asennettua paneeliverhousta. Pihan puolella oleva julkisivu on käsittelemätöntä lehtikuusta, joka harmaantuu ajan myötä. Muut julkisivut ovat mustaksi maalattua kuusta. Julkisivut ovat Siparilan toimittamia ja valmiiksi pintakäsiteltyjä. Ne on

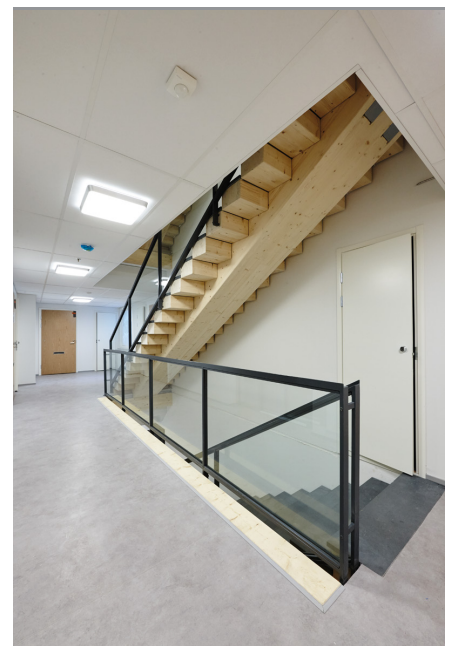
1 848/2017
2 H12

myös asennettu osaurakkana valmistajan toimesta. Puukuokka on tarkastelluista tilaelementtikohteista ainoa, jossa on parvekkeita. Osa parvekkeista on toteutettu julkisivuun kiinnittyvinä ulokeparvekkeina ja osa sisäänvedettyinä lasiparvekkeina. Parvekkeissa on hyödynnetty puurakentamisen mahdollisuutta toteuttaa sisäänvedettyjä rakenteita suoraan tilaelementteihin. Käytännössä tilaelementtien välipohjalaatta jatkuu suoraan parvekelaattana ilman kylmäsiltojen muodostumista.

PuuMerassa rakennusmassa on jaettu pienempiin osioihin erilaisilla julkisivupinnoilla. Julkisivuissa on käytetty usean väristä maalattua puupaneelia sekä kuitusementtilevyä, jotka on asennettu tehtaalla ulkoseinäelementteihin. Rakennuksessa on myös käytetty kaupunkikuvallisista syistä kolmea erilaista parvekeratkaisua, mikä luo vaihtelua suureen rakennusmassaan.

Sisätiloissa puuta on käytetty pintamateriaalina varsinkin porrashuoneissa ja huoneistojen kattopinnoissa. Rakentamismääräysten mukaan P2-paloluokan asuinkerrostaloissa asuntojen sisäpinnat tulee suojata A2-luokan suojaverhouksella, joka tarkoittaa käytännössä kipsi- tai kuitusementtilevyä. Vaatimus ei koske porrastasanteiden ja portaiden yläpintoja. Normaalisti 20 prosenttia asunnon seinä- ja kattopinnoista voidaan jättää suojaamatta. Puumateriaalia on mahdollista jättää näkyviin myös enemmän, jos kantavien ja osatoivien seinien palonkestoaikaa kasvatetaan.

Lighthouseessa kaikki sisäpuoliset pinnat on suojaverhoiltu eikä puupintaa ole näkyvissä. Tämä johtuu ennen kaikkea siitä, että runkomateriaalina käytetty LVL-levy ei ole sellaisenaan esteettinen pintamateriaali, kuten vaikkapa CLT. Suurelementtitekniikassa myös puuosien teräслиitokset jäävät näkyviin elementtien pintaan, jolloin seinäpinnat täytyy joka tapauksessa peittää. Myös PuuMerassa puupintaa on sisätiloissa näkyvisä ainoastaan portaiden alapinnassa. 8-kerroksisissa tilaelementtikohteissa tilaelementin kattona toimiva CLT-levy on jätetty näkyviin asuntojen kattopinnaksi, mutta 13-kerroksisessa Tuuliniityssä myös katot on suojattu kipsilevyllä.



Kuva 26 Kivistön PuuMeran porrashuone

3.4 Rakenneratkaisut ja rakentamistapa

Lighthouse

Lighthouse toteutettiin Stora Enson suurelementtijärjestelmällä, jossa kantavat seinärungot ovat LVL-rakenteisia ja välipohjat CLT-rakenteisia. Jäykistykseen on käytetty seinien sisällä kulkevia teräksisiä vetotankoja. Rakennus on perustettu teräsputkipaaluille ja ankkuroitu kallioon vetoankkureilla vaakavoimien aiheuttaman nosteen vuoksi. Alin kerros on betonirakenne. Alapohjarakenteena on 300 mm paksu kantava betonirakenne. Ensimmäisen kerroksen seinät ovat 200-300 mm paksuja betoniseiniä ja niiden päällä on 500 mm paksu betoninen välipohjalaatta. Tavanomaista paksummalla välipohjalaatalla saadaan lisättyä rakennuksen massaa, mikä auttaa kevyen puukerrostalon vaakavoimien hallinnassa.

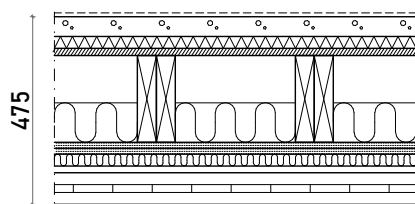
Ulko- ja väliseinäelementtien LVL-levy valmistettiin Stora Enson Varkauden tehtaalla ja työstettiin Timberpoint Oy:llä Loviisassa. Seinäelementtien lopullinen varustelu, kuten lämpöeristys, julkisivuverhous sekä ikkunat ja ovet asennettiin työmaalla suojateltassa ennen elementtien nostoa. Välipohjien CLT-levyt saapuivat työmaalle valmiiksi työstettynä ja ne asennettiin sellaisenaan. Asuntojen sisäpuolinen palo- ja äänieristys sekä lattioiden pintavalut tehtiin elementtien asennuksen jälkeen.

Elementit nostettiin ajoneuvonosturilla. Rakennusvaiheessa työmaa suojattiin kahdeksanosaisella sääsuojalla, joka nostettiin pois elementtien asennuksen ajaksi. Nostot tehtiin kerroksittain kahdessa osassa niin että puolet kerroksesta oli ilman sääsuojaa elementtien asennuksen aikana. Työn aikana seinäelementit tuettiin vinotuilla ja kiinnitettiin vinoruuvauksella alemman kerroksen seinäelementtiin, minkä jälkeen elementtien saumat teipattiin ja elementtien lopullinen kiinnitys välipohjiin ja muihin seinäelementteihin tehtiin kulmaraudoilla ja ankkurinauloilla.

Työmaa aloitettiin joulukuussa 2017. Pohjatyöt ja paalutus kestivät noin kolme kuukautta ja perustuksia alettiin tehdä maaliskuun puolivälissä. Ensimmäisen puurakenteisen kerroksen elementtien varustelu alkoi huhtikuun lopulla ja asennus toukokuun puolivälissä. Tämän jälkeen yhden kerroksen puurunko asennettiin noin kymmenessä päivässä samalla kun seuraavan kerroksen elementtejä varusteltiin työmaalla. Jännetangoilla tehtävä rungon jännitys tehtiin kolmen kerroksen välein. Puurungon asennus kesti kaikkiaan noin kuusi kuukautta ja valmistui lokakuun lopulla. Sisäseinien ja kattojen verhoustyöt aloitettiin alemmista kerroksista kesäkuussa samalla kun neljännen kerroksen runkoa asennettiin. Lattioiden betonointi alkoi elokuun alussa. Rakennus valmistui heinäkuussa 2019 eli työmaa kesti yhteensä noin 20 kuukautta ja paalutuksen jälkeinen rakentamisvaihe noin 16 kuukautta.

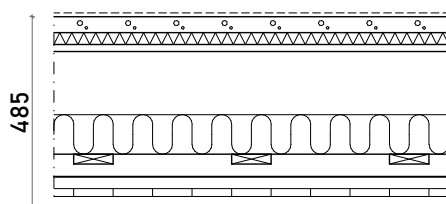
TILAELEMENTTIKOHTEET

huoneistojen väliset välipohjat 1:20



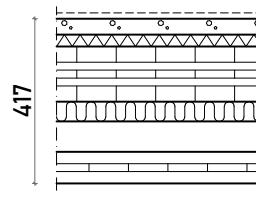
HOASTUULINIITY

- 50 mm plaanovalu
- 30 mm askeläänieriste Paroc SSB 1
- 18 mm havuvaneri
- 220 mm palkit 2x48x220 k400
+kevyt mineraalivilla 100 mm,
ääneneristys
- 15+15 mm 2xpalokipsilevy GFL
- 17 mm ilmaväli
- 80 mm CLT L3s näkyvä laatu



DAS KELO

- 40 mm plaanovalu (K₂30)
- 30 mm askeläänieriste
- 18 mm OSB levy
- 260 mm Kerto-S 51x260, k300
+pehmeä lämmöneriste 100
mm, ääneneristys
- 25 mm koolaus 25x100 k400
- >30 mm ilmaväli
- 80 mm CLT

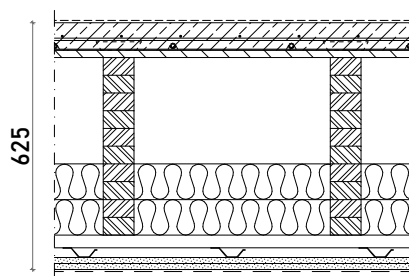


PUUKUOKKA 1

- 40 mm plaanovalu (K₂30)
- 30 mm Tacker eriste
- 140 mm CLT
- 50 mm äänieriste, lasivilla
- 77 mm ilmaväli
- 80 mm CLT

SUURELEMENTTIKOHTEET

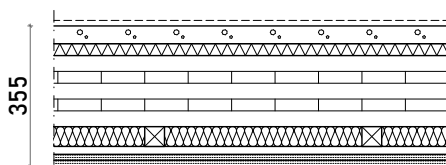
huoneistojen väliset välipohjat 1:20



PUUMERA KIVISTÖ

Välipohjapalkiston korkeus vaihtelee.

- 70 mm betonivalu K30-2, kesk.
raudoitus 6-150
- 38 mm havuvaneri
- 360-495 mm välipohjakannattajat
GL30cs + mineraalivilla 90+90 mm
- 32 mm koolaus 32x73 k400
- 25 mm ääniranka AP25
- 15+15 mm sisäverhouslevyt 2x GF15



JOENSUU LIGHTHOUSE

- 45 mm maakostea betoni
- 30 mm askeläänieriste
- 180 mm CLT
- 50 mm koolaus 48x48 + kivivilla 50 mm
akustiset jousirangat
- 15+15 mm 2x palokipsilevy

Kuva 27 Välipohjarakenteiden vertailu

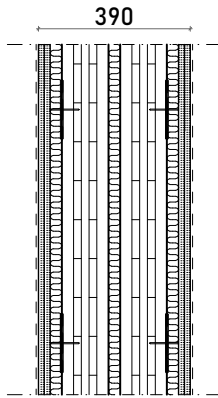
Kaikki rakennuksen kantavat väliseinät toimivat myös jäykistävinä seininä. Vaakavoimien vuoksi rakennus on jäykistetty teräksisillä jännetangoilla, jotka kulkevat LVL-rungon sisällä. Jännetankoja on lähes jokaisessa väliseinässä sekä päätyjen kantavissa ulkoseinissä. Jännetankoja varten seinäelementeissä oli valmiiksi poratut reiät ja asennuskolot, joihin tangot voitiin pujottaa elementtien asennuksen yhteydessä. Tangot liitettiin kerroksittain jatkomutterilla ja jännitettiin kolmen kerroksen välein ankkurimutterin ja -levyn avulla. Jännetangot liittyvät ensimmäisen kerroksen betoniseinien yläosaan ankkurikengillä. Betoniseinän sisällä on seinäkenkään liittyvät jatkosraudat, joiden kautta vaakavoimat siirtyvät perustuksille.

Kantavien seinien paksuus pienenee ylemmissä kerroksissa kuormituksen vähentyessä. Kolmessa alimmassa puurakenteisessa kerroksessa kantavan LVL-levyn paksuus on 162 mm, seitsemässä seuraavassa kerroksessa 144 mm, ja kolmessa ylimmässä kerroksessa 126 mm. Huoneistojen sisäpuolinen palo- ja äänieristys on toteutettu 50 mm kivivillaeristeellä, jonka päällä on kaksinkertainen kipsilevytys. Välipohjien kantavana rakenteena on viisikerroksinen puoliponttiliitoksella toisiinsa liitetty CLT-elementtirakenne. Kantavan levyrakenteen päällä on askeleenieriste ja kelluva betoninen pintalaatta, joka on erotettu seinistä erotuskais-talla. CLT-levyn alapinnassa on 50 mm kivivillaeriste ja akustisten jousirankojen varaan asennettu kaksinkertainen kipsilevytys. Seinäelementeissä on valmiina LVL-palkki, jonka päälle välipohjaelementit tukeutuvat. Rakennuksen korkeuden vuoksi kerroksia ei ole erotettu toisistaan joustavilla tärinäkatkoilla, jotka aiheuttaisivat liiallisia painumia rakenteisiin. Sen sijaan kerrokset liittyvät toisiinsa ns. kovina liitoksina ja ääneneristys on toteutettu huoneistojen sisäisellä akustisella sisäkuorella.

Porraskäytävien välipohjat on toteutettu pusku- ja puoliponttiliitoksilla yhdistetyillä massiivipuuelementeillä. Pidemmässä käytävässä on LVL-rakenne ja lyhyemmässä käytävässä sekä porrashuoneissa CLT-rakenne. Portaat ovat valmiita CLT-levystä tehtyjä elementtejä, joihin on jyrситty askelmat. Porrashuoneen välipohjalaatan alla on seiniin tukeutuva LVL-palkki, johon porraselementti kiinnittyy ruuviliitoksilla. Poistumisporras on teräskierreporras.

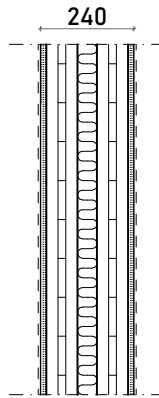
Märkätilat on toteutettu paikalla rakennettuina. Suurelementtirakentamisen toteutustapa ei mahdollistanut märkätilaelementtien käyttöä, sillä välipohjarakenteen alapinnassa oleva äänieristys täytyi toteuttaa ennen märkätilojen rakentamista. Myöskään välipohjaelementtien ääneneristys ennen nostoa ja asennusta ei ollut mahdollista. Huoneistoissa ja ensimmäisen kerroksen yhteistiloissa on vesikiertoinen lattialämmitys ja muissa tiloissa vesikiertoiset patterit. Ilmanvaihto on huoneistokohtainen ja sekä ilmanotto-että poistoilman puhallus ohjataan julkisivun läpi. Huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden jälkilämmitys tehdään sähköpattereilla. Pohjakerroksella on oma ilmanvaihtokone. Viemärinousut on asennettu paikalla rakennettuihin koteloihin, joita sijaitsee sekä porrashuoneissa että huoneistojen sisäpuolella.

TILAELEMENTTIKOHTEET
huoneistojen väliset väliseinät 1:20



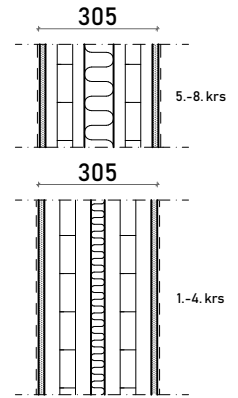
HOASTUULINIITTY

15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15 (K₂30)
30 mm koolaus 25 mm+ kivivilla koolauksen ja rungon välissä 5 mm Aladin Stripe tärinäkatko
120 mm CLT C5s
30 mm kivivilla
120 mm CLT C5s
30 mm koolaus 25 mm+ kivivilla koolauksen ja rungon välissä 5 mm Aladin Stripe tärinäkatko
15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15 (K₂30)



DAS KELO

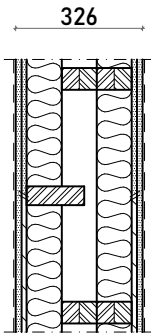
15 mm palokipsilevy GFL 15 (K₂30)
80 mm CLT
50 mm kivivilla
80 mm CLT
15 mm palokipsilevy GFL 15 (K₂30)



PUUKUOKKA 1

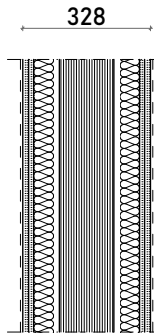
15 mm palokipsilevy (K₂30)
100 mm CLT
75 mm mineraalivilla
100 mm CLT
15 mm palokipsilevy (K₂30)
15 mm palokipsilevy (K₂30)
120 mm CLT
35 mm mineraalivilla
120 mm CLT
15 mm palokipsilevy (K₂30)

SUURELEMENTTIKOHTEET
huoneistojen väliset väliseinät 1:20



PUUMERA KIVISTÖ

13+15 mm sisäverhouslevy GN13+GF15
270 mm limittäinen pystykoolaus GL28c 42...56x180 k300 + mineraalivilla 90+90 mm
13+15 mm sisäverhouslevy GN13+GF15



JOENSUU LIGHTHOUSE

Seinän paksuus pienenee ylemmissä kerroksissa.

15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy
66 mm koolaus 48x66 k600+kivivilla 50 mm
126-162 mm LVL
66 mm koolaus 48x66 k600+kivivilla 50 mm
15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy

Kuva 28 Kantavien väliseinärakenteiden vertailu

DAS Kelo

DAS Kelo toteutettiin Elementti-Sampon tilaelementtijärjestelmällä, jossa kantavat seinät ovat CLT-rakenteisia ja välipohjien kantava rakenne on toteutettu LVL-palkistona. Tilaelementit valmistettiin Kuhmossa, jossa toimivat sekä CLT-levyt valmistanut CrossLam Oy, että tilaelementit rakentanut Elementti-Sampo. Tilaelementeissä on valmiina Forssassa valmistetut Parmarinen märkätilaelementit. Ensimmäinen kerros on teräsbetonirakenteinen ja toteutettu paikallavaletuna. Rakennus on toteutettu palomääräysten mukaisella taulukkomitoituksella. Kohteen tilaelementtitoimittajan mukaan kahdeksan-kerroksinen rakennus ei vielä poikkea ratkaisultaan merkittävästi matalammasta tilaelementtirakentamisesta vaan on pikemminkin perusrakentamista. Esimerkiksi DAS Kelossa pystytettiin käyttämään valmista detaliikkaa ja ratkaisuja, joita oli hyödynnetty jo aiemmissa kohteissa.¹

Tilaelementtirakentamiselle tyypillisesti huoneistojen välisissä seinissä on kaksinkertainen rakenne. Seinä koostuu kahdesta 80 mm:n CLT-seinälevystä, joiden välissä on äänieristeenä 50 mm kivivillaa. Huoneistojen puolelta CLT-levyt on palosuojattu yksinkertaisella 15 mm palokipsilevyverhouksella. Ulkoseinässä on 80 mm CLT-levy, jonka sisäpinnassa on 15 mm palokipsilevy kuten huoneistojen välisissä seinissä. CLT:n ulkopinnalla on lämmöneristeenä 180 mm kivivillaa. Julkisivussa on tilaelementteihin valmiiksi asennettu puupaneeli, jonka kiinnityskoolaus on ruuvattu eristekerroksen läpi CLT-runkoon. Elementtien saumakohtien paneelit sekä tuuletusvälin palokatkot asennettiin työmaalla.

Huoneistojen välipohjarakenne muodostuu kahdesta päällekkäisestä tilaelementistä. Alemman tilaelementin kattona on CLT-levy, joka jää huoneiston näkyväksi kattopinnaksi. Ylemmän tilaelementin lattiana on 260 mm:n LVL-palkisto sekä 100 mm:n äänieriste. Palkiston päällä on osb-levy ja aske-läänieriste, jonka päällä on 40 mm plaanovalu ja lattialämmitys. Tilaelementtien välisissä liitoksissa on tärinäeristyskumit, joilla estetään runkoäänen eteneminen elementtien välillä. Elementit liittyvät toisiinsa ainoastaan seinien kohdalta, jolloin välipohjiin jää ääntä eristävä ilmapäli.

Porraskäytävän välipohjat on toteutettu CLT-levyrakenteisena. Tilaelementtien käytävän puoleiseen CLT-seinään on työmaavaiheessa kiinnitetty liimapuupalkit, joiden päälle välipohjalaatta tukeutuu. Porraskäytävän seinissä on työmaalla asennettu 70 mm:n kivivillaeriste ja palokipsilevytys. Hissikuilu ja portaat on toteutettu CLT-rakenteisina. Porrasaskelmat koostuvat yksittäisistä 115 mm paksuista ja 270 mm syvistä CLT levyistä, jotka on kiinnitetty alapuolelta vinoruuvauksella hissi-kuiluun ja viereisiin seiniin. Betonivälipohjassa on korkovalut, joiden päälle tilaelementit asennetaan. Näin betonivälipohjan ja puu-rakenteiden väliin jää tuulettuva ilmatila ja betoniholvista mahdollisesti siirtyvä rakennekosteus ei vaurioita puurakenteita.

1 H19

Kohteen rakentaminen alkoi kesäkuussa 2018 maatoilla ja perustusten toteutuksella. Paikallavaletun ensimmäisen kerroksen betonointityöt alkoivat heinäkuun puolivälissä. Ensimmäinen kerros valmistui syyskuun lopussa, minkä jälkeen rakennettiin nostettavat vesikattoelementit. Valmiit kattoelementit toimivat työmaan sääsuojana ja niitä nostettiin rakennuksen mukana. Kattoelementit poistettiin aamulla ennen puisten tilaelementtien asennusta ja nostettiin takaisin työn päätyttyä.

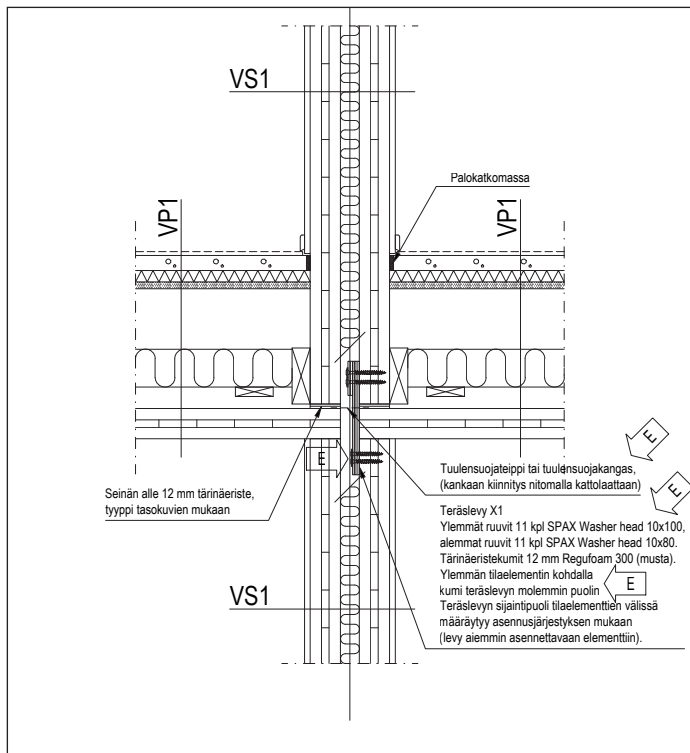
Tilaelementtien asennus alkoi tammikuussa. Ensimmäisen kerroksen betoni-valun todettiin tuolloin sisältävän vielä huomattavasti rakennekosteutta, joten kosteusriskien välttämiseksi puu- ja betonirakenteisten kerrosten välipohjassa oli työmaan ajan koneellinen tuuletus ja kosteusmittaus². Valmiit tilaelementit kuljetettiin Kuhmosta Rovaniemelle asennustyön edetessä. Työmaalla mahtuu varastoimaan joitakin tilaelementtejä, mutta käytännössä toimituksissa pyritään siihen, että elementtejä ei tarvitsisi varastoida työmaalla pitkiä aikoja. DAS Kelossa tilaelementtejä asennettiin noin yksi kerros viikossa. Asennustyö aikataulutettiin kolmen viikon sykleihin, niin että asennusta tehtiin kaksi viikkoa ja kolmas viikko aikataulutettiin mahdollisiin aikatauluviivytyksiin. Esimerkiksi sää vaikuttaa merkittävästi siihen pystytäänkö puurakenteisia elementtejä asentamaan.

Tilaelementtien asennus kesti noin kaksi kuukautta ja valmistui helmikuun alussa 2019. Elementtiasennusten jälkeen asennettiin talotekniikka ja hissi sekä viimeisteltiin saunatilat, käytävät, elementtien saumat julkisivussa, sekä vesikatto. Asuntojen sisäosat olivat käytännössä täysin valmiit jo ennen elementtiasennusta, eli työmaalla ei tehty asuntoihin liittyviä sisätoimia. Toisaalta valmiit tilaelementit aiheuttivat haasteita muiden rakennusmateriaalien työmaa-aikaiselle varastoinnille, sillä sinetöityjä tilaelementtejä ei voitu hyödyntää materiaalien varastointiin vaan kaikki porraskäytävän ja pystyhormien rakennusmateriaalit täytyi säilyttää käytävässä. Tähän liittyvänä kehitysjatoksena tulisi hissikuilu mitoittaa tulevissa hankkeissa niin, että sinne voi sijoittaa työmaahissin, jolloin ensimmäistä kerrosta voisi hyödyntää paremmin sisätoiden materiaalien varastointiin. Rakennus valmistui heinäkuussa 2019 eli rakennusaika oli kokonaisuudessaan noin 13 kuukautta.

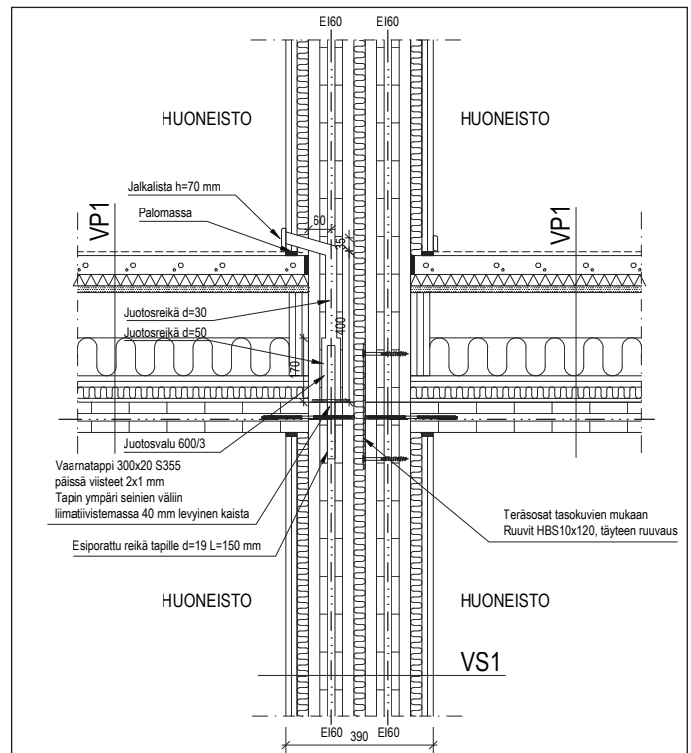
HOAS Tuuliniitty

Myös HOAS Tuuliniitty on toteutettu Elementti-Sampon toimittamista CLT-tilaelementeistä. Kantavien seinien rakenteena on CLT-levy ja välipohjarakenteena LVL-palkisto. Päällekkäiset tilaelementit liitetään toisiinsa vaarnatapeilla ja tilaelementin sisältä tehtävällä juotosvalulla. Tilaelementtirungon väliseinät ovat kantavia ja ulkoseinät pääosin ei-kantavia. Pitkittäisjäykistys toteutetaan keskikäytävän seinillä ja päätyjen seinäosilla, ja poikittaisjäykistys huoneistojen välisillä seinillä. Tuuliniitty sijaitsee meren läheisyydessä, minkä seurauksena rakennus kuuluu maastoluokkaan O. Maastoluokka vaikuttaa oleellisesti tuulikuormiin verrattuna esimerkiksi Joensuun Lighthouseen, joka kuuluu maastoluokkaan 2³.

2 H6
3 H12



Kuva 29 DAS Kelo, huoneistojen välisten seinien ja välipohjien liitos. 1:20



Kuva 30 HOAS Tuuliniitty, huoneistojen välisten seinien ja välipohjien liitos. 1:20

”Se oli yllättävän iso ero, ja yllätys oikeastaan kaikille myös rakenne- ja akustiikkasuunnittelussa miten vaativa tämä maastoluokka on esimerkiksi liitosten suunnittelussa.”

Ensimmäinen kerros on toteutettu betonirakenteisena, kuten muissakin tutkimuskohteissa. Ensimmäisen kerroksen seinät ovat teräsbetonielementtejä ja välipohja paikalla valettu 250 mm teräsbetonilaatta. Myös puurakenteisissa kerroksissa porraskäytävän välipohjat on toteutettu teräsbetonilaatoilla. Rakennus on perustettu teräsbetonipaaluille ja siinä on kantava alapohja. Märkätilat on toteutettu tilaelementteihin valmiiksi asennettuina märkätilaelementteinä.

Huoneistojen väliset kantavat seinät muodostuvat kahdesta 120 mm:n CLT levystä, joiden välissä on äänieristeenä 30 mm mineraalivillaa. Kelosta poiketen myös huoneistojen puolella on kivivillaeriste, jonka päällä on kaksinkertainen palokipsilevytys. Eristeen koolauksen ja CLT-rungon välissä on joustava äänieristyskumi. Huoneistojen ja porrashuoneen välisissä seinissä on muutoin vastaava rakenne, mutta seinässä on vain yksi CLT Levy.

Tilaelementin kattona on 80 mm CLT-levy, joka jää asunnon näkyväksi kattopinaksi. Ylemmän tilaelementin kantavana välipohjarakenteena on 220 mm korkea palkisto, jonka yhteydessä on äänieristeenä 100 mm mineraalivillaa. Palkiston alapinnassa on kaksinkertainen palokipsilevytys, jonka alla on 30 mm mineraali-

villaa. Välipohjapalkiston päällä on 18 mm havuvaneri, jonka päällä on askelääni-eriste ja plaanovalu. Tilaelementtien väliin jää 17 mm ilmarako. Päällekkäisten elementtien välissä ei ole joustavaa värinäkattoa kuten esimerkiksi DAS Kelossa vaan elementit liittyvät toisiinsa ns. kovilla liitoksilla. Korkeassa rakennuksessa joustava rakenne aiheuttaisi liian suureksi kertautuvaa rungon painumaa, joten huoneistojen välinen äänieristys on toteutettu akustisena sisäkuorena samoin kuin esimerkiksi Lighthouseissa.

Porraskäytävän välipohjat ovat betonirakenteisia. Välipohjassa on 250 mm teräs-betonilaatta, jonka päällä on 400 mm korotuspuut sekä havuvaneri ja muovimatto. Välipohjalaatta tukeutuu 100 mm HEB-teräspalkistoon, joka on liitetty ruuvikiinnityksellä tilaelementtien CLT-rakenteisiin. Rakennuksen sisäpuolinen porrashuone on oma palo-osastoitu tilaelementti. Porrashuoneen välipohjat ja portaiden lepotasanteet ovat 160 mm paksua CLT-levyä, joka tukeutuu liimapuupalkkien päälle. Portaiden reisilankut ja porrasaskelmat on toteutettu liimapuupalkeilla. Portaiden alapinnassa on palosuojakäsitelty näkyvä puupinta ja yläpinnassa mosaiikkibetonilaatta. Rakennuksen ulkopuolinen poistumisporras on teräskierreporras. Rakennuksessa on kaksi hissiä, joista toinen sijaitsee porrastilaelementin yhteydessä ja toinen porraskäytävässä. Molemmat hissikuilut ovat CLT-rakenteisia.

Tuuliniityssä on muista kohteista poiketen asuinkerrosten yläpuolella sijaitseva laaja kattoterassi ja saunaosasto, minkä vuoksi yläpohja- ja vesikattorakenne poikkeaa varsin paljon muista kohteista. Kahdestoista kerros on ylin tilaelementtirakenne asuinkerros. Tilaelementtien kattopintana olevan CLT-levyn päällä on tämän jälkeen 340 mm:n betonivalu, jonka päällä on terassin kohdalla 250 mm:n EPS ja 250 mm:n kevytsoraeriste. Eristekerrosten päällä on suodatinkangas ja 60 mm:n betonilaatta. Sauna- ja kerhotilat on toteutettu kahtena erillisenä tilaelementtinä alemman betonilaatan päälle.

Puukuokka

Puukuokka 1 on toteutettu Stora Enson tilaelementtijärjestelmällä. Kahdessa jälkimmäisessä rakennuksessa tilaelementit toimitti Pyhännän rakennustuote Oy. Elementtien kantavat seinät ja välipohjat ovat CLT-levyrakenteisia. Rakennus on jäykistetty pystysuunnassa CLT-seinillä, jotka on liitetty kulmateräksillä ja nostetta ottavilla kierretangoilla. Tilaelementtien CLT-katot toimivat jäykistävänä tasona, jotka siirtävät voimat jäykistäville seinille teräskiinnikkeillä. Märkätilat on toteutettu muiden tilaelementtikohteiden tapaan Parmarinen kylpyhuone-elementeistä. Jokaisessa asunnossa on myös sauna.

Puukuokka 1:n huoneistojen välipohjat muodostuvat päällekkäisistä tilaelementeistä, joissa sekä lattia- että kattorakenteena on CLT-levy. Kattolevyn paksuus on 80 mm ja se jää asunnon näkyväksi kattopinnaksi. Lattialevyn paksuus on 140 mm. Elementtien välissä on 80 mm:n ilmarako ja lattialevyn alapintaan kiinnitetty 50 mm:n eristekerros. Lattialevyn päällä on Tacker-eriste ja tasoitevalu, jossa on vesikiertoinen lattialämmitys. Märkätilojen kohdalla ei ole CLT-lattialevyä. Kahdessa myöhemmässä rakennuksessa tilaelementin lattiarakenne on toteutettu palkistorakenteella.

Porraskäytävän näkyvänä lattiapintana on 200 mm CLT-levy, jonka alapinnassa on palokipsilevy ja akustiikkalevy. Porraskäytävän välipohjaelementit asennetaan alemman kerroksen tilaelementtien seinässä olevien liimapuupalkkien varaan ennen seuraavan kerroksen tilaelementtien asennusta. Hissikuilu ja portaat on toteutettu CLT-rakenteisena. Portaiden kantavana rakenteena on kipsilevyverhottu levykaide, johon porrasaskelmat tukeutuvat. Portaen alapinnassa on 100 mm ääneneristysvilla ja kaksinkertainen kipsilevytys.

Huoneistojen väliset seinät muodostuvat kahdesta CLT-levystä, joiden välissä on mineraalivillaeriste. Huoneistojen seinäpinnoissa on yksinkertainen palokipsilevytys. Kantavien seinien CLT-paksuus on ensimmäisessä neljässä kerroksessa 120 mm ja pienenee ylemmissä kerroksissa 100 millimetriin. Seinien välissä oleva eristekerros kasvaa ylemmissä kerroksissa, joten rakenteen kokonaispaksuus ja huoneistojen koko säilyy samana.

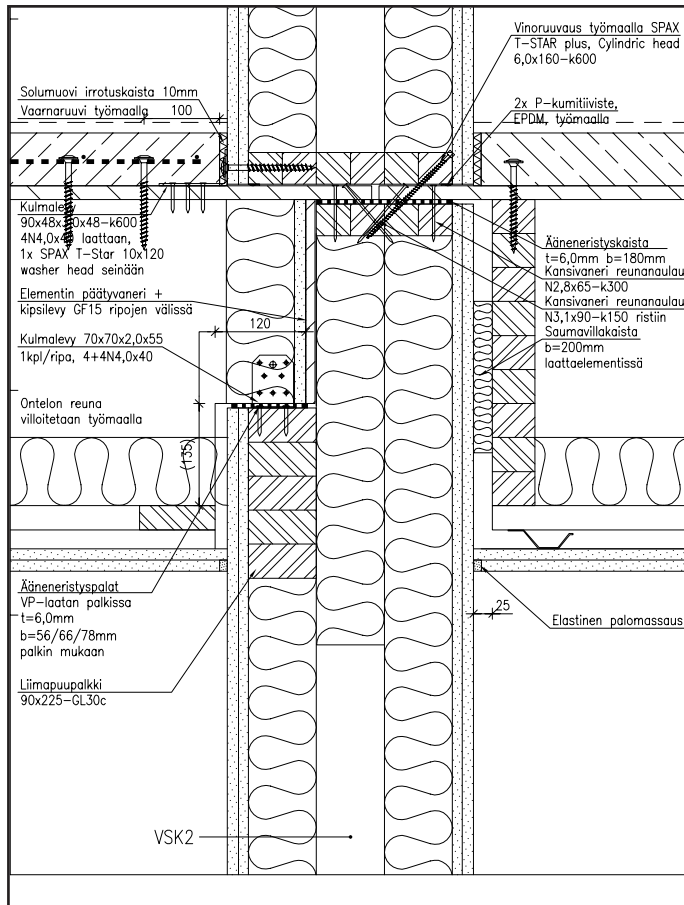
Asuntojen märkätilat sijaitsevat porraskäytävän vastaisella seinällä samoin kuin muissa tarkastelluissa tilaelementtikohteissa. Talotekniikan pystynousut on sijoitettu paikalla rakennettavaan hormivyohtokkeeseen, joka sijaitsee porrashuoneen puolella. Tilaelementeissä on läpivienteineen valmiina vesi-, viemäri ja lattialämmityslitännät, jotka kytketään porrashuoneessa työmaalla asennettaviin talotekniikkaelementteihin.

PuuMera

Kivistön kohde on toteutettu rakennusliike Reposen kehittämällä PuuMera-konseptilla, jossa kantavat seinät on tehty rankarunkoisista suurelementeistä ja välipohjat puu-betoni liittorakenteena. Samaa toteutustapaa on käytetty ja kehitetty ennen Kivistön kohdetta Vierumäelle vuonna 2013 valmistuneessa viisikerroksisessa puukerrostalossa, ja sen jälkeen kahdessa kohteessa Helsingin Honkasuolla sekä Kuninkaantammessa. Mera on lyhenne matalaenergiarakentamisesta ja konseptiin liittyy rakentamisen hiilijalanjäljen lisäksi muita rakennuksen energiankulutusta vähentäviä tekijöitä. PuuMera Kivistö on VTT:n määrittelyn mukainen passiivitalo.

Kuten muissakin kohteissa, ensimmäinen kerros on betonirakenteinen. Alapohjana on kantava paaluille perustettu teräsbetonilaatta. Ensimmäisen kerroksen kantavat väliseinät ovat pääosin 200 mm paksuja teräsbetoniseiniä ja ulkoseinät sandwich-elementtejä. Rakennuksen ja pihakannen alla sijaitsevan pysäköintihallin kattorakenteena on 400 mm paksu paikallavalettu jälkijännitetty pilarilaatasto. Huoneistojen kohdalla betonilaatan päällä on NR-ristikkopalkisto ja 400 mm puhallusvillaa. Palkiston päällä on havuvaneri, höyrynsulku ja huoneistojen lattiavalu. Puurakenteisten kerrosten kantavat linjat sijaitsevat osittain eri kohdissa kuin alimman kerroksen seinälinjat.

Puurakenteisten kerrosten kantavat väliseinät ovat rankarakenteisia suurelementtejä, joissa on limittyvä kaksoisrunko. Runkorakenteen paksuus on yhteensä 270 mm ja sen molemmilla sivuilla on 90 mm mineraalivillaa, jolloin eristekerrosten väliin jää ilmarako. Huoneistojen puolella on vaneri tai sisäverhouslevy, jonka



Kuva 31 **PuuMera Kivistö, huoneistojen välisen seinien ja välipohjien liitos. Eri suuntaiset välipohjalaatat 1:10**

päällä on yksinkertainen palokipsilevy. Seinäelementin yläosassa on liimapuupalkki, johon välipohjalaatasto tukeutuu. Pällekkäiset seinä- ja välipohjaelementit on erotettu kumisella tärinäkatkolla äänen sivutiesiirtymän katkaisemiseksi. Rakennuksen jäykistävät seinät ovat pääosin huoneistojen välisiä kantavia seiniä sekä suuremmissa asunnoissa huoneiston sisäisiä kantavia seiniä.

Välipohjat muodostuvat esivalmistetuista LVL-elementtilaatoista, joiden päällä on työmaalla tehty betonivalu. Välipohjan rakenteena on 360-495 mm korkea LVL-palkisto, jonka päällä on vaneri ja 70 mm:n betonilaatta. Välipohjassa on äänieristeenä 180 mm mineraalivillaa, sekä akustisen jousirangan varaan asennettu kaksinkertainen palokipsilevytys. Porraskäytävien välipohjana on puu-betoni liittolatta. Rakennuksen julkisivussa on kaksi kahden kerroksen korkuista valoaukkoa, joiden kohdalla ei ole huoneistoja. Yläpuolella olevissa asunnoissa on puupalkkirakenteinen alapohja, joka tukeutuu liimapuupilareihin.

Märkätilat on toteutettu paikalla rakennettuina. Suurelementtitekniikkaa ei ole täysin hyödynnetty talotekniikan toteuttamisessa, vaan tekniikkanousut on sijoitettu asuntojen sisäpuolelle erikseen rakennettuun tekniikkatilaan, joissa sijaitsevat vesi- ja lämpöjohtojen nousut ja jakotukit sekä huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet. Tekniikkatiloihin on huoltoluukku porrashuoneesta. Vaakavedot on toteutettu alakatoissa ja välipohjapalkistossa. Viemärinousut on sijoitettu huoneistojen sisälle Elpo-hormielementteihin, jotka sijaitsevat tyypillisesti keittiössä, vaatehuoneessa tai kylpyhuoneessa.

Ulkoseinät ovat kantavia liimapuutolpparunkoisia kantavia suurelementtejä, joissa on valmiina tehtaalla asennettu julkisivuverhous sekä ikkunat ja parveke-ovet. Ulkoseinien kantavana rakenteena on 270 mm liimapuutolpista koostuva runko ja mineraalivillaeriste, jonka pinnassa tuulensuojakipsilevy ja tuulensuojaeriste. Lämpöeristeen sisäpinnassa on höyrynsulkukalvo ja sisäverhouslevy sekä palokipsilevy.

Rakentaminen toteutettiin kolmessa lohossa nousevan sääsuojateltan alla. Työmaa käynnistyi maatoilla huhtikuussa 2014. Ensimmäisenä rakennetun lohkon asukkaat muuttivat helmikuussa 2015, seuraavan lohkon asukkaat toukokuussa ja viimeisenä valmistuneen lohkon asukkaat asuntomessujen jälkeen lokakuussa 2015. Yksittäisen lohkon puurakenteisten asuinkerrosten rakentaminen kesti noin viisi kuukautta.⁴

"Meillä oli täysin uusi ryhmä tätä rakentamassa ja siinä toki oli jotain opeteltavaa. Ensimmäisessä kerroksessa puurakenteisen kerroksen toteuttamiseen meni neljätoista päivää, mutta kuudennessa kerroksessa enää neljä päivää eli kyllä prosessi otettiin uudellakin ryhmällä haltuun aika nopeasti."

PuuMeran kaikissa asunnoissa on parveke. Rakennuksessa on käytetty kolmea erilaista parveketyyppiä, jotka on nimetty pilari-, reppu-, ja käärme-parvekkeiksi. Pilariparvekkeet on toteutettu elementtilaatoista ja liimapuupilareista ja ne muodostavat yhtenäistä parvekejulkisivua. Parvekkeiden välipohjat ovat liimapuupalkeista koottuja elementtejä, jotka liittyvät nurkistaan ruuviliitoksilla liimapuupilareihin. Ulkoseinäelementeissä on valmiiksi asennettu liimapuupilari parveke-laattojen kiinnitystä varten. Parvekelaatta ruuvataan myös ulkoseinäelementin runkotolppiin. Parvekkeiden välissä on ei-kantava rankarakenteinen seinä.

Käärme-parvekkeissa parvekkeen toinen seinä on kantava. Seinien puoli vaihtelee kerroksittain eli parvekelaatta kiinnittyy toiselta sivultaan seinän yläreunaan ja toiselta sivultaan alareunaan. Julkisivuelementeissä on varaus liimapuupilareille, joihin kantavat parvekeseinät ankkuroidaan ruuvattavilla teräsosilla. Reppu-parvekkeet ovat ulokeparvekkeita, jotka ovat muuten samankaltaisia kuin käärme-parvekkeet, mutta molemmat parvekeseinät ovat kantavia. Ne muodostavat kahden ja kolmen kerroksen korkuisia parvekekokonaisuuksia.

Kuva 32 **PuuMera Kivistön**
parvekejulkisivua.





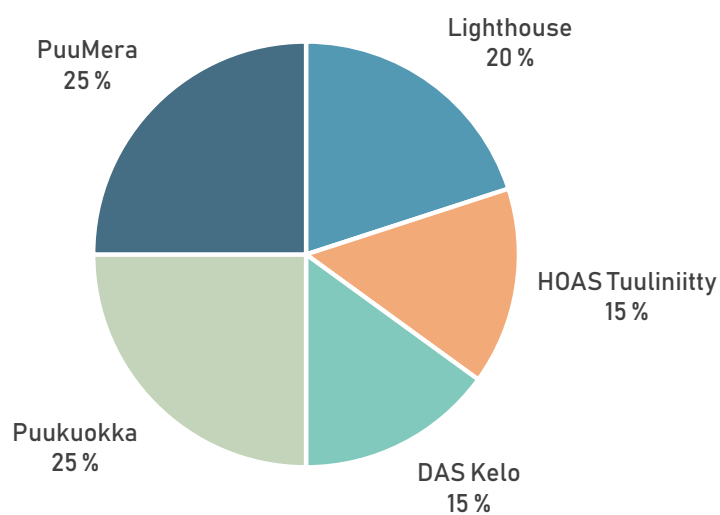
HAASTATTELUT

Haastattelututkimus jakautui tutkimuskysymysten mukaisesti kolmeen osioon. Kahdessa ensimmäisessä osassa kysymyksiä käsiteltiin erityisesti toteutuneen case-kohteen kautta. Kolmas osio liittyi yleisemmin korkeaan puukerrostalorakentamiseen Suomessa. Ensimmäisessä osiossa mitattiin hankkeiden eri osapuolten näkemyksiä kokonaisprosessin onnistumisesta ja eri toimijoiden rooleista korkeassa puukerrostalohankkeessa. Toisessa osassa mitattiin suunnitteluratkaisuihin vaikuttavien reunaehtojen merkitystä ja suunnitteluun liittyviä kehittämistarpeita. Kolmannessa osassa mitattiin yleisemmällä tasolla korkeaan puukerrostalorakentamiseen vaikuttavia tekijöitä ja korkean puurakentamisen tulevaisuudennäkymiä. Haastattelut toteutettiin puolistrukturoituina haastatteluina, joissa vastaajat arvioivat erilaisten tekijöiden merkitystä viisiportaisella Likert-asteikolla. Lisäksi vastaajia pyydettiin kertomaan vapaamuotoisesti omia näkemyksiään ja antamaan perusteluja käsiteltävään kysymykseen liittyen.

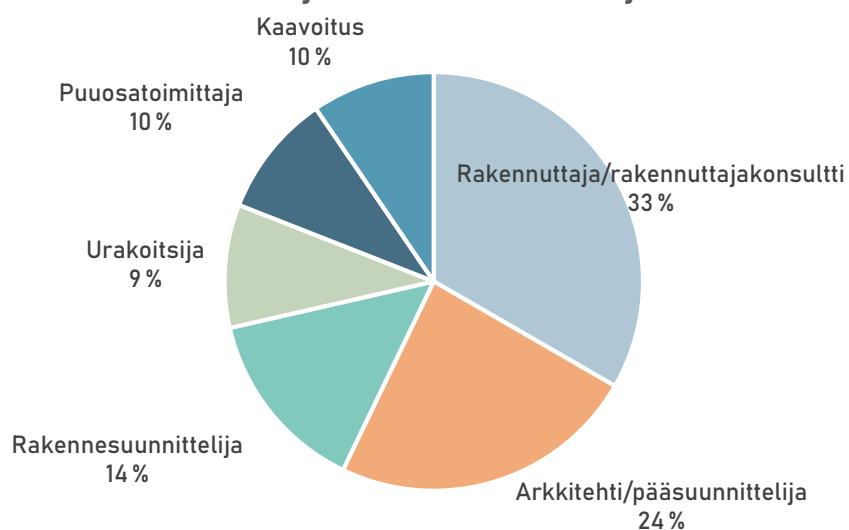
Haastatellut henkilöt

	Rooli hankkeessa	Aiempi kokemus puukerrostalohankkeista
H1	Rakennuttaja	ei
H2	Rakennuttaja	kyllä
H3	Rakennuttaja	ei
H4	Rakennuttaja	ei
H5	Rakennuttaja	kyllä
H6	Rakennuttajakonsultti	ei
H7	Rakennuttajakonsultti	kyllä
H8	Pääsuunnittelija	kyllä
H9	Pääsuunnittelija	kyllä
H10	Pääsuunnittelija	ei
H11	Pääsuunnittelija	ei
H12	Pääsuunnittelija	ei
H13	Rakennesuunnittelija	ei
H14	Rakennesuunnittelija	ei
H15	Rakennesuunnittelija	kyllä
H16	Urakoitsija	kyllä
H17	Urakoitsija	kyllä
H18	Puuosatoimittaja	kyllä
H19	Puuosatoimittaja	kyllä
H20	Kaavoittaja	-
H21	Kaavoittaja	-

Vastausten jakautuminen kohteittain



Vastausten jakautuminen toimijoittain



4.1 Toteutusprosessi ja osapuolten toiminta

Kokonaisprosessin onnistuminen

"Kyllä ehkä oleellisinta on kyky tehdä kompromisseja."

"Hankkeen onnistuminen on tällä hetkellä yksittäisten toimijoiden toiminnasta ja onnistumisesta kiinni. Rakennusliikevetoisessa tuotannossa ratkaisut tulevat annettuina, että tehkää asiat näin."

Kaikki vastaajat antoivat toteutuneille rakennuksille melko hyvän tai erittäin hyvän arvion. Myös lähes kaikkien osapuolten toiminta sai pääosin positiivisia arvioita. Kaikista hankkeiden osapuolista ainoastaan rakennesuunnittelu ja viranomaistoiminta saivat joitakin negatiivisia arvioita.

Viranomaistoiminnan negatiiviset arviot erottuvat selvästi yli 8-kerroksisissa Lighthouseissa ja Tuuliniityssä. Molemmat ylikorkeat hankkeet ovat olleet suunnittelutehtäviltään poikkeuksellisen vaativia, sekä niin sanotun erityismenetelyn piirissä, jolloin rakennusvalvonta edellyttää suunnitelmilta kolmannen osapuolen tarkastusta. Myös haastatteluissa annettujen kommenttien perusteella ylikorkeiden puukerrostalojen rakennuslupaprosessi koetaan haastavaksi ja ongelmalliseksi. Sen sijaan enintään 8-kerroksisissa puukerrostaloissa lupaprosessia kuvailtiin pääosin tavanomaiseksi viranomaistoiminnaksi, jossa voidaan keskittyä normaaleihin rakennuslupa-asioihin puurakentamisen erityiskysymysten sijaan¹. Ylikorkeiden rakennusten lupaprosessiin liittyvät haasteet johtuvat pääosin siitä, että rakennusvalvontaviranomaisilla ei ole erityistä puurakentamisaikataulua tai aiempaa kokemusta vastaavista hankkeista. Tällöin rakennuslupan vaatimukset ja työmäärää eivät ole lupaviranomaisen eivätkä luvanhakijan tiedossa ennen lupaprosessia. Prosessista muodostuu pitkä ja työläs jos vaatimukset muuttuvat tai tarkentuvat useaan kertaan luvan hakemisen aikana. Eräs kehitystarve tulevien ylikorkeiden puukerrostalohankkeiden osalta onkin juuri rakennuslupaviranomaisten osaamisen kehittäminen ja lupaprosessin vaatimusten yhtenäistäminen.

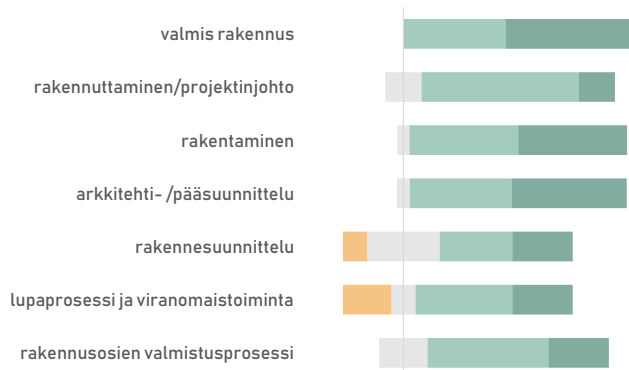
Myös rakennesuunnittelu on useissa hankkeissa arvioitu jonkin verran muita toimijoita heikommaksi, mikä kuvaa osaltaan rakennesuunnittelijoiden merkittävää roolia korkeassa puukerrostalohankkeessa. Haastatteluissa mainittuja rakennesuunnitteluun liittyviä ongelmia olivat rakenteiden ylimitoitus ja aikataulujen viivästyminen².

"Siinä oli suorastaan surkuhupaisia piirteitä näissä rakennuslupan vaatimuksissa."

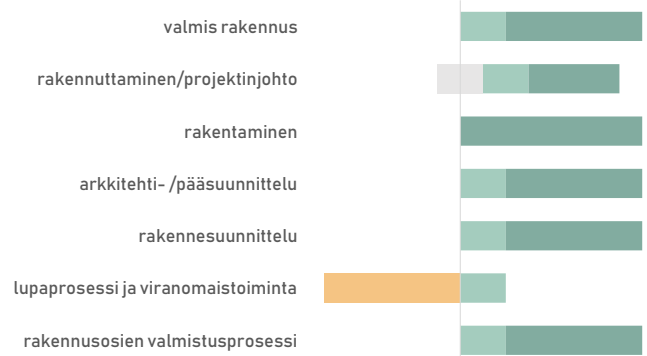
1 H16, H3, H2
2 H16, H19

Millaisen arvion antaisit valmistuneelle kohteelle ja toteutusprosessille?

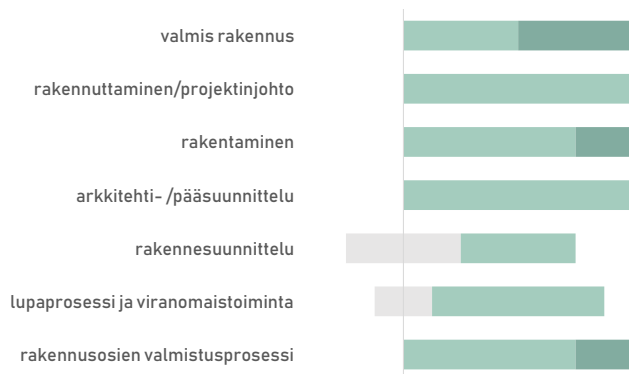
Kaikki vastaukset



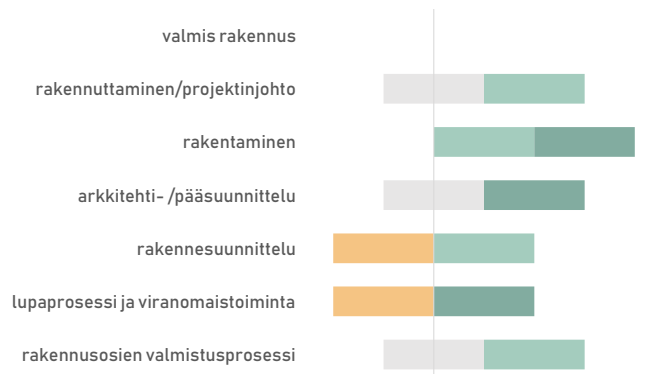
Lighthouse



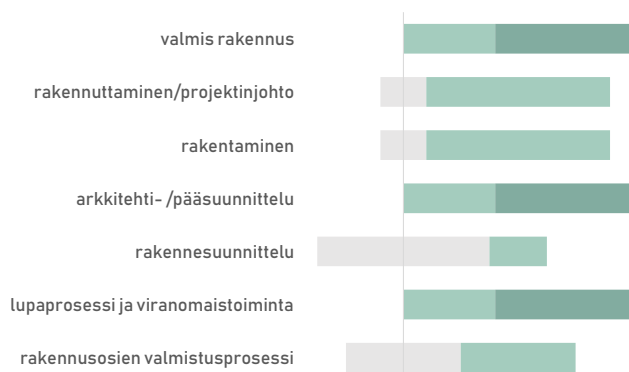
DAS Kelo



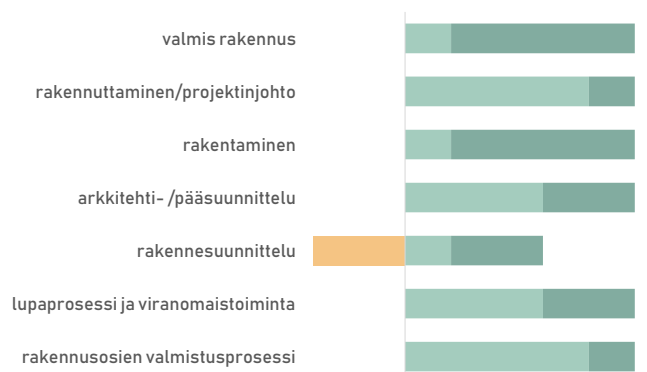
Hoas Tuuliniitty



Puukuokka



PuuMera



erittäin huono melko huono neutraali melko hyvä erittäin hyvä

Rakennuttaminen ja projektinjohto sekä arkkitehtisuunnittelu arvioitiin kaikissa hankkeissa pääosin melko- tai erittäin hyväksi eikä kohteiden välillä ole suuria eroja, vaikka projektinjohto- ja toteutusmuodot vaihtelevat paljonkin. Vastauksissa ei myöskään ole huomattavaa eroa sen perusteella oliko vastaajilla aiempaa kokemusta puurakentamisesta, vai oliko kyseessä toimijoiden ensimmäinen puukerrostalohanke. Toisaalta monet vastaajista todennäköisesti suhteuttivat onnistumisen hankkeen lähtökohtiin, eli hankkeita pidettiin onnistuneena esimerkiksi siihen nähden, että kyseessä oli ensimmäinen vastaava projekti. Uusien hankkeiden ja toistojen myötä tapahtuva kehitys, osaamisen kertyminen ja prosessien harjaantuminen tuotiin useissa kommentteissa esiin keskeisenä puukerrostalorakentamisen kilpailukykyä parantavana tekijänä. Myös kohteissa, joissa osapuolet olivat ensimmäistä kertaa mukana korkeassa puukerrostalohankkeessa, korostettiin rakennjärjestelmän tuntemista ja sen asettamien reunaehtojen tiedostamista hankkeen alusta asti. Ensimmäistä kertaa puukerrostalohankkeessa mukana olleet kuvailivat myös usein, että seuraavan samanlaisen hankkeen toteuttaminen olisi huomattavasti helpompaa. Eräs arkkitehti totesi esimerkiksi, että tulevissa hankkeissa puukerrostalon kustannusten muodostumisen ymmärtäisi paremmin, ja sen myötä pystyisi tekemään myös parempaa arkkitehtuuria³. Toisaalta eräs rakennuttaja ja rakennesuunnittelija toivat esiin, että hyvällä rakennuttamisosaamisella pystyy toteuttamaan niin puu- kuin betonikerrostalon, eikä puurakentaminen edellytä rakennuttajalta erityistä puurakentamisosaamista. Tällöin rakennuttaja joutuu kuitenkin tukeutumaan vahvasti varsinkin rakennesuunnittelijoiden ja puuosatoimittajien erityisosaamiseen.⁴

"Kahdeksankerroksisten puukerrostalojen osalta alkaa eri toimijoilla olla hankevaiheen ja suunnittelun osalta prosessit hallinnassa. Siellä on kehitystä tapahtunut, aletaan olla hyvässä jamassa ja prosessi toimii."

"Rakentajien pitäisi pystyä toimimaan omilla ehdoillaan, kuten tuoteosakaupassa ja KVR-hankkeissa usein onkin. Sitä kautta saadaan vahvistettua prosessin hyviä puolia ja tehtyä siitä yleinen käytäntö."

Yleisinä kommentteina tai kehittämisehdotuksina korkean puukerrostalon toteutusprosessiin useissa vastauksissa nousi esiin erityisesti hankkeen alussa tehtävä tavoitteiden ja päämäärien asettaminen. Kaikkien hankkeessa mukana olevien osapuolten tulisi muodostaa yhteinen näkemys siitä minkä takia ja millaisten syiden vuoksi puukerrostalohankkeeseen on ryhdytty ja mihin lopputulokseen pyritään. Eräissä kommentteissa todettiin, että monessa kohteessa on pyritty tekemään samanaikaisesti sekä innovatiivisia maamerkkirakennuksia, että mahdollisimman halpaa asuntorakentamista, mikä on ainakin jossain määrin ristiriitainen tavoite. Tämä korostui erityisesti opiskelijakerrostaloissa, joissa puurakentamisen syyt ovat liittyneet paljolti kaupunkien tavoitteisiin, imagoiseikkoihin ja puurakentamiseen liittyviin mielikuviin kuten nykyaikaisuuteen ja ekologisuuteen.

3 H10
4 H4, H18

"Perinteinen rakentamisen prosessi pitäisi pystyä muodostamaan enemmän tuotelähtöiseksi. Että toimittaisiin enemmän tuotteiden ehdoilla ja annettaisiin teollistamiselle enemmän tilaa eikä jatkuvasti vängättäisi, että pitäähän tämänkin onnistua. Jos puurakentamisella halutaan rakentamista muuttaa niin pitää ymmärtää, että teollistuminen edellyttää tuotteistamista ja siinä on tietyt reunaehdot."

Hankkeen tavoitteiden tiedostamisen ohella puuosien tuotteistaminen ja puurakentamisen esivalmistusasteen nostaminen nykyistä korkeammaksi mainittiin oleellisena kehityskohteena, jolla saataisiin erityisesti rakennesuunnitteluosaimista siirrettyä eri hankkeiden välillä. Eräs haastateltava kuvaili esimerkiksi nykyisiä rakenne- ja jäykistysratkaisuja selviytymiskeinoiksi, jotka keksitään jokaisessa hankkeessa uudestaan⁵. Tuotteistaminen ja standardiratkaisujen kehittäminen laskisi suunnittelukustannuksia ja vähentäisi suunnitteluosaamisen puutetta. Useat rakennesuunnittelijat toivat esiin, että tällä hetkellä korkean puukerrostalon rakennesuunnittelu vaatii erityisosaamista puurakentamisesta, mutta jos varsinkin rakennuksen jäykistämiseen olisi olemassa valmiita standardiratkaisuja niin korkean puukerrostalon suunnitteluun riittäisi tavanomainen rakennesuunnitteluosaaminen⁶.

Haastateltujen kommentoissa toistuu usein myös suunnittelun etupainotteisuus betonirakentamiseen verrattuna. Käytännössä puukerrostalot on suunniteltava valmiiksi ennen elementtivalmistuksen ja työmaan käynnistämistä, eikä ratkaisuja voi juurikaan tehdä työmaa-aikana. Myös suunnitteluprosessi on perinteiseen rakentamiseen verrattuna vuorovaikutteisempi ja arkkitehti-, rakenne- ja muu suunnittelu vaikuttavat enemmän toisiinsa. Yhteisen tavoitteidenasettelun ohella toimijoilta edellytetäänkin valmiuksia tehdä ratkaisuja hankkeen aikaisessa vaiheessa.

"Yksikään rakennuttaja ei tällä hetkellä pysty itse suunnittelemaan kohdetta valmiiksi ja kilpailuttamaan sitä niin kuin betonitaloa. Jos näin toimitaan niin se käytännössä määrittää runkojärjestelmätoimittajan ja jos on vain yksi toimittaja niin hinta on yleensä huono. Eli rakennus tulisi kilpailuttaa tilaohjelmalla ja teknisillä vaatimuksilla."

"Puurakentamisessa on kilpailua niin vähän, että varsinkin alkuvaiheessa täytyisi pitää kaikki vaihtoehdot avoimena. Se johtaa tietysti siihen, että suunnittelutyötä on jonkin verran enemmän ja kilpailuttaminen on kaksivaiheinen, mutta kyllä siinä kustannuksia säästetään."

5 H18
6 H13, H15

Osapuolten roolit ja vaikutusmahdollisuudet

Kaikkiaan hankkeiden lopputuloksen kannalta merkittävin vaikutusvalta koettiin olevan rakennuttajalla, rakennesuunnittelijalla ja arkkitehdilla/pääsuunnittelijalla ja vähäisin rakennusvalvonnalla. Osapuolten vaikutusmahdollisuudet vaihtelevat varsin paljon eri hankkeiden välillä, ja riippuvat paljolti siitä millaiset lähtökohdat hankkeella on ollut, millaisia tavoitteita sille on asetettu ja millaista toteutusmuotoa siinä on käytetty.

"Se riippuu pitkälti henkilökemioista, kenellä on valtaa sanoa asioista."

Yleisesti ottaen rakennesuunnittelijan merkitystä ja vaikutusvaltaa pidettiin korkeassa puukerrostalohankkeessa suurempana ja arkkitehdin roolia pienempänä kuin tavanomaisessa betonirakentamisessa. Haastattelujen mukaan osaminen kuitenkin henkilöityy vahvasti ja hankkeiden toteutustapaan vaikuttaa se, miten paljon toimijoilla on kokemusta puukerrostalorakentamisesta ja kuinka vakiintuneita ratkaisuja hankkeessa on pystytty käyttämään.

Erityisesti DAS Kelo ja Kivistön PuuMera toteutettiin ratkaisulla, joita oli kehitetty jo aiemmissa hankkeissa. DAS Kelossa pystyttiin suurelta osin hyödyntämään tilaelementtitoimittajan vakiintuneita ratkaisuja, minkä myötä elementtitoimittajalla ja rakennesuunnittelijalla oli suuri rooli koko rakennuksen suunnittelussa. Haastattelujen mukaan arkkitehtisuunnittelun vaikutusmahdollisuudet olivat hankkeessa varsin vähäiset, sillä elementtitoimittajan ratkaisut määrittivät pitkälti sen millainen rakennus ARA:n määrittämällä enimmäiskustannuksilla pystyttiin toteuttamaan.¹ Kelossa myös rakennuttajakonsultin aktiivisuudella oli haastateltujen mukaan suuri merkitys hankkeen onnistumiselle, mikä saattoi osaltaan vähentää pääsuunnittelijan roolin merkitystä. Eräällä haastateltavalla oli myös näkemys, että pääsuunnittelija voisi tilaelementti-hankkeessa olla joku muu kuin arkkitehti².

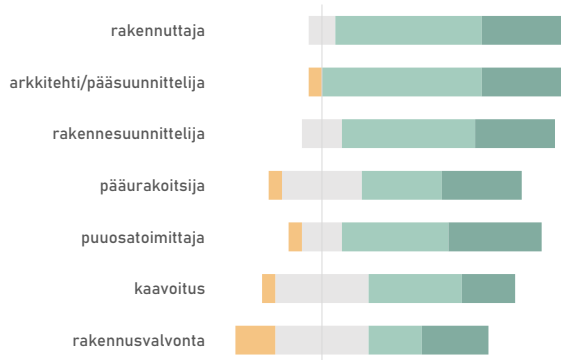
Tilaelementtitoteutuksesta johtuen myös pääurakoitsijan vaikutusmahdollisuudet hankkeeseen arviottiin DAS Kelossa hyvinkin pieneksi. Haastatteluissa tuli esiin myös mahdollinen riski siitä, että puukerrostalohankkeisiin ei saada riittävästi urakkatarjouksia, jos pääurakoitsijan rooli hankkeessa on liian pieni³. Tämä mahdollisesti korostuu tulevaisuudessa yhä enemmän, jos puurakentamisen esivalmistusastetta saadaan nostettua ja työmaalla tehtävä asennustyö vähenee edelleen. Useimmissa puukerrostaloissa on betonirakenteinen maantasokerros, mikä lisää urakoitsijoiden osuutta hankkeesta. Jos rakennus toteutetaan kokonaan puusta, vähenee urakoitsijan osuus hankkeessa entisestään.

"Vähän mietittiin, että kiinnostaako urakoitsijoita ottaa vastuuta yhden-toista miljoonan euron talosta, jos oma urakkapalkkio on kahden miljoonan luokkaa."

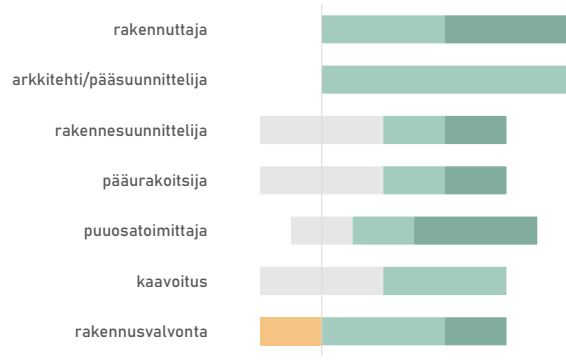
1	H3, H10
2	H3
3	H6

Kuinka suuri vaikutusvalta seuraavilla osapuolilla oli mielestäsi hankkeen lopputulokseen?

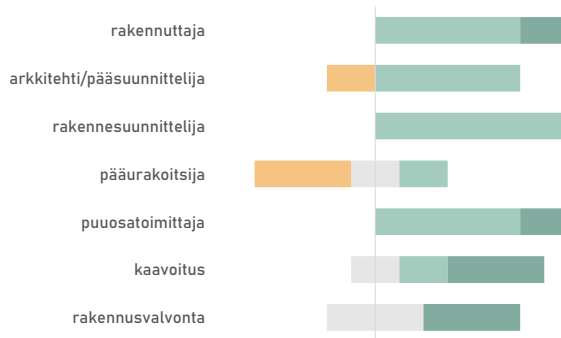
Kaikki vastaukset



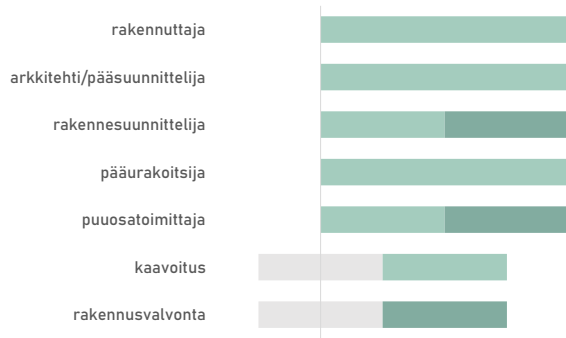
Lighthouse



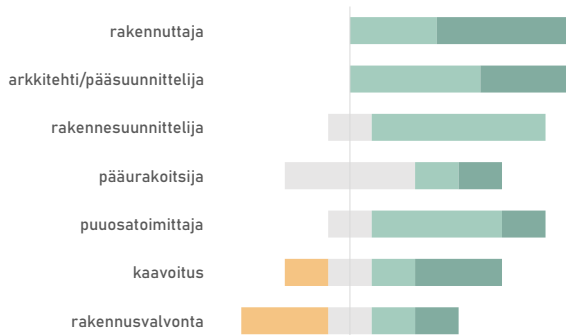
DAS Kelo



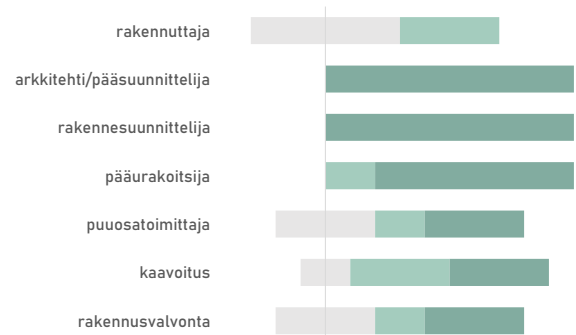
HOAS Tuuliniitty



Puukuokka



PuuMera



erittäin vähäinen melko vähäinen neutraali melko merkittävä erittäin merkittävä

PuuMerassa KVR-urakkamuoto näkyy erityisesti rakennuttajan roolin pienuutena. Hanke toteutettiin vahvasti pääurakoitsijan ohjauksessa, minkä myötä urakoitsijan vaikutusvalta on huomattavasti muita hankkeita suurempi ja tilaajan/rakennuttajan vastaavasti pienempi. Haastattelujen mukaan hankkeen onnistumisessa näkyy selvästi vahvan päätoteuttajan osaaminen ja se, että työmaaorganisaatiolla ja suunnittelua ohjanneilla henkilöillä on toteutustekniikasta hyvä kokemus⁴. Myös arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan hyvin suuri vaikutusvalta korostuu PuuMerassa muihin hankkeisiin verrattuna. Kaikki vastaajat arvioivat arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan merkityksen erittäin suureksi hankkeen lopputulokselle. Myös suunnittelijat ja urakoitsijat kertoivat haastatteluissa, että rakennus suunniteltiin lähes täysin arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan yhteistyönä ilman muiden osapuolten puuttumista suunnitteluprosessiin. Tämä oli seurausta siitä, että hankkeessa oli toisilleen tuttu organisaatio, joka oli toteuttanut vastaavanlaisen kohteen aiemminkin, minkä myötä urakoitsija luotti suunnittelijoiden osaamiseen eikä kokenut suurta tarvetta suunnitteluprosessin ohjaamiseen.⁵

Lighthousessa ja Tuuliniityssä eri osapuolten asema on ollut haastattelujen mukaan varsin tasavertainen. Vastausten perusteella yksittäisten osapuolten rooli ei korostu erityisesti ja ratkaisuja on kehitetty avoimessa yhteistyössä kaikkien toimijoiden kesken, mikä kuvaa hyvin hankkeiden koerakentamisluonnetta muihin kohteisiin verrattuna. Rakennusvalvonnan toiminta nousi vahvasti esiin molemmissa ylikorkeissa hankkeissa, mutta haastatteluissa kommentoitiin, että rakennusvalvonta vaikutti pikemminkin hankkeen etenemiseen, mutta ei niinkään varsinaiseen lopputulokseen. Molemmille ylikorkeille hankkeille on yhteistä myös se, että tilaaja toimi hankkeen projektinjohtajana ilman aiempaa kokemusta korkeasta puukerrostalorakentamisesta, jolloin hankkeiden puurakentamisosaaaminen oli erityisesti rakennesuunnittelijalla ja puuosatoimittajalla. Tilaelementtihankkeiden hankesuunnittelu- ja hankintavaiheessa oli kuitenkin mukana erillinen puurakentamisen konsultti.

"Tämä oli myös rakennusvalvonnalle oppimisprosessi ja he luottivat hyvin paljon meidän osaamiseen."

"Rakennusvalvonnan suuntaan prosessi alkaa olla ainakin meille aika normaalia. Siellä tulee nämä tavalliset asiat vaikuttavammiksi tekijöiksi kuin itse puurakentaminen. Siinä mielessä tämä puurakennuksen suunnittelu on normalisoitunut rakennusluvan suhteen."

Arkkitehdin rooli ja vaikutusvalta vaihteli jonkin verran eri hankkeiden välillä. DAS Kelossa arkkitehtisuunnittelun vaikutusmahdollisuudet olivat varsin vähäisiä, kuten aiemmissa kappaleissa tuotiin esiin. HOAS Tuuliniityssä suunnitteluprosessi oli haastattelujen mukaan puolestaan selvästi arkkitehtivetoinen, vaikka kohde toteutettiin saman tilaelementtitoimittajan järjestelmällä. Tämä johtui osittain siitä, että arkkitehtitoimisto vastasi myös hankkeen tietomallikoordinoimista ja pääsuunnittelija johti hankkeen etenemistä erityisesti tietomallikoordi-

4 H18
5 H8 ja H15

noinnin kautta.⁶ Tuuliniityssä ei myöskään pystytty samalla tavalla hyödyntämään elementtitoimittajan valmiita ratkaisuja, jolloin suunnittelijoiden rooli uusien ratkaisujen kehittämisessä oli suurempi.

"Tällaisessa hankkeessa suunnittelijoiden ja rakennuttajan yhteistyön vaikutus voi olla suurempikin kuin tavanomaisemmassa hankkeessa. Tällaisessa tapauksessa kun tehdään ensimmäistä kertaa ja kaikilla on halu ratkaista asioita niin suunnittelu on arkkitehtivetoista ja arkkitehdillä on enemmän valtaa."

"Detaljitaso verrattuna normaaliin asuntorakentamiseen, vaikka se tehtäisiin kuinka tarkasti, on vielä tarkempi. Joudutaan miettimään ihan naurettavankin pieniä yksityiskohtia."

Myös Puukuokassa arkkitehdin rooli arvioitiin erittäin merkittäväksi, mikä näkyy myös siinä, että Puukuokassa on tutkituista hankkeista ehkäpä määrätietoisimmin tehty puurakentamisen ohella myös puuarkkitehtuuria ja pyritty hyödyntämään puurakentamisen mahdollisuuksia, kuten puolilämpimiä tiloja ja sisäänvedettyjä parvekkeita. Puukuokka oli myös toteutushetkellään luonteeltaan selvästi koerakentamiskohde eikä tilaelementtirakentamisessa ollut juurikaan valmiita ratkaisumalleja, jotka olisivat ohjanneet suunnittelua. Tällöin arkkitehtisuunnittelussa pystyttiin vaikuttamaan enemmän myös varsinaisten tilaelementtien kehittämiseen. PuuMerassa arkkitehdin vahva rooli perustui varsinkin rakentamistavan aiempaan tuntemukseen ja vakiintuneessa yhteistyöorganisaatiossa vallinneeseen luottamukseen. Lighthouse'n kilpailutusvaiheessa arkkitehtisuunnittelu tapahtui paljolti tarjoajien, eli urakoitsijoiden, rakennesuunnittelijoiden ja puuosatoimittajien ohjauksessa, mutta arkkitehtisuunnittelulla oli merkittävä rooli suunnittelu-prosessin koordinoinnissa.

Eräs puuosatoimittaja toi haastattelussa esiin, että suunnittelun ohjausta ja suunnitteluvastuuta olisi hyödyllistä jakaa enemmän elementtitoimittajille, joilla on tällä hetkellä muutamien rakennesuunnittelijoiden ohella eniten kokemusta ja osaamista puurakentamisesta⁷. Myös pääsuunnittelijoiden haastatteluissa tuli esiin puuosatoimittajien asiantuntemuksen ja kokemuksen merkitys hankkeen onnistumiselle ja se, että puuosatoimittajat on otettava mahdollisimman varhaisessa vaiheessa mukaan hankkeen suunnitteluun. Puuosatoimittaja toi esiin, että monissa puurakentamishankkeissa on haasteena se, että rakennusliikkeet ovat halukkaita ulkoistamaan riskejä ja ostamaan puurungon kokonaistoimituksena, mutta eivät kuitenkaan ole valmiita ulkoistamaan suunnittelu- tai päätäntävaltaa sopimuksen mukana. Tällöin puuosatoimittajalla on kokonaisvastuu rakenteen toimivuudesta, mutta toisaalta tilaajalla saattaa olla hyvinkin voimakkaita omia näkemyksiä esimerkiksi yksittäisiin teknisiin yksityiskohtiin, joihin puuosatoimittajalla ei ole valtaa vaikuttaa.⁸

6	H12
7	H18
8	H18

Puuosatoimittajan vaikutus kohteen lopputulokseen arvioitiin suureksi kaikissa hankkeissa. Vaikutusvalta kuitenkin vaihtelee jonkin verran sen mukaan millaisella rakennejärjestelmällä kohde toteutetaan. Esimerkiksi 8-kerroksisessa tilaelementtirakennuksessa voidaan käyttää varsin valmiita ratkaisuja, jolloin elementtitoimittajan vakioratkaisuilla on suuri vaikutus siihen, millainen rakennus on kustannustehokkainta toteuttaa. Korkeaan suurelementtirakentamiseen ei toistaiseksi oleyhtä vakiintuneita ratkaisuja, vaan elementtejä muokataan enemmän kohdekohdaisesti, mikä mahdollistaa ainakin jossain määrin monipuolisempia arkkitehtonisia ja tilallisia ratkaisuja. Esimerkiksi PuuMera -hankkeessa suunnitelmat tehtiin urakoitsijan suunnitelmilla eikä puuosatoimittajalla ollut juurikaan vaikutusvaltaa rakenneratkaisuihin tai arkkitehtuuriin. Puuosatoimittajan päätöksenteko liittyi lähinnä tuotantoteknisiin seikkoihin, kuten elementtien sisäisiin kiinnikkeisiin ja elementtien kokoihin. Erään puuosatoimittajan näkemyksen mukaan puukerrostalorakentamisen kilpailukykyä saataisiin parannettua, jos puuosatoimittajalla olisi suurempi suunnitteluvastuu ja elementtituotantoon liittyvät yksityiskohdat ratkaistaisiin rakennesuunnittelun yhteydessä⁹. Toisaalta muutama haastateltava esitti myös hyvin vastakkaisen näkemyksen, jonka mukaan puuelementtitehtailla ei ole rakennesuunnitteluosaamista ja puurakentamisen ratkaisujen kehittäminen on ensisijaisesti rakennesuunnittelijoiden varassa.¹⁰

Hankkeen kustannukset

Haastattelujen perusteella rakennesuunnittelijalla on merkittävin vaikutusvalta korkean puukerrostalohankkeen kustannuksiin. Puuosatoimittajan merkitys puolestaan arvioitiin useimmissa vastauksissa erittäin suureksi. Vähäisin merkitys kustannuksiin arvioitiin olevan rakennusvalvonnalla. Rakennuttajan vaikutusvalta arviotiin hieman yllättäenkin arkkitehtia ja pääurakoitsijaa pienemmäksi. Tämä selittyy osittain sillä, että varsinkin KVR-tyyppisessä toteutuksessa rakennuttajien vaikutus suunnitteluratkaisuihin on varsin vähäinen, sekä mahdollisesti osittain sillä, että vastaajat vertasivat puurakentamista betonirakentamiseen. Puurakentaminen ei välttämättä vaikuta rakennuttajan toimintaan yhtä paljon kuin esimerkiksi urakoitsijaan ja suunnittelijoihin, jolloin rakennuttajan merkitys arviotiin vähäisemmäksi.

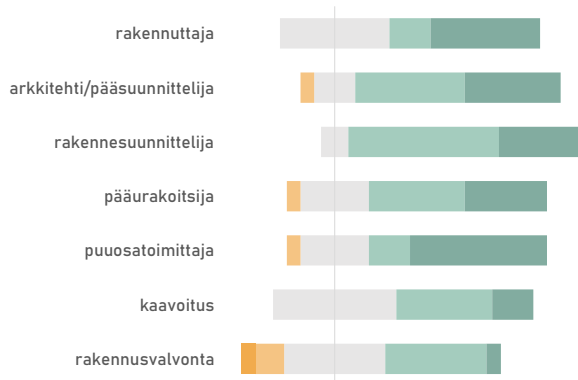
"Rakennesuunnittelijan vaikutus kustannuksiin on oleellinen, ensinnäkin ettei rakenteita ylimitoitettaisi. Suunnittelukustannuksista ja rakenteiden ylimitoituksesta tulee helposti kustannuksia useampi satanen asunoneliölle."

Vaikka puuosatoimittajien merkitystä hankkeiden kustannuksille pidettiin pääosin hyvin merkittävänä, toi eräs puuosatoimittaja esiin, että yksittäisen elementtitoimittajan vaikutusvalta kustannuksiin ei ole kovin suuri. Vaikka puurungon osuus hankkeen kokonaiskustannuksista on hyvin merkittävä, on eri puuosatoimittajien välinen kustannusero joitakin prosentteja, jolloin yksittäisen puuosatoimittajan vaikutus hankkeen kokonaiskustannuksiin on lopulta varsin vähäinen. Tämä pätee kuitenkin lähinnä hankkeissa, jossa yksittäisiä puurakennneosia kuten välipohjaelementtejä pystytään kilpailuttamaan. Suuremmassa mittakaavassa puurakennjärjestelmän valinta on merkittävä kustannuksiin vaikuttava tekijä varsinkin, jos

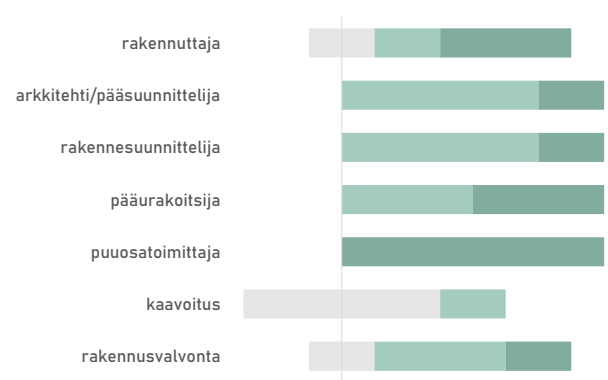
9 H18
10 H4, H19

Kuinka suuri vaikutusvalta seuraavilla osapuolilla oli mielestäsi hankkeen kustannuksiin?

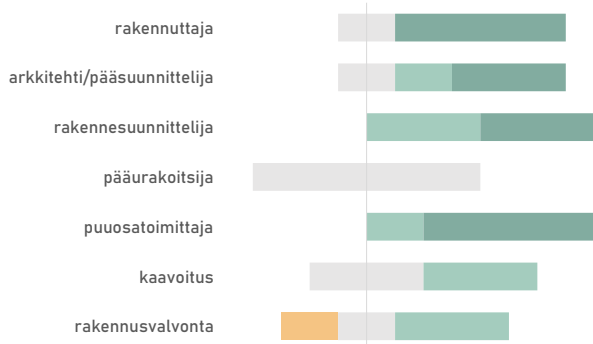
Kaikki vastaukset



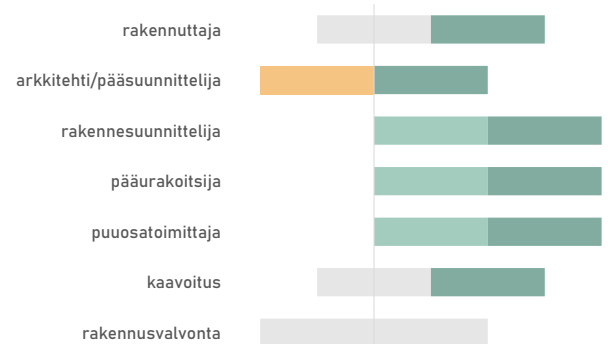
Lighthouse



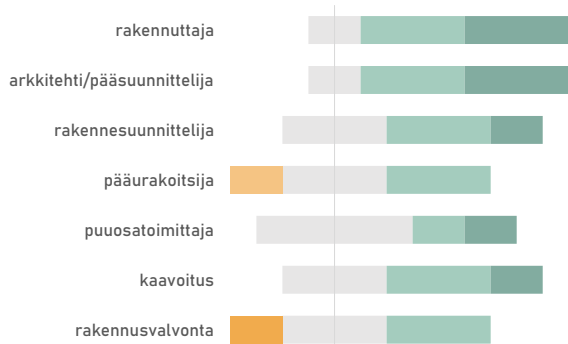
DAS Kelo



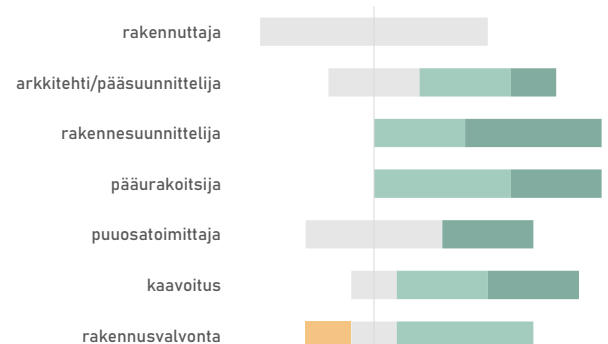
H0AS Tuuliniitty



Puukuokka



PuuMera



erittäin vähäinen melko vähäinen neutraali melko merkittävä erittäin merkittävä

puurunko toteutetaan kokonaisuudessaan yhden toimittajan järjestelmällä. Eräs suunnittelija kuvaili, että mikäli kustannukset ovat suurin hanketta ohjaava tekijä, tulee suurimman päätösvallan olla puuosatoimittajalla. Tällöin kustannuksia pystytään ohjaamaan tehokkaasti elementtituotannon kautta. Toisaalta jos tavoitteita pystytään asettamaan korkeammalle, voi päätösvalta olla muuallakin.¹¹

Sekä DAS Kelo, että HOAS Tuuliniitty on toteutettu saman puuosatoimittajan tilaelementeillä, joten niissä pystyy jossain määrin vertaamaan korkeuden vaikutusta tilaelementtirakentamiseen. Tilaelementtitoimittajan mukaan kahdeksankerroksinen DAS Kelo on vielä varsin tavanomaista rakentamista ja se pystyttiin toteuttamaan vakiintuneilla ratkaisulla, mutta viisi kerrosta korkeampi Tuuliniitty on huomattavasti Keloä haastavampi kohde. Tämä näkyy selvästi vahvempina rakenteina, mutta myös suunnittelutyön määrässä ja suunnitteluprosessin kestossa. Tuuliniitty on myös kustannuksiltaan noin 1500 €/m² Keloä kalliimpi.¹² Tuuliniitty on Suomen, ja tiettävästi myös maailman ensimmäinen täysin tilaelementeillä toteutettu yli 10-kerroksinen puukerrostalo, joten se on selkeästi pilottirakentamiskohde.

Puosatoimittajan näkemyksen mukaan Tuuliniityn selvästi korkeampi hinta johtuu ensisijaisesti siitä, että korkeaan tilaelementtirakentamiseen ei ole vielä muodostunut testattuja ratkaisuja ja toimintamalleja, mutta hinta todennäköisesti laskee. Kuten kohdekuvauksessa käsiteltiin, Tuuliniitty suunniteltiin ensin suurelementtijärjestelmällä, mutta vaihdettiin kustannussyistä tilaelementtijärjestelmään. Kustannuksia laskettiin myös muuttamalla CLT-rakenteiset välipohjat palkkirakenteisiksi ja kehittämällä tilaelementtien liitosjärjestelmää.¹³ Tilaelementtirakentamisessa suurimpana kustannuksiin vaikuttavana tekijänä haastatteluissa mainittiin elementtituotannon käynnistyminen ja työmaan eteneminen suunnitellulla aikataululla. Erityisesti Tuuliniityn kohteessa oleelliseksi kehittämistarpeeksi nousi juuri rakennesuunnittelun aikataulun hallinta ja sen vaikutus tilaelementtituotantoon.

"Hankkeessa on pidetty kehitysvaiheessa yli 20 suunnittelupalaveria eikä silti ole löydetty sitä toteutustapaa, miten lähdetään tekemään eikä kustannuksia ole saatu ruotuun."

Korkeiden puukerrostalojen suunnittelu-aika on pitkä ja suunnittelukustannukset ainakin toistaiseksi suuremmat tavanomaiseen betonirakentamiseen verrattuna. Eräs haastateltu arvioi korkean puukerrostalon suunnittelukustannusten olleen noin kaksin- tai kolminkertaiset betonitaloon verrattuna¹⁴. Korkeisiin suunnittelukustannuksien vaikuttaa luonnollisesti kohteiden pilottirakentamisluonne ja vakioitujen ratkaisujen puute erityisesti rakennesuunnittelussa. Kuten aiemmin todettiin, rakennesuunnitteluosaamista saataisiin jaettua ja suunnittelukustannuksia pienennettyä helpommin toistettavilla standardiratkaisulla. Myös kilpailun lisääminen erityisesti elementtituotannossa ja sen aiheuttama kustannusten lasku tuotiin esiin monessa haastattelussa. Oleellisena puurakentamisen

11	H13
12	H19
13	H4
14	H6

markkinaosuuden kasvua edesauttavana tekijänä tuotiin esiin myös se, että suuret rakennusliikkeet kiinnostuisivat puukerrostalorakentamisesta, jolloin myös puuelementtien kysyntä ja kilpailu lisääntyisivät.¹⁵

Puumateriaalin korkea hinta mainittiin joissain haastatteluissa, mutta pääasiassa sitä ei tuotu esiin merkittävänä korkeiden puukerrostalojen kustannuskilpailukykyyn vaikuttavana tekijänä. Varsinkin tilaelementtirakentamisessa rakentamistapa- ja aika ovat betonirakentamiseen verrattuna erilaisia ja kustannukset muodostuvat eri tavalla. Materiaalin hintaa oleellisempina tekijöinä tuotiin usein esiin juuri suunnittelukustannukset, rakenteiden kustannustehokas mitoitus ja asennusnopeus. Toisaalta monien haastateltujen on todennäköisesti ollut vaikea arvioida puumateriaalin hinnan vaikutusta elementtitoimituksen kustannuksiin. Rankarakenteisilla tila- tai suurelementeillä on periaatteessa mahdollista säästää materiaalikustannuksissa massiivipuorakenteisiin verrattuna ja esimerkiksi Ruotsissa, missä käytetään yleisesti rankarakenteisia ratkaisuja, puurakentamisen on arvioitu olevan jopa noin 20 prosenttia betonirakentamista edullisempaa¹⁶. Rankarakenteiden on kuitenkin arvioitu soveltuvan huonosti ainakin yli 8-kerroksiseen rakentamiseen, joten ylikorkeiden puukerrostalojen kustannuskilpailukykyä niillä ei juurikaan voi edistää. Ruotsissa rankajärjestelmällä on kuitenkin toteutettu joitakin 8-kerroksisia puukerrostaloja, joten niiden toteutukseen rankajärjestelmä voi mahdollisesti muodostua kustannustehokkaaksi toteutustavaksi myös Suomessa.

Hankkeen aikataulu

Korkeiden puukerrostalohankkeiden aikataulujen onnistumiseen liittyy paljon samoja tekijöitä kuin kokonaisprosessin onnistumiseen ja kustannuksiin. Haastattelujen perusteella suurin vaikutus aikatauluun arvioitiin olevan pääurakoitsijalla ja puuosatoimittajalla. Kuten kustannusten ja projektin onnistumisen osalta tuotiin esiin, rakenneratkaisujen standardoiminen nopeuttaisi hankkeiden aikataulua ja edistäisi suunnitteluvaiheen ja työmaan sujuvaa läpivientä. Myös puuosatoimittajien tuotantokapasiteetti vaikuttaa hankkeen kokonaisaikatauluun ja siihen, milloin hanke voidaan ylipäättään toteuttaa. Eräs haastateltava epäili, että hanke voi jopa peruuntua kokonaan, jos puuosatoimittaja ei pysty toimittamaan elementtejä riittävän nopeasti. Myös puuosatoimittajat mainitsivat tuotantokapasiteettin mitoittamisen haastavaksi, mutta eivät nähneet rakennusosien saatavuutta esteeksi puukerrostalohankkeiden etenemiselle. Sen sijaan suunnittelun aikataulunhallinta ja sen myötä elementtituotannon eteneminen aikataulussa koettiin erittäin merkittäväksi. Erityisesti Tuuliniityn hankkeessa rakennesuunnittelun ja tilaelementtitoimittajan yhteistyö mainittiin haastavaksi ja aikaa vieväksi, mikä johtui varsinkin rakennesuunnitelmien tarkastuslaskennan vaatimasta ajasta. Myös muutosten tekeminen suunnitelmiin mainittiin erittäin työlääksi, mikä tulisi haastateltujen mukaan tiedostaa tulevilla hankkeilla.¹⁷

15 H18
16 Rakennuslehti 2020
17 H4

"Kyllä huomattavasti enemmän kohteita voisi lähteä liikkeelle ja silti ne pystytettäisiin toteuttamaan. Toki se voi edellyttää muutamien kuukausien järjestelyä, mutta siirrot ovat kuitenkin aika lyhytkestoisia."

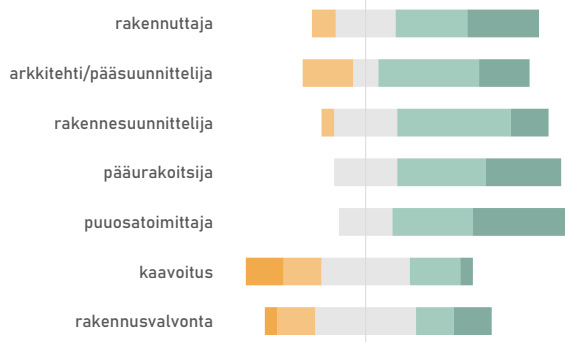
Kaavoituksen merkitys hankkeiden aikataululle arvioitiin osapuolista selkeästi vähäisimmäksi, mikä on ymmärrettävää, sillä useimmissa hankkeissa kaavoitus ei liittynyt toteutusvaiheeseen. Ainoastaan Puukuokka ja DAS Kelo toteutettiin kumppanuuskaavoituksena eli ne olivat ainoat kohteet, joissa kaavoitus oli mukana myös rakennushankkeen suunnittelussa. Yhdessäkään hankkeessa kaavoituksen ei mainittu vaikuttaneen negatiivisesti hankkeen etenemiseen, vaan kaavoituksen toimintaa kuvailtiin usein joustavaksi ja mahdollistavaksi. Arkkitehdin merkitys aikatauluihin arvioitiin jonkin verran muita toteutusvaiheen toimijoita vähäisemmäksi, mikä selittyy ainakin sillä, että arkkitehtisuunnittelu ei rakennesuunnittelun tavoin kytkeydy yhtä vahvasti elementtituotannon aikatauluun.

Hankkeiden aikatauluun liittyi samanlaisia kehitysehdotuksia kuin kokonaisprosessin onnistumiseen. Näitä olivat suunnittelutyön painottuminen hankkeen alkuvaiheeseen sekä suunnittelun erilainen aikataulu ja organisointi verrattuna betonirakentamiseen. Haastateltavat korostivat avointa tiedonvaihtoa ja ongelmien esiintuomista. Esimerkiksi Big Room -tyyppiset työskentelytavat tuotiin esiin toimivana ratkaisuna.

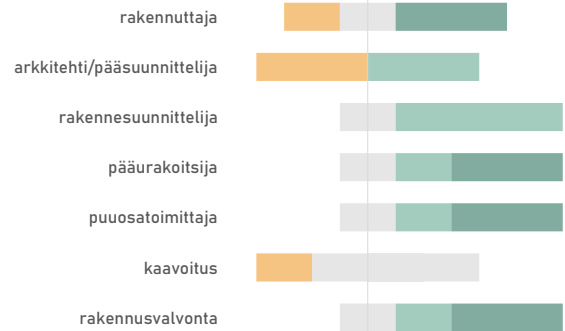
"Perinteiset, kerran kuussa suunnittelukokous -tyyppiset käytännöt ovat mielestäni vanhanaikaisia ja ne eivät palvele sitä, että tehtäisiin oikeaan aikaan oikeita asioita. Huomattavasti parempia tuloksia on saavutettu viikkopalaverikäytännöllä ja sillä, että on keskitytty tekemiseen eikä vastuuvapauslausekkeiden kirjoittamiseen"

Kuinka suuri vaikutusvalta seuraavilla osapuolilla oli mielestäsi hankkeen aikatauluun?

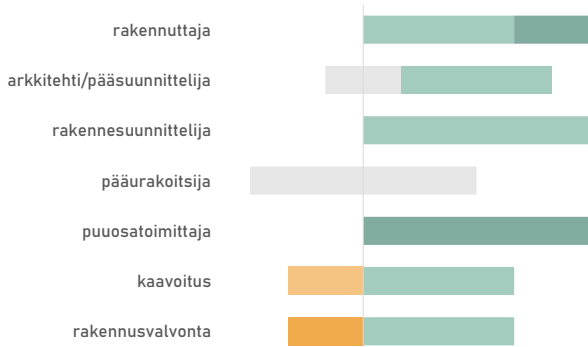
Kaikki vastaukset



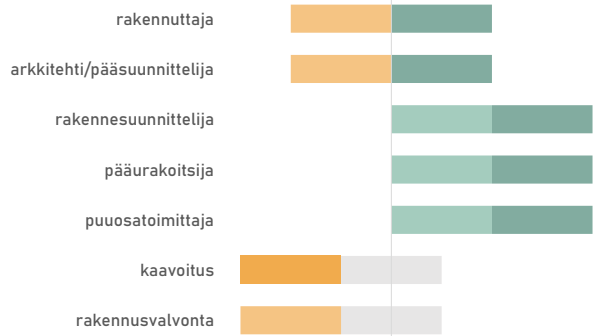
Lighthouse



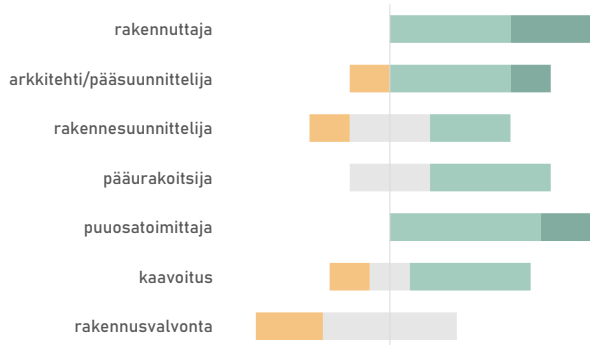
DAS Kelo



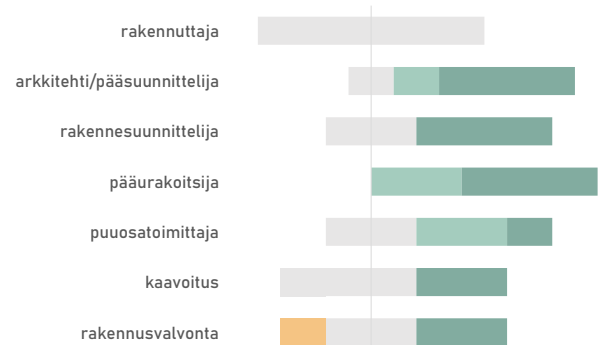
HOAS Tuuliniitty



Puukuokka



PuuMera



erittäin vähäinen melko vähäinen neutraali melko merkittävä erittäin merkittävä

Projektinjohto

"Olen ollut yli 30 vuotta mukana asuntorakentamisessa ja aluksi ajattelin, että puurakentaminen on todella erityistä, mutta siihen soveltuu kyllä kaikki samat säännöt kuin normaaliin rakennuttamiseen ja suunnittelunohjaukseen."

Kokonaisuudessaan hankkeiden projektinjohto arvioitiin melko hyväksi. Negatiiviset arviot olivat yksittäisiä ja niitä annettiin hankesuunnitteluun, kilpailutukseen, yleissuunnittelun ohjaukseen sekä tiedon ja aikataulun hallintaan liittyen. Kaikki projektinjohtoon liittyvät negatiiviset arviot annettiin yli 8-kerroksisissa hankkeissa. Selvästi kriittisimmin suhtauduttiin Tuuliniityn projektinjohtoon onnistumiseen. Tuuliniityssä rakennuttajalla ei ollut aiempaa kokemusta puukerrostalojen toteutuksesta, vaan puurakentamisosaaminen oli pääasiassa rakennesuunnittelijan, puuosatoimittajan ja puurakentamiskonsultin varassa. Hankkeessa mainittiin erityisenä haasteena varsinkin se, että useilla hankkeen osapuolilla ei ollut kokemusta pääkaupunkiseudun rakennuslupaprosessin vaativuudesta muuhun maahan verrattuna, jolloin rakennusvalvonnan vaatimuksiin suhtauduttiin liian kevyesti ¹.

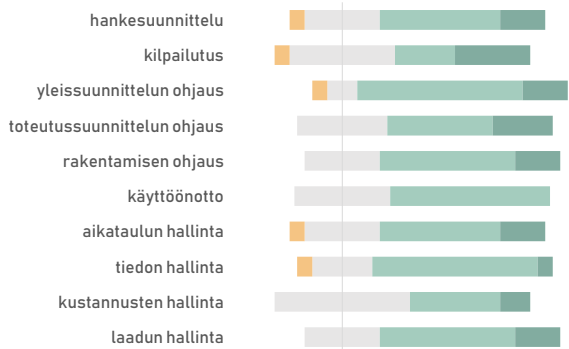
Projektinjohtoon liittyviä kommentteja tai kehitysehdotuksia annettiin kaikkiaan varsin vähän. Vastauksissa tuotiin esiin hankesuunnitteluvaiheen ja kilpailutuksen suuri työmäärä betonirakentamiseen verrattuna ja tarve tehdä ratkaisuja aikaisessa vaiheessa. Myös tiedonkulun ja tiedonhallinnan merkitystä korostettiin ja tietomallinnus mainittiin oleellisena projektinhallinnan välineenä. Parhaiten kilpailutuksen arvioitiin onnistuneen Joensuun Lighthouseessa, jossa käytettiin kaksivaiheista kilpailullista neuvottelumenettelyä. Kaikki vastaajat antoivat kyseisessä hankkeessa kilpailutukselle erittäin hyvän arvosanan. Suunnittelun ja rakentamisen ohjaus arvioitiin selvästi onnistuneimmaksi Kivistön PuuMerassa, jossa KVR-urakoitsija vastasi projektinjohtosta. KVR-tyypistä urakkamuotoa pidettiin oleellisena tekijänä hankkeiden onnistumiselle niissä kohteissa, joissa sitä käytettiin. PuuMeran ohella myös Lighthouse-hankkeen osapuolet puhuivat projektista usein KVR-hankkeena, vaikka arkkitehtisuunnittelu oli tilaajan vastuulla.

KVR-toteutusmuodon toimivuutta tarkasteltiin Kivistön hanketta seuranneessa Honkasuon PuuMera-hankkeessa, jonka toteutuksessa oli mukana pääosin samoja toimijoita kuin Kivistössä. Honkasuon hankkeesta laadittiin tutkimusraportti, jonka mukaan KVR-urakkamuoto soveltuu hyvin vaatimaan puukerrostalorakentamiseen varsinkin nykyisessä markkinatilanteessa, jossa osaavia puukerrostalorakentajia on vähän. Urakkamuotoa pidettiin tilaajan kannalta yksinkertaisena ja toimivana varsinkin siksi, ettei tilaajalla ollut erityisosaamista puukerrostalon suunnittelun ohjaamiseen tai erillishankintojen tekemiseen. Tulevaisuudessa KVR-urakoita pystytään mahdollisesti myös kilpailuttamaan, jolloin on oleellista, että hankkeen vaatimukset ja urakkakilpailuaineisto laaditaan niin, että urakkaa voi tarjota erilaisilla rakennejärjestelmillä. Toimivia ratkaisuja voivat olla esimerkiksi kilpailutus tilaohjelman, rakennustapaselostuksen ja viitesuunnitelman perusteella.

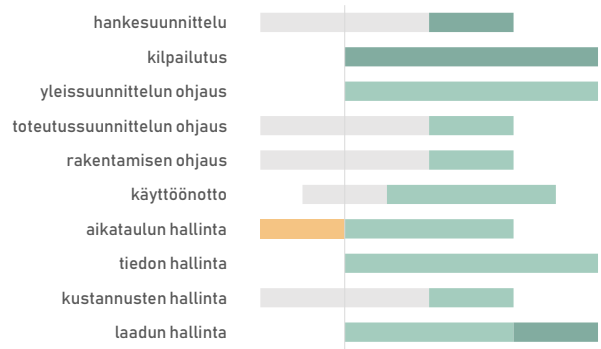
¹ H4

Miten arvioisit projektinjohton onnistumista?

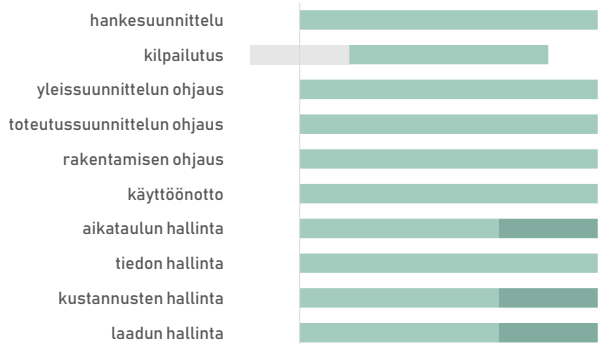
Kaikki vastaukset



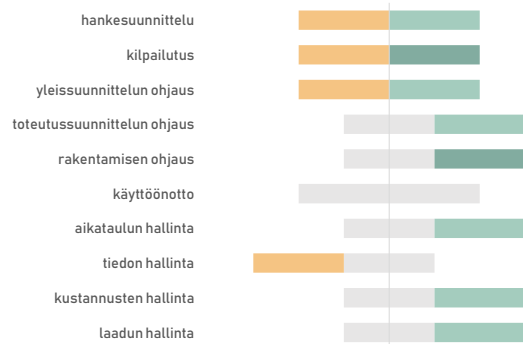
Lighthouse



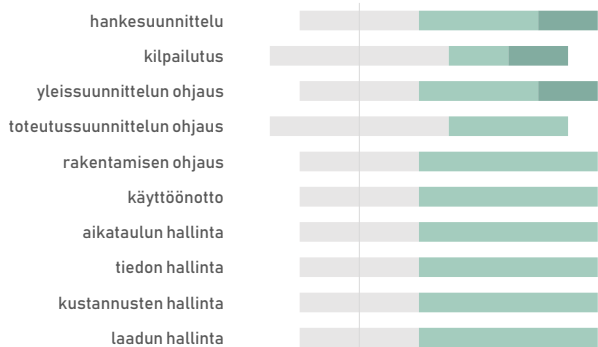
DAS Kelo



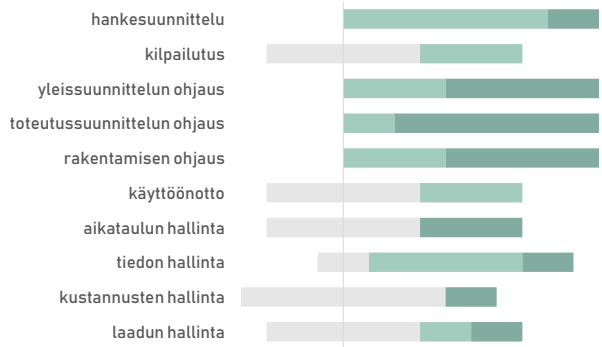
HOAS Tuuliniitty



Puukuokka



PuuMera



erittäin huono melko huono neutraali melko hyvä erittäin hyvä

4.2 Arkkitehtuuri ja suunnitteluratkaisut

Suunnitteluun vaikuttaneet reunaehdot

Haastattelun toisessa osassa käsiteltiin korkeiden puukerrostalojen arkkitehtuuria ja suunnitteluratkaisuja. Kysymyksillä mitattiin arkkitehtuuriin vaikuttavien reunaehtojen merkitystä toteutuneissa hankkeissa ja pyrittiin selvittämään, kuinka merkittävästi puurakentaminen on vaikuttaa korkean puukerrostalon suunnitteluratkaisuihin. Kaikkiaan merkittävimmäksi lopputulokseen vaikuttaneeksi tekijäksi arvioitiin puurakentamisen kustannukset. Puurakentamisen hintaa on hankkeissa pyritty kompensoimaan esimerkiksi yksinkertaistamalla pohjaratkaisua ja rakennuksen muotoa. Useat haastateltavat kommentoivat, että kustannustehokkuus ja kustannusten jatkuva seuranta ovat oleellisia puukerrostalohanketta ohjaavia tekijöitä. Erityisesti tilaelementtirakentamisessa kustannukset määräytyvät paljon elementtien kokonaismäärän toistettavuuden mukaan, jolloin kustannussäästöt vaikuttavat merkittävästi rakennuksen kokonaisarkkitehtuuriin.

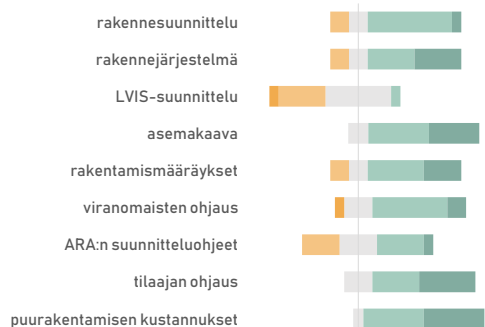
Rakennejärjestelmän ja rakennesuunnittelun koettiin vaikuttaneen varsin paljon kohteiden lopputulokseen. Toisaalta esimerkiksi Tuuliniityn kohteessa suunnittelija arvioi, että kohde olisi myös betonirakenteisena toteutettu hyvin samanlaisena. Rakennejärjestelmään liittyvissä vastauksissa ei ole merkittävää eroa tila- ja suurelementtikeräysten välillä, vaikka tilaelementtirakentaminen aiheuttaa varsinkin pohjaratkaisulle enemmän reunaehtoja suurelementtirakentamisen verrattuna.

Muita merkittävimpiä tekijöitä olivat asemakaava sekä tilaajan ohjaus, jotka eivät suoraan liity puurakentamiseen vaan ovat tyypillisesti oleellisia kaikessa rakentamisessa. Viranomaisohjauksen merkitys arvioitiin pääosin merkittäväksi, mutta se sai myös joitakin päinvastaisia arvioita. LVIS-suunnittelun merkitys arkkitehtuurin ja rakennuksen lopputulokseen arvioidiin vähäiseksi.

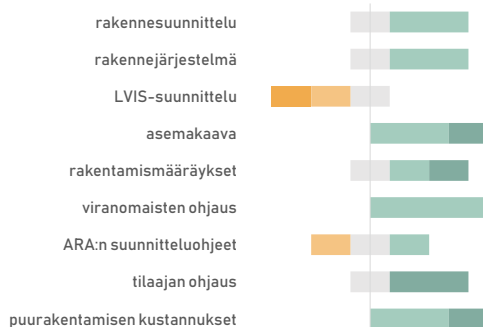
"Tässä vaiheessa hanketta rakennesuunnittelun tehtävä ei mielestäni ole sanoa, että tämä ei onnistu, vaan kertoa millaisia kustannuksia aiheutuu ja miten asioita kannattaisi tehdä. Tilaajan ja arkkitehdin väliseksi asiaksi jää miettiä onko tämä järkevää ja halutaanko sitä."

Kuinka merkittävästi seuraavat reunaehdot vaikuttivat kohteen lopputulokseen ja arkkitehtuuriin?

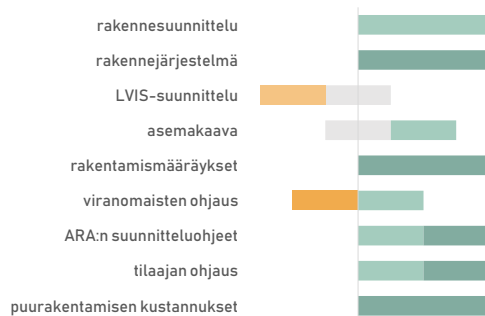
Kaikki vastaukset



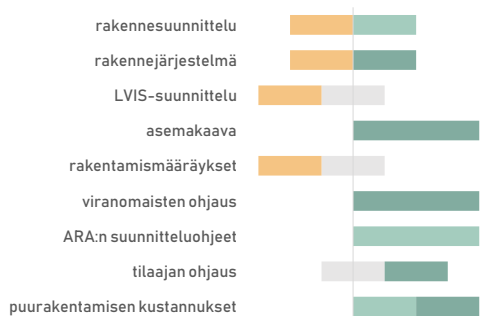
Lighthouse



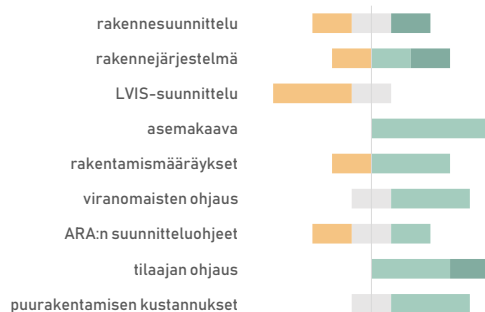
DAS Kelo



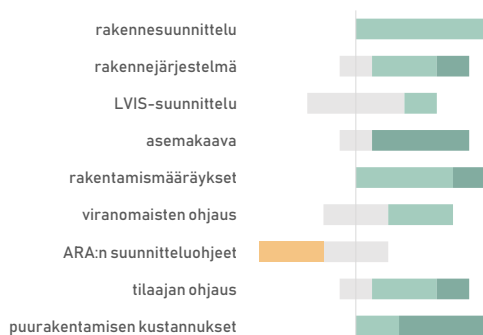
HOAS Tuuliniitty



Puukuokka



PuuMera



erittäin vähäinen melko vähäinen neutraali melko merkittävä erittäin merkittävä

Arkkitehtisuunnittelu

"Itsekin olen ollut pääsuunnittelijana 19-kerroksisessa betonitalossa niin onhan tämä ollut aivan erilainen hanke. Arkkitehdilta vaatii aivan erilaista tarkkuutta ja paneutumista erilaisiin kysymyksiin."

"Korkean puukerrostalon arkkitehtuurissakin on omat haasteensa, mutta niitä on muihin ratkaisuihin verrattuna helppo lähteä käsittelemään."

Kysymyksellä mitattiin puurakentamisen vaikutusta korkean asuinkerrostalon arkkitehtisuunnitteluun. Kysymys esitettiin hieman eri muodossa arkkitehdeille ja hankkeen muille osapuolille. Arkkitehdeilta kysyttiin, kuinka merkittävästi puurakentaminen on vaikuttanut tiettyihin arkkitehtisuunnittelun osa-alueisiin. Muilta osapuolilta puolestaan kysyttiin kuinka merkittävänä he pitivät samoja arkkitehtisuunnittelun osa-alueita oman toimintansa kannalta.

Arkkitehdit arvioivat puurakentamisen vaikuttaneen merkittävimmin rakennusmassan muotoon ja päämittoihin sekä suunnittelutyön määrään ja aikatauluun. Erityisesti puurakentamisen suunnittelutarkkuus ja suunnittelutyön etupainotisuus korostui avoimissa vastauksissa. Haastatellut arkkitehdit korostivat myös käytetyn rakennejärjestelmän ja sen asettamien reunaehtojen ymmärtämistä heti suunnittelun alkuvaiheessa.

Puurakentamisen vaikutusta julkisivu- ja pintamateriaaleihin pidettiin arkkitehtien vastauksissa sekä erittäin vähäisenä että erittäin merkittävänä, mikä liittyy laajemmin siihen, millaista rakennusta pidetään puukerrostalona. Myös muiden kuin arkkitehtien kommentoissa tuli varsin usein esiin näkemys, että puujulkisivu ei automaattisesti liity puurakentamiseen vaan puu nähdään lähinnä runkomateriaalina. Puumateriaalin käyttöä näkyvänä pintamateriaalina pidettiin myös yleisesti oleellisempänä sisätiloissa kuin rakennuksen julkisivussa. Muutamat vastaajat kommentoivat myös, että puuarkkitehtuurissa tulisi puujulkisivujen ohella pyrkiä hyödyntämään paremmin myös muita puurakentamisen mahdollisuuksia ja ominaispiirteitä.

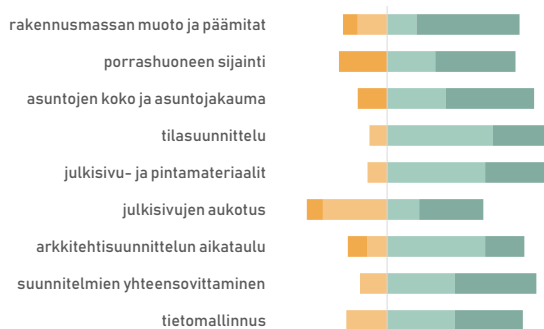
Rakennesuunnittelijat ja puuosatoimittajat arvioivat rakennuksen muodon ja päämitat sekä porrashuoneen sijainnin merkittävimmit arkkitehtisuunnittelussa tehtäviksi ratkaisuuksi. Varsinkin korkeimmissa kohteissa eli Tuuliniityssä ja Lighthouseessa useat haastateltavat toivat esiin, että arkkitehtuuriin liittyvät haasteet on varsin helppo ratkaista esimerkiksi rakennesuunnitteluun ja viranomaisprosesseihin verrattuna.¹ Tässä yhteydessä osa vastaajista saattoi kuitenkin ymmärtää arkkitehtuurin ensisijaisesti pintamateriaalien ja julkisivun suunnitteluna eikä niinkään rakennuksen tilasuunnitteluna, joka liittyy varsinkin korkeassa rakentamisessa oleellisesti rakennesuunnitteluun. Rakennuttajien osalta merkit-

¹ Esim. H19

Kuinka merkittäviä seuraavat suunnittelun osa-alueet ovat omasta näkökulmastasi?

Kuinka merkittävästi puurakentaminen vaikutti seuraaviin suunnittelun osa-alueisiin?

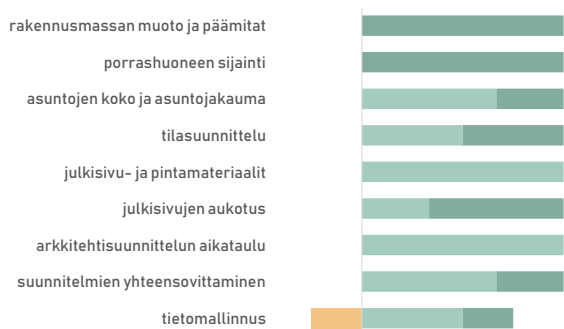
Muiden kuin arkkitehtien vastaukset



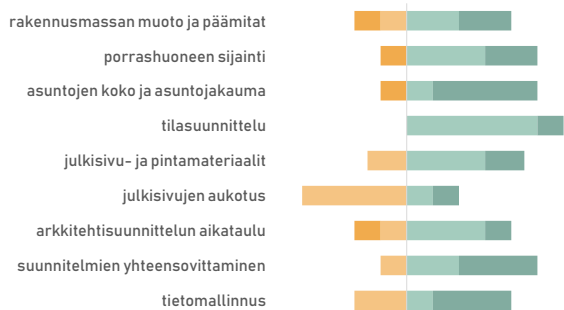
Arkkitehtien vastaukset



Rakennesuunnittelijat ja puuosatoimittajat



Rakennuttajat



● erittäin vähäinen ● melko vähäinen ● neutraali ● melko merkittävä ● erittäin merkittävä

täväksi nousi erityisesti asuntojen koko ja asuntojakauma, mikä ei suoraan liity puurakentamiseen vaan on samalla tavalla merkitsevää kaikessa asuntorakentamisessa.

"Joskus hyvinkin pienillä arkkitehtonisilla muutoksilla voidaan parantaa teknisen toteutuksen edellytyksiä. Vaikkapa sijoittelemalla kantavia seiniä vähän symmetrisemmin tai tekemällä jostain seinästä vähän pidempi, niin voi olla että säästetään monta vaikeasti toteutettavaa ankkurointiliitosta."

Tietomallinnus ja suunnitelmien yhteensovittaminen mainittiin haastatteluissa lähes poikkeuksetta hyvin merkittävänä suunnitteluun vaikuttavana tekijänä. LVIS-ratkaisujen vaikutusta kokonaisuuteen ja muihin suunnitteluratkaisuihin pidettiin melko vähäisenä, mutta betonirakentamisesta poikkeava suunnitteluprosessi tuotiin esiin erityisesti suurelementtirakentamisessa.

Talotekniikka suunnitellaan erillisenä ja se on tavallaan betonitalon talotekniikkaa, joka sitten pitää survoa puutaloon jotenkin. Se ei johda kyllä laadukkaimpaan lopputulokseen. Ennen kuin juuri mitään on suunniteltu, niin pitäisi käydä yhdessä läpi, miten asiat kannattaa tehdä.

Kahdeksankerroksista puurakentamista ei yleisesti pidetty poikkeuksellisen korkeana rakentamisena ja sen nähtiin vertautuvan toteutustavoiltaan ja rakenteiltaan enemmänkin matalampiin puukerrostaloihin. Esimerkiksi kahdeksankerroksinen DAS-Kelo ei juurikaan poikkeakaan ratkaisuiltaan matalammasta tilaelementtirakentamisesta.² Tilaelementtitoimittajan näkemyksen mukaan yli 8-kerroksinen rakentaminen ei rajoita sitä millaisia pohjaratkaisuja tilaelementeillä voidaan muodostaa. Esimerkiksi elementtien enimmäismitat, aukotusmahdollisuudet ja yhdisteltävyys eivät juurikaan eroa matalammasta rakentamisesta vaan korkean rakentamisen erityispiirteet liittyvät rakenteiden kapasiteettiin ja erilaisiin liitosratkaisuihin. Poikkeuksena mainittiin muulle puurakentamiselle mahdollinen sisäänvetojen ja ulokkeiden toteuttaminen, mikä arvioitiin korkeassa rakentamisessa hyvinkin haastavaksi.³

2 H19
3 H19

Rakenneratkaisujen kehittämistarpeet

Kysymyksellä mitattiin erilaisten rakenneratkaisujen nykytilaa ja kehittämistarvetta korkean puukerrostalorakentamisen kannalta. Merkittävin kehittämistarve oli vastaajien mukaan jäykistysratkaisuilla ja liitososilla sekä välipohjarakenteilla. Liitos- ja jäykistysratkaisut ovat oleellisin rakennesuunnitteluun liittyvä ero korkeiden ja matalien puukerrostalojen välillä. Muut rakenteet ovat periaatteelltaan varsin samanlaisia kaikissa puukerrostaloissa, mutta korkeiden rakennusten jäykistäminen edellyttää matalamman rakentamisen perusosista eroavia liitosratkaisuja. Toisaalta eräässä haastattelussa tuotiin esiin, että korkeiden puukerrostalojen tuulikuormien vaikutuksista tarvittaisiin laskennallisen mitoituksen ohella myös mittaustuloksia, jolla pystyttäisiin arviomaan, onko tuulen aiheuttama värähtely ainoastaan teoreettinen vai myös todellinen ongelma¹. Esimerkiksi puuvälipohjien lujuuskokeissa rakenteille on saatu moninkertaisia lujuuksia laskennalliseen mitoitukseen verrattuna².

Ei suunnitteluosaamisen puute ole ongelma vaan toistettavien ratkaisujen puute. Silloin tämä olisi enemmän normaalia suunnittelua. Jos olisi hyviä tuotteistettuja jäykistysratkaisuja ja rakennejärjestelmiä niin tyhmem-pikin suunnittelija selviää siitä.

Jäykistysjärjestelmät nousivat keskeisimmäksi kehitystarpeeksi sekä suur- että tilaelementtikohteissa. Matalammassa tilaelementtirakentamisessa tyypillisesti käytetyt teräslevyliitokset eivät yleensä ole käyttökelpoisia yli 8-kerroksisissa rakennuksissa vaan rakennuksen jäykistäminen edellyttää esimerkiksi seinän sisään tehtäviä liitoksia, joiden toteuttaminen valmiiseen tilaelementtiin on työmaalla haastavaa. Esimerkiksi Tuuliniityn kohteeseen suunniteltiin aluksi vastaavaa jännetankojäykistystä kuin Lighthouseissa, mutta sen toteuttaminen tilaelementtijärjestelmällä osoittautui työmaateknisesti liian haastavaksi³. Myös nyt käytetty liitosratkaisu edellyttää tilaelementtien sisäpuolelta tehtävää asennusta, mikä tarkoittaa, että elementit eivät voi olla työmaalla täysin valmiina ja sinetöitynä. Ylikorkeassa tilaelementtirakentamisessa oleellinen kehityskohde olisi jäykistys- ja liitososien kehittäminen erityisesti asennusnopeuden ja työmaatoteutuksen näkökulmasta⁴. Eräs näkökulma oli myös, että vaikka erilaisia puurakennejärjestelmiä on pyritty tuotteistamaan, niin konseptit ovat varsin yleistasoisia ja esimerkiksi valmiita liitosratkaisuja ja paloteknisiä detaljeja ei ole kehitetty riittävän pitkälle. Jäykistysosia kuvailtiin niin sanotusti selviytymisratkaisuiksi, vaikka niiden tulisi olla teollisia vakiotuotteita, joita on helposti saatavilla ja joita voidaan käyttää useissa kohteissa.⁵

Puuelementtien liitososiin liittyy myös arkkitehtonisia ongelmia erityisesti suurelementtirakentamisessa, jos puupintaa pyritään jättämään näkyviin asunnon sisäpuolelle. Tilaelementtirakentamisessa liitososat jäävät piiloon kaksoisrakenteen sisälle, mutta suurelementeissä ne ovat näkyvissä puuelementin pinnassa. Varsinkin jos palomääräykset lieventyvät niin, että kantava puurakenne on mahdollista jättää näkyväksi sisäpinnaksi, tulisi suurelementtirakentamiseen kehittää piiloon jääviä tai muuten siistejä liitosratkaisuja.

1	H13
2	H16
3	H12
4	H19
5	H15

Ylikorkeissa rakennuksissa ei ainakaan toistaiseksi ole myöskään pystytty käyttämään kerrosten välisiä tärinäkatoja eli huoneistojen välinen ääneneristys toteutetaan täysin välipohja- ja väliseinärakenteilla, mikä tekee rakenteista monimutkaisempia. Välipohjarakenteiden toimivuutta on yleisesti pidetty yhtenä puukerrostalorakentamisen suurimmista haasteista ja välipohjien kehittämistarve nousi edelleen esiin myös tässä tutkimuksessa. Välipohjat ovat sinänsä rakenneteknisesti toimivia, mutta ongelmat liittyvät monikerroksisten rakenteiden kustannuskilpailukykyyn ja työlääseen toteutukseen. Esimerkiksi Lighthouseessa ainoastaan massiivipuorakenteet toteutettiin valmiina elementteinä, mutta seinien ja välipohjien pintarakenteet rakennettiin kokonaan työmaalla. Erityisesti suurelementtirakentamisessa välipohjien toteutus edellyttää varsin paljon työmaalla tehtävää työtä ja vastaajien kommenteissa mainittiin erityisesti tarve saada välipohjarakenteet yksinkertaisemmiksi.¹

Märkätilojen toteutuksen suhteen vastaukset jakautuivat kohteiden mukaan. Tilaelementtirakentamisessa märkätilojen toteutus arvioitiin nykyisellään varsin hyvin toimivaksi ja niiden kehittämistarve vähäiseksi. Toisaalta talotekniikan integrointia tilaelementteihin pidettiin oleellisena kehitystarpeena. Suurelementtirakentamisessa märkätilaelementtien käytön kehittämistä pidettiin erittäin merkittävänä. Sekä Lighthouseessa, että Kivistön PuuMerassa märkätilat toteutettiin paikallarakennettuina, mikä johtui Kivistössä välipohjien kantavuudesta ja Lighthouseessa välipohjien alapuolisten rakenteiden toteutustavasta.

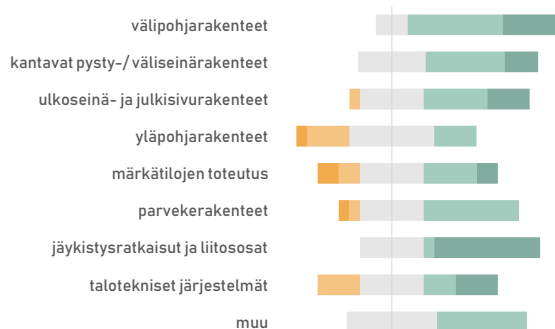
Myös julkisivujen ja parvekeratkaisujen kehittäminen tuli esiin useassa haastattelussa. Julkisivujen osalta oleellisena pidettiin pidemmälle esivalmistettujen julkisivuelementtien kehittämistä ja yleisesti julkisivudetaljien laadun ja arkkitehtonien ratkaisujen parantamista. Puujulkisivua pidettiin periaatteessa hyvänä ratkaisuna, mutta tavanomaisen puupaneloinnin rinnalle toivottiin kehitettävän myös monipuolisempia arkkitehtonisia vaihtoehtoja. Kommenteissa tuotiin esiin, että myös julkisivuratkaisuja tulisi tuotteistaa enemmän. Julkisivuelementtien toimittajat osallistuvat joka tapauksessa julkisivun suunnitteluun esimerkiksi pellitysten, materiaalien ja detaljien osalta, joten julkisivuista voisi myös kehittää valmiimpia ratkaisuja. Nykyisen teollisen puurakentamisen julkisivujen detaljitasoa ei myöskään pidetty erityisen laadukkaana ja korkeisiin rakennuksiin kohdistuvaan säärasitukseen soveltuvana². Kuten aiemminkin tuotiin esiin, useimmat haastateltavat kokivat, ettei korkean puukerrostalon julkisivun tarvitse olla puuta. Myös nykyiset rakentamismääräykset edellyttävät palamatonta julkisivumateriaalia yli 50 metriä korkeissa rakennuksissa, joten nykyistä korkeampien puukerrostalojen julkisivut olisi joka tapauksessa toteutettava muulla kuin puuverhouksella.

Yli 8-kerroksisiin puukerrostaloihin ei ole toistaiseksi toteutettu lainkaan parvekeita, eli ylikorkeisiin puukerrostaloihin soveltuvista parvekeratkaisuksista ei ole käytännön kokemusta. Eräänä kommenttina parvekeratkaisujen toivottiin olevan sellaisia, että ne voidaan asentaa muun rakennusrungon toteutuksen jälkeen ja sijoitella vapaasti julkisivuun, jolloin parvekkeiden rakentaminen ei vaikuta muun elementtiasennuksen aikatauluun³.

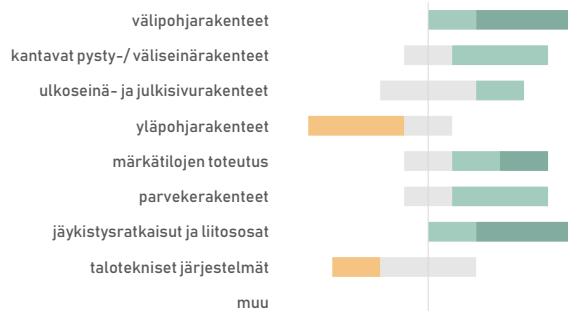
1 H19
2 H15
3 H2

Miten suuri merkitys seraavien ratkaisujen jatkokehittämisellä on mielestäsi korkean puukerrostalorakentamisen kannalta?

Kaikki vastaukset



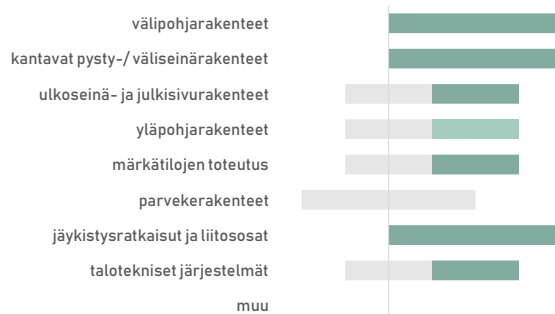
Lighthouse



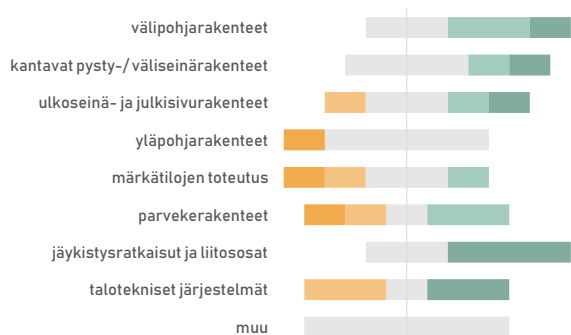
DAS Kelo



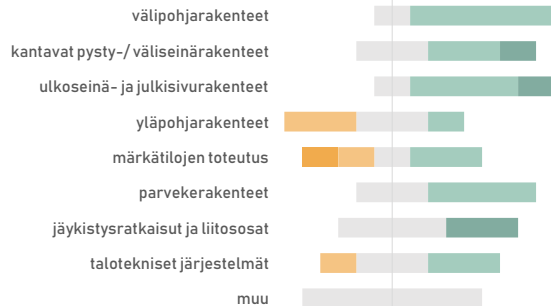
HOAS Tuuliniitty



Puukuokka



PuuMera



erittäin vähäinen melko vähäinen neutraali melko merkittävä erittäin merkittävä

4.3 Korkean puurakentamisen tulevaisuudennäkymät

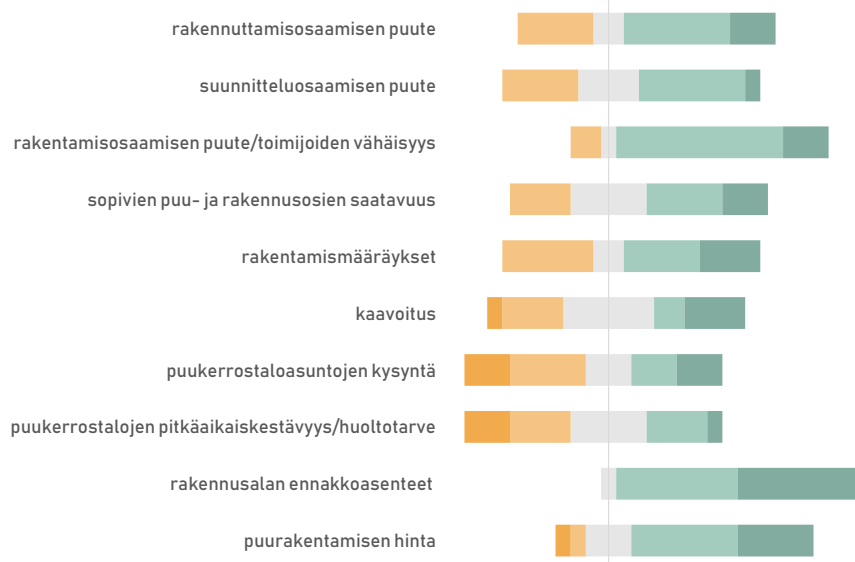
"Onhan se aivan erilaista lähteä tekemään seuraavaa kohdetta. Kun tiedetään, mitkä ensimmäisessä versiossa olivat ongelmakohtia niin ne voidaan huomioida jo suunnittelun alkuvaiheessa."

Haastattelun viimeisessä osassa selvitettiin korkeiden puukerrostalojen toteutukseen vaikuttavia esteitä ja tulevaisuudennäkymiä. Vastaajia pyydettiin kuvailemaan näkemyksiään korkean puukerrostalorakentamisen tulevaisuudennäkymistä Suomessa. Lisäksi kysyttiin, lähtisivätkö he uudelleen mukaan korkeaan puukerrostalohankkeeseen. Kaikki vastaajat kertoivat olevansa valmiita osallistumaan vastaavaan hankkeeseen uudelleen, mutta useat vastaajat totesivat, etteivät pitäneet 8-kerroksista puukerrostaloa erityisen korkeana rakentamisena. Enintään 8-kerroksisten puukerrostalojen toteutuksessa ei nähty suuria ongelmia ja niiden uskottiin yleistyvän kokemuksen ja kustannuskilpailukyvyn paranemisen myötä. Tätä korkeampien puukerrostalojen yleistyminen vaikuttaa haastattelujen perusteella kuitenkin nykytilanteessa epätodennäköiseltä, ellei korkeaa puurakentamista edistetä voimakkaasti julkisen vallan toimesta. Suuri osa haastateltavista piti ylikorkeita puukerrostaloja yksittäiskohteina, vaikka hankkeita pidettiin sinänsä onnistuneina. HOAS Tuuliniityn, Lighthouse ja DAS Kelon rakennuttajat arvioivat, että korkea puurakentaminen ja hankkeissa käytetyt ratkaisut soveltuvat hyvin opiskelija-asuntojen rakentamiseen, mutta yhdelläkään toimijalla ei ollut näköpiirissä toisen vastaavan hankkeen toteuttamista. Eräs vastaaja totesi, että todennäköisesti hyvin moni toimija suhtautuu positiivisesti puurakentamiseen ja on kiinnostunut olemaan mukana hankkeissa, mutta harvat haluavat olla ensimmäisenä kehittämässä uusia ratkaisuja. Yhtenä keskeisenä ongelmana korkean puurakentamisen kehitykselle pidettiin juuri sitä, että hankkeet jäävät kertosuorituksiksi eikä toistojen kautta tapahtuvaa harjaantumista ja rakennuskonseptien kehittymistä pääse tapahtumaan. Tutkimuksessa mukana olleista opiskelija-asuntosäätiöistä ainoastaan HOAS on suunnitellut uusien matalampien puukerrostalojen toteuttamista.

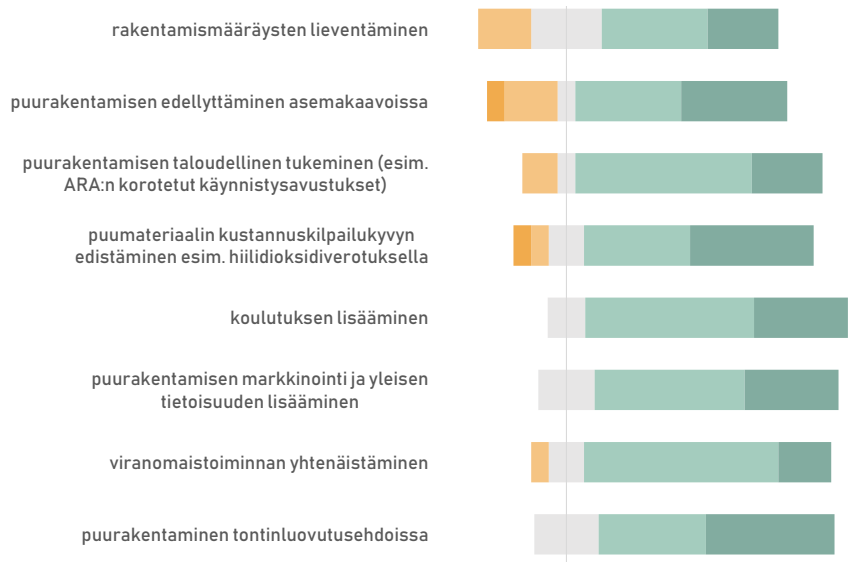
Monet haastateltavat pitivät korkean rakentamisen tarvetta Suomessa yleisesti vähäisenä, riippumatta siitä toteutetaanko rakennukset puusta vai jostain muusta materiaalista. Eräs rakennuttaja esimerkiksi korosti, että korkeaa rakentamista tulee tehdä, jos alueen markkinahinta on riittävä, eikä siksi että kunta haluaa korkean puukerrostalon¹. Nyt toteutuneet korkeat puukerrostalokohteet ovat olleet luonteeltaan julkisesti tuettuja kehityshankkeita, jotka eivät ole varsinaisesti syntyneet todellisesta korkean rakentamisen tarpeesta. Ensimmäisten suomalaisen ylikorkeiden puukerrostalojen rakentamista pidettiin kuitenkin merkittävänä puurakentamisen uskottavuustekijänä, joka edistää myös muuta teollista puurakentamista². Vaikka rakentamisen pääpainon todettiin olevan enintään 8-kerroksisissa rakennuksissa, pidettiin yksittäisten korkeampien rakennusten toteut-

1 H2
2 Esim. H9

Miten merkittäviä esteitä seuraavat ovat mielestäsi korkeiden puukerrostalojen toteuttamiselle?



Miten toimivina ja perusteltuina pidät seuraavia korkean puukerrostalorakentamisen ohjauskeinoja?



erittäin vähäinen melko vähäinen neutraali melko merkittävä erittäin merkittävä

tamista keinona jalostaa teknisiä ratkaisuja ja kehittää suunnitteluosaamista. Haastatteluissa tuotiin myös suomalaisten puukerrostalojen ja niihin liittyvän osaamisen mahdollisuudet ulkomaisilla markkinoilla, minkä vuoksi uusien ylikorkeiden puukerrostalojen kehittäminen voi olla järkevää, vaikka niille ei Suomessa varsinaista kysyntää olisikaan. Vientinäkökulman tarkastelu on kuitenkin rajattu tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

"Jos halutaan tehdä hiilivarasto tai maamerkki, jolla korostetaan ekologisuutta, niin varmaan korkea puukerrostalorakentaminen on järkevää. Silloin tavoitteet on jotkin muut kuin kustannustavoitteet. Mutta jos tavoite on saada halpa rakennus niin ei varmaan kannata tehdä."

Haastattelussa mitattiin myös vastaajien näkemyksiä siitä, mitkä ovat merkittäviä esteitä korkeiden puukerrostalojen toteuttamiselle Suomessa. Kuten aiemmissakin tutkimuksissa, vastaajat pitivät rakennusalan ennakkoasenteita merkittävimpänä korkean puukerrostalorakentamisen esteenä. Muita merkittävimpinä pidettyjä esteitä olivat puurakentamisen hinta sekä rakentamisaikojen puute ja urakoitsijoiden vähyys.

"Ei olla valmiita ottamaan riskejä ja tekemään ensimmäisiä kokeiluja pitkän tähtäimen tavoitteen saavuttamiseksi, vaan ajatellaan ainoastaan yksittäisiä hankkeita. Vaadittaisiin pitkäjänteisempää sitoutumista."

"Lisää toimijoita ei tule, jos kaikki toteutuneet hankkeet ovat selviytymistarinoita."

"Yksi asia painaa yli muiden ja se on sopivien puurakennusosien saatavuus. Eli että olisi valmiita teollisia tuotteita. Teollistaminen ja tuotepohjaisuus on ainoa keino, jolla voidaan kääntää kustannusero betoniin kiinni."

Arkkitehtisuunnittelun osaamistaso arvioitiin haastatteluissa hyväksi, ja todettiin että useilla arkkitehtitoimistoilla on yleisesti kiinnostusta puurakentamisen edistämiseen. Myös rakennesuunnittelijoiden osaamista pidettiin hyvänä, mutta samalla nostettiin esiin, että puurakentamisen hallitsevia toimijoita on hyvin vähän. Suomessa on ainoastaan muutamia suunnittelutoimistoja, joilla on kokemusta puukerrostalojen rakennesuunnittelusta, jolloin jos hankkeiden määrä tulevaisuudessa lisääntyy, kaikkiin hankkeisiin ei saada osaavia toimijoita. Rakennesuunnittelun osalta tuotiin esiin standardiratkaisujen kehittämistarve ja osaamisen siirto myös uusien toimijoiden käyttöön.

Kustannuksiin liittyy sekä puumateriaalin korkeampi hinta, että hankkeisiin hinnoiteltu puurakentamisen koettu riski. Puuosatoimittajien mukaan rakennusosat ovat yleensä hinnaltaan kilpailukykyisiä vastaavankokoisen betonielementitalon kanssa, mutta siitä huolimatta valmiin talon hinta ei ole kilpailukykyinen, vaikka puurunko itsessään olisi.

"Puurakentamisessa näkyy edelleen toimijoiden kokemattomuus. Hankkeessa on aina monta toimijaa, ja kun jokainen omalta osaltaan lisää hankkeen riskiä niin lopulta hinta muodostuu tilaajan kannalta liian kovaksi."

Kustannusten osalta tuotiin esiin myös massiivipu- ja rankarakentamisen ero materiaalinkulutuksessa. Puurakentamisen korkea hinta muodostuu osittain puumateriaalin betonia korkeammasta hinnasta. Rankarakenteissa käytettävä puumäärä on huomattavasti massiivipuurakenteita pienempi, jolloin niillä voitaisiin saavuttaa kustannushyötyjä. Toisaalta rankarakenteisten ratkaisujen arvioitiin rakenteellisten ominaisuuksiensa puolesta soveltuvan huonosti yli 8-kerroksiseen rakentamiseen. Oleellinen ekologinen peruste puurakentamiselle on myös sen kyky toimia hiilivarastona, jolloin puurakentamisessa on pikemminkin pyritty käyttämään puuta mahdollisimman paljon.

"Puurakentamisen kapasiteetti loppuu kesken korkeassa rakentamisessa. CLT- ja LVL-rakenteissa sinne tulee puuta niin paljon, että siitä tulee liian kallis. On se tehtävissä kuten on nähty, mutta kalliiksi tulee"

"Se pitäisi ymmärtää, että ei joka kohteessa voi taistella samojen ongelmien kanssa uudestaan niin kuin tällaisissa kertaratkaisuihin käy."



YHTEENVETO & JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Johtopäätökset

Seuraavassa luvussa käydään läpi tutkimuksen johtopäätöksiä ja tuodaan esiin vastauksia esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Kolme päätutkimuskysymystä olivat:

Millainen on korkeiden puukerrostalojen toteutusprosessi ja miten se eroaa muista korkean rakentamisen ratkaisuista?

Mitä erityispiirteitä korkeiden puurakenteisten asuinrakennusten arkkitehtuuriin ja suunnitteluratkaisuihin liittyy?

Mihin tarpeeseen korkea puukerrostalorakentaminen vastaa ja millaiset ovat korkean puukerrostalorakentamisen tulevaisuudennäkymät Suomessa?

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli selvittää millaisista lähtökohdista Suomen korkeimmat puukerrostalohankkeet ovat syntyneet, millainen niiden toteutusprosessi on ollut ja millainen rooli hankkeen eri osapuolilla on ollut korkean asuinpuukerrostalon toteutuksessa. Toisen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli selvittää, miten korkeiden puukerrostalojen suunnittelu eroaa muusta asuntosuunnittelusta ja millaisia ovat korkeiden puukerrostalojen arkkitehtoniset ja rakenteelliset ratkaisut. Kolmannen tutkimuskysymyksen tavoitteena oli selvittää, millaisia mahdollisuuksia ja haasteita korkeiden puukerrostalojen toteuttamiseen Suomessa liittyy ja millaisena korkean puukerrostalorakentamisen tulevaisuutta pidetään Suomessa.

Toistaiseksi Suomessa toteutetut korkeat puukerrostalot ovat olleet luonteeltaan julkisesti tuettua koerakentamista, jonka taustalla on vaikuttanut paljolti kaupunkien ja niiden omistamien vuokrataloyhtiöiden puurakentamiseen liittyviä tavoitteita. Puurakentamisen varsinaiset kilpailukykytekijät, kuten rakentamisen nopeus tai puuarkkitehtuurin mahdollisuudet eivät varsinkaan korkeimmissa kohteissa ole olleet kovinkaan merkittäviä syitä puurakentamiselle, vaan hankkeet on haluttu toteuttaa puurakenteisena lähinnä muiden tavoitteiden, kuten ekologisuuden tai puurakentamiseen liittyvien imagoiseikkojen vuoksi. Puurakentamisen oletetut kilpailukykyedut eivät myöskään ole toistaiseksi konkretisoituneet varsinkaan korkeimmissa kohteissa, vaan prosessit ja ratkaisut ovat edelleen kehityksasteella. Kuntien roolia puurakentamisen edistämisessä on yleisesti pidetty merkittävänä ja puukerrostalojen toteutumisen on nähty edellyttävän esimerkiksi asemakaavalla tai muulla tavalla osoitettua puurakentamisvelvoitetta. Varsinkin korkeimmissa puukerrostalo-kohteissa kunnat ovat tämän lisäksi myös edistäneet aktiivisesti hankkeiden toteutumista ja olleet mukana suunnitteluprosesseissa. Lähes kaikki tutkimuksessa tarkastellut hankkeet ovat käynnistyneet niin, että kaupunki tai kaupungin omistama vuokratalosäätiö ovat tehneet päätöksen korkean puukerrostalon toteuttamisesta ja lähteneet joko itse kehittämään hanketta tai etsineet hankkeelle sopivan toteuttajan. Tässä mielessä Puukuokka poikkeaa muista kohteista siten, että se oli lähtökohtaisesti puuosatoimittajan ja rakennuttajan aloitteesta käynnistynyt kehityshanke, johon kaupunki tuli kuitenkin mukaan varhaisessa vaiheessa.

Korkeita puukerrostaloja on toteutettu Suomessa useilla erilaisilla hankinta- ja toteutustavoilla riippuen siitä, millaiset lähtökohdat hankkeella on ollut, eikä

korkeiden puukerrostalojen toteutukseen ole yhtä selkeästi vakiintunutta toimintamallia. Korkean puukerrostalon hankesuunnittelu- ja hankintaprosessi on toteutusmuodosta riippumatta huomattavasti tavanomaista kerrostalohanketta työläämpi ja erilaiset rakennejärjestelmät tekevät puukerrostalourakan kilpailutamisesta haastavaa. Useimmissa hankkeissa rakennejärjestelmän valinta on tehty hankesuunnitteluvaiheessa ja urakkatarjoukset on pyydetty tietylle järjestelmälle laadituilla suunnitelmilla. Tällöin rakennejärjestelmän valinta on perustunut hankesuunnitteluvaiheessa tehtyyn kustannusvertailuun, rakennejärjestelmän koettuihin ominaisuuksiin tai aiempiin kokemuksiin vastaavasta järjestelmästä. Useissa hankkeissa on myös käytetty erillistä puurakentamisen konsulttia, varsinkin jos tilaajalla ei ole ollut aiempaa puurakentamiskokemusta. Tällöin yksittäisen konsultin näkemyksillä on voinut olla huomattava vaikutus tehtyihin ratkaisuihin. Ainoastaan Lighthouse-hankkeessa käytetty kilpailullinen neuvottelumenettely on mahdollistanut sen, että eri rakennejärjestelmiä ja niiden kustannuksia on pystytty vertaamaan tarjouskilpailun kautta.

Kaikissa toteutusmuodoissa on oleellista, että puuosatoimittaja otetaan mukaan hankkeen suunnitteluun mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jolloin ratkaisut voidaan suunnitella tietyille rakennejärjestelmälle sopiviksi. Varsinkin suurelementtihankkeissa on käytetty KVR-urakkaa tai sitä muistuttavia toteutusmuotoja, jolloin urakoitsijoiden ja puuosatoimittajien osaamista on pystytty hyödyntämään hankkeen suunnittelussa. Pääosa tilaelementtikohteista on toteutettu jaettuna urakkana, niin että tilaelementit ovat olleet tilaajan hankinta ja pääurakoitsija on vastannut elementtien asennuksesta. Erityisesti korkeimpia puukerrostaloja voi edelleen pitää ensisijaisesti insinööri tuotteina, joissa puurakentamisen kustannukset ja ARA:n määrittämän enimmäishinnan saavuttaminen ovat olleet oleellisin suunnittelua ohjaava tekijä. Tällöin rakennesuunnittelijalla ja puuosatoimittajilla on suurin vaikutusvalta korkean puukerrostalohankkeen kustannuksiin ja sen myötä oleellinen vaikutus koko hankkeen lopputulokseen. Rakennuttajan ja arkkitehdin vaikutusvalta on toistaiseksi ollut monissa puukerrostalohankkeissa tavanomaista rakentamista pienempi, sillä puurakentamisen erityisosaaminen on ollut juuri rakennesuunnittelijalla ja puuosatoimittajalla. Korkeiden puukerrostalojen arkkitehtisuunnittelu ja rakennuttaminen eivät myöskään vaadi samanlaista erityisosaamista kuin rakennesuunnittelu.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen kohteiden perusteella vaikuttaa siltä, että varsinkin korkeimpien puukerrostalojen osalta puurakentamisen kehitys on keskittynyt lähinnä kustannusten pienentämiseen, mikä on tapahtunut ainakin jossain määrin laadullisten ja arkkitehtonisten tekijöiden kustannuksella. Käytännössä ylikorkeiden puurakennusten kustannuksia on kompensoitu heikommilla tilaratkaisuilla ja arkkitehtuurilla sekä karsimalla teknisiä ratkaisuja. Kustannuskilpailukyvyyn ohella puurakentamiseen liittyy myös muita kilpailukykytekijöitä. Puurakentaminen mahdollistaa esimerkiksi betonirakentamisesta poikkeavia asuntotypologioita ja erilaisia puolilämpimiä tilaratkaisuja. Puuarkkitehtuuria myös pidetään kuluttajien keskuudessa miellyttävänä ja puurakentamisen on todettu vaikuttavan positiivisesti asunnon hankintapäätökseen. Puurakentamisella olisi mahdollista erottua positiivisesti betonirakentamisesta ja tarjota tavanomaisesta poikkeavia asumisratkaisuja, mutta tätä mahdollisuutta ei ole juurikaan pystytty hyödyntämään etenkin korkeimmissa puukerrostaloissa.

Varsinkin jos julkisesti tuetun asuntotuotannon tavoitteena on puurakentamisen ja asumisen kehittäminen, olisi kustannussäästöjen ohella syytä pyrkiä hyödyntämään paremmin myös puurakentamisen tarjoamia arkkitehtonisia mahdollisuuksia. On myös riski, että puurakentamiseen liittyvät positiiviset mielikuvat ja niiden tuoma kilpailuetu menetetään, jos korkea puukerrostalorakentaminen profiloituu ainoastaan halpaan vuokra-asuntotuotantoon. Korkealta rakentamiselta edellytetään aina korkeaa arkkitehtonista laatua, joka pitäisi pystyä toteuttamaan myös puurakentamisella.

Puukerrostalojen toteutusprosessi on tällä hetkellä huomattavan erilainen enintään 8-kerroksisten ja tätä korkeampien rakennusten välillä. 8-kerroksiset puukerrostalot vertautuvat matalampaan puurakentamiseen ja niissä voidaan käyttää samanlaisia rakenteellisia ratkaisuja kuin matalammassakin rakentamisessa. Enintään 8-kerroksisten puukerrostalojen toteuttamiseen alkaa myös olla vakiintuneita toimintamalleja sekä toimijoita, joilla on kokemusta useiden kohteiden toteuttamisesta. Suomessa on tähän mennessä ollut kaksi tätä korkeampaa puukerrostalohanketta, joista toinen on edelleen käynnissä. Molemmat ylikorkeat puukerrostalohankkeet eroavat selvästi muista kohteista rakenneteknisten ratkaisujen, rakentamismääräysten ja toteutusprosessin osalta. Varsinkin rakennuslupavaihetta on pidetty haastavana. Nykyisten kohteiden perusteella ylikorkea puukerrostalorakentaminen on myös huomattavan paljon 8-kerroksista rakentamista kalliimpaa, mikä johtuu erityisesti palomääräysten edellyttämistä rakenne- ja poistumistieratkaisuista sekä suunnittelutyön suuremmasta määrästä. Korkean rakentamisen suurempi hinta pätee kuitenkin kaikkeen asuntorakentamiseen eikä se ole yksinomaan puukerrostalojen ominaisuus. Korkeaan puurakentamiseen liittyvät haasteet ovat myös hyvin samankaltaisia, kuin mitä liittyy korkeaan betonirakentamiseen. Toisaalta betonikerrostalossa 16-kerroksinen rakennushanke on vielä varsin tavanomainen, kun taas puurakentamisessa korkean rakentamisen erityispiirteet ilmenevät jo yli 8-kerroksisissa kerrostaloissa.

Kustannusten ohella merkittävimpiä korkeiden puukerrostalojen suunnitteluun vaikuttaneita tekijöitä ovat olleet rakennejärjestelmästä aiheutuvat enimmäismitat ja teollisen valmistuksen edellyttämä toistettavuus. Korkeiden puukerrostalojen arkkitehtonisiin tai tilallisiin ratkaisuihin ei liity sellaisia yksiselitteisiä reunaehdoja, jotka koskisivat kaikkia rakennejärjestelmiä. Myöskään korkea rakentaminen ei aiheuta arkkitehtisuunnitteluun oleellisia muusta puurakentamisesta poikkeavia reunaehdoja. Oleellista korkean puukerrostalon suunnittelussa on, että kaikki hankkeen suunnittelijat ja muut osapuolet tuntevat valitun rakennejärjestelmän ja sen asettamat reunaehdot projektin alusta asti. Korkean puukerrostalon arkkitehtisuunnittelu edellyttää tiivistä vuorovaikutusta arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan välillä ja käytännössä rakennesuunnittelijalla on suuri rooli myös arkkitehtisuunnittelussa. Korkeiden puukerrostalojen suunnitteluprosessi on teollisen esivalmistuksen myötä tavanomaista rakentamista etupainotteisempi, mikä edellyttää kaikilta osapuolilta avointa tiedonkulkua ja kykyä tehdä ratkaisuja projektin aikaisessa vaiheessa. Käytännössä erityissuunnittelua ei tulisi tehdä vasta valmiiden arkkitehtisuunnitelmien pohjalta, vaan ratkaisut pitäisi kehittää alusta asti kaikkien suunnittelualojen yhteistyönä. Korkeaan rakentamiseen soveltuvat erityisesti massiivipuiset rakennejärjestelmät ja korkeita rakennuksia voidaan toteuttaa suhteellisen kustannustehokkaasti sekä tila- että suurelement-

tiratkaisuina. Enintään 8-kerroksisia puukerrostaloja pystytään todennäköisesti toteuttamaan varsin hyvin myös nykyisillä rankarakenteisilla järjestelmillä. Varsinkin ylikorkeassa tilaelementtirakentamisessa kustannusten hallinta johtaa helposti siihen, että erilaisten elementtien määrä pyritään minimoimaan ja pohjaratkaisusta muodostuu hyvin yksipuolinen. Tässä mielessä suurelementtirakentaminen mahdollistaa hieman vapaamman tilasuunnittelun, jolla voidaan tarvittaessa saavuttaa monipuolisempia pohjaratkaisuja.

Korkeiden puukerrostalojen rakenneratkaisuista suurin kehittämistarve on edelleen välipohjarakenteissa ja varsinkin ylikorkeiden rakennusten jäykistysratkaisuissa. Myös märkätilojen toteutusta tulisi kehittää erityisesti suurelementtirakentamisessa. Rakenteiden kehittämistarpeet liittyvät erityisesti työmaalla tehtävän työn vähentämiseen ja asennusnopeuden parantamiseen. Kaiken puukerrostalorakentamisen kilpailukyvyllä on keskeistä toistojen ja uusien hankkeiden kautta tapahtuva prosessien harjaantuminen ja suunnitteluratkaisujen kehittyminen. Myös se, että samat toimijat tekevät yhteistyötä useassa hankkeessa on parantanut toteutusprosessia ja edistänyt suunnitteluratkaisujen kehittymistä. Enintään 8-kerroksisten puukerrostalojen toteutukseen alkaa muodostua toimijoita, jotka pystyvät tekemään kehitystyötä ja siirtämään osaamista hankkeiden välillä, ja niiden osalta kustannuskilpailukyky tulee todennäköisesti vähitellen paranemaan kokemuksen ja lisääntyvän kilpailun myötä. Varsinkin enintään 8-kerroksisten hankkeiden osalta puukerrostalorakentamisen kehitys vaikuttaa siltä, että rakennuttajien, urakoitsijoiden tai puuosatoimittajien ympärille muodostuu useita erilaisia ekosysteemejä, jotka kehittävät omaa puukerrostalokonseptia ja vastaavat laajasti hankkeen toteutusketjusta. Sama toimija voi mahdollisesti vastata sekä hankkeen suunnittelusta, puuelementtien valmistuksesta ja asennuksesta sekä KVR-urakoinnista. Tällöin myös arkkitehti- ja rakennesuunnitteluosaaminen tulee mahdollisesti keskittymään muutaman toimijan ympärille. Puukerrostalorakentamisen ratkaisuja tulisi edelleen standardisoida ja tuotteistaa pidemmälle, jotta kaikissa hankkeissa ei vaadita erilaista suunnitteluosaamista.

Ylikorkeiden puukerrostalojen keskeinen ongelma on, että hankkeet jäävät todennäköisesti yksittäiskohteiksi, eikä niiden toteutusta päästä kehittämään tulevissa hankkeissa. Useissa suomalaisissa kaupungeissa on kiinnostusta korkeaan rakentamiseen sekä siihen soveltuvia alueita, mutta yli 8-kerroksiset rakennushankkeet ovat varsinkin pienemmissä kaupungeissa varsin harvinaisia. Monet korkeat puukerrostalohankkeet ja myös huomattava osa muusta korkeasta rakentamisesta on ollut esimerkiksi opiskelija-asuntosäätiöiden ja muiden yleishyödyllisten tahojen rakennuttamaa. Tällaisilla toimijoilla ei ole tarvetta lukuisille korkeille kohteille ja korkeat rakennushankkeet ovat luoneeltaan yksittäisiä ponnistuksia. Keskeistä kaiken korkean puukerrostalorakentamisen kilpailukyvyllä on toistojen kautta tapahtuva prosessien harjaantuminen. Tällöin varsinkin yksittäisissä ylikorkeissa hankkeissa tulisi pyrkiä hyödyntämään jo hankittua osaamista. Esimerkiksi urakoitsijoiden tai puuosatoimittajien tulisi päästä kehittämään valmiimpia konsepteja sen sijaan että uudet toimijat ratkovat samoja ongelmia jokaisessa hankkeessa.

Enintään 16-kerroksiselle asuinrakentamiselle voi varsinkin pääkaupunkiseudulla ja mahdollisesti muissa suurimmissa kaupungeissa olla kohtalaista kysyntää ja

korkea rakentaminen voi kaupunkikuvallisten seikkojen ohella olla myös taloudellisesti perusteltua. Ylikorkea puukerrostalorakentaminen on huomattavasti kalliimpaa kuin matala puurakentaminen, mutta esimerkiksi 16-kerroksiseen betonirakentamiseen verrattuna ero ei ole valtava. Ylikorkeat kerrostalohankkeet ovat joka tapauksessa perusrakentamista kalliimpia ja usein tavoitteiltaan erilaisia kuin tavanomainen asuntorakentaminen. Varsinkin pienemmissä kaupungeissa mahdollisten tulevien ylikorkeiden puukerrostalohankkeiden keskeiset ajurit liittyvät jatkossakin esimerkiksi ekologisuuteen, imagoseikkoihin ja muihin kuin puurakentamisen kustannuskilpailukykyyn liittyviin tavoitteisiin.

LÄHTEET

Tietolähteet

848/2017 Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta. Julkaistu 28.11.2017.

601/2015 Ympäristöministeriön ohje rakentamisen suunnittelutehtävien vaativuusluokista. Julkaistu 12.3.2015.

Aaltonen, Juho Aleks. Viewpoints of residential multi-story construction industry's productivity, Environmental regulations and future in Finland. Helsingin yliopisto, 2019. URN:NBN:fi:hulib-201906122643 <http://hdl.handle.net/10138/303053>.

Aatsalo, Johanna. "Tornitalot Leviävät Helsingistä maakuntiin, Kuopio rakentaa niitä peräti neljä – Taustalla uudet rakentajia helpottavat rakennusmääräykset." Helsingin Sanomat, 11.2.2018. <https://www.hs.fi/koti/art-2000005562311.html>. Viitattu 07.04.2020

Abrahamsen, Rune. Mjöstårnet - Construction of an 81 m Tall timber building: Internationales Holzbau-Forum IHF, 2017.

building.co.uk. Technical case studies Dalston Lane:Tall Timber. <https://www.building.co.uk/technical-case-studies/dalston-lane-tall-timber/5079749.article>. Viitattu: 29.4.2020

Domus Arctica -säätio. Hankesuunnitelma - Pienen ekologisen jalanjäljen DAS-kohde, 2016.

Domus Arctica -säätio. DAS Kelo suunnittelu ja kilpailutus, 2018.

Espoon kaupunki. Asemakaava ja asemakaavan muutos Tuuliniitty II kaavaselostus, 2014a.

Espoon kaupunki. Espoon korkean rakentamisen periaatteet, 2013.

Espoon kaupunki. Puurakentamisen edistämishjelma vuosille 2014-2020, 2014b.

Franzini, Florencia. Wooden Multistory Construction in Finland : Perceptions of municipality civil servants. Helsingin yliopisto, 2018. <http://hdl.handle.net/10138/236056>.

Gosselin, Annie, Pierre Blanchet, Nadia Lehoux, and Yan Cimon. Main motivations and barriers for using wood in multi-story and non-residential construction projects. BioResources 12, no. 1 (2016): 546-570. doi:10.15376/biores.12.1.546-570.

Haapio, Appu. Puurakentamisen Tulevaisuuden Näkymät: Haastattelututkimus. VTT, 2013.

Häkkinen, Auri. "Jyväskylän Puukuokka-kortteli ei ole enää mikään yksittäinen pilotti." Rakennuslehti, 29.1.2018. <https://www.rakennuslehti.fi/2018/01/jyvaskylan-puukuokka-kortteli-nayttaa-tieta-puukerrostalon-asuntosuunnittelulle/>. Viitattu: 07.04.2020

Hämeenlinnan kaupunki ja Ramboll Finland Oy. Korkean rakentamisen selvitys, 2018.

Heinonen, Jaakko. Kuluttaja-asiakkaan puukerrostaloasunnon ostopäätökseen vaikuttavat asiat. Tampereen Teknillinen Yliopisto, 2018.

Helsingin kaupunki. Korkea rakentaminen Helsingin esikaupunkialueilla, 2014.

Helsingin kaupunki. Korkea rakentaminen Helsingissä. Helsinki, 2011.

hoho-wien.at. HoHo Wien, Construction System. <http://www.hoho-wien.at/Projekt/Bau-System?lang=en>. Viitattu 26.4.2020

Hurmekoski, Elias. Long-Term outlook for wood construction in Europe: Itä-Suomen yliopisto, 2016.

Hurmekoski, Elias ja Jaana Elina Korhonen. Pitkän aikavälin katsaus puurakentamisen markkinoihin. Metsätieteen aikakauskirja 2017-7757, 2017 <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/231649/article7757.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ijäs, Vesa. Puukerrostalojen rakentamisen esteet ja mahdollisuudet: Keskeisten suomalaisten rakentamis- ja Kiinteistöalan sidosryhmien vertaileva asennemittaus. Tampereen Teknillinen Yliopisto, 2013.

Ikonen, Ville ja Markus Moilanen. Puun Käyttö korkeissa asuinrakennuksissa.Karelia-ammattikorkeakoulu, 2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201903153125>

joensuu.fi. Penttilänranta. <https://www.joensuu.fi/penttilanranta>. Viitattu 29.1.2020

Joensuun kaupunki. Penttilänrannan 1. asemakaavamuutos kaavaselostus, 2011.

Joensuun kaupunki. Penttilänrannan hankesuunnitelma, 2008.

Juusola, Anni. Huimaa Näköaloja Opiskelijahinnalla – Suomen korkein opiskelijatalo valmistuu Jyväskylään. Yle.fi, 26.2.2018. <https://yle.fi/uutiset/3-10054539>. Viitattu 13.7.2020

Jyväskylän kaupunki ja Aarti Ollila Ristola Arkkitehdit Oy. Jyväskylän keskustan korkean rakentamisen visiosuunnitelma, 2019.

Jyväskylän kaupunki. Asemakaavan selostus Kuokkalan keskustan puukortteli, 2013

Kaihlainen, Juha. Puun Käyttö Rakentamisessa Aiotaan Kaksinkertaistaa Seuraavan Neljän Vuoden Aikana – Eniten Kasvumahdollisuuksia Nähdään Puukerrostaloissa. Maaseudun Tulevaisuus, 12.06.2019. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/metsa/artikkeli-1.447882>. Viitattu: 07.04.2020

- Karjalainen, Markku. Puukerrostalojen asukas- ja rakennuttajakysely 2017 Loppuraportti. Ympäristöministeriö, 2017.
- Karjalainen, Markku. Suomalainen puukerrostalo puurakentamisen kehittämisen Etulinjassa. Oulun yliopisto, 2002.
- Kortelainen, Mikko. Ara ei tue enää ylikorkeiden puukerrostalojen rakentamista – Viraston rakennuttamispäällikkö on saanut tarpeekseen ennätyskokeiluista. Rakennuslehti, 23.9.2019. <https://www.rakennuslehti.fi/2019/09/ara-ei-tue-enaa-ylikorkeiden-puukerrostalojen-rakentamista-viraston-rakennuttamispaallikko-on-saanut-tarpeekseen-ennatyskokeiluista/>. Viitattu: 07.04.2020
- Koste, Otto-Wille, Alekski Neuvonen, and Kaisa Schmidt-Thomé. Kaupungistumisen käännekohtat – Skenaarioita Suomen kaupungistumisen tulevaisuudesta 2039. Demos Helsinki, 2018.
- Kryssi, Elmeri. Puukerrostalo. Tampereen Teknillinen Yliopisto, 2014.
- Kuopion kaupunki. Korkean rakentamisen selvitys, 2009.
- Lahden kaupunki. Paavolan alueen tornitaloselvitys, 2013
- Määttä, Kalle, Jyri Hietala, ja Karina Jutila. Puurakentaminen: Sääntelyn kapeikot ja kehittämisvaihtoehdot. Pellervon taloustutkimus PTT, 2016. <https://www.ptt.fi/julkaisut-ja-hankkeet/kaikki-julkaisut/puurakentaminen-saantelyn-kapeikot-ja-kehittamisvaihtoehdot.html>
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 120 d § Suunnittelutehtävien vaativuusluokat. 5.2.1999/132
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 150 d § Erytymenettely. 5.2.1999/132
- Malo, K. A., R. B. Abrahamsen, ja M. A. Bjertnæs. Some structural design issues of the 14-Storey timber framed building Treet in Norway. European Journal of Wood and Wood Products 74, no. 3 (2016): 407-424. doi:10.1007/s00107-016-1022-5. <https://doi.org/10.1007/s00107-016-1022-5>.
- Mertanen, Ville. Puu korkeassa kaupunkirakentamisessa artikkelikokoelma. Karelia-ammattikorkeakoulu, 2019.
- Mäenpää, Mira. Korkean rakentamisen rationaliteetit suomalaisissa kaupungeissa. Turun yliopisto, 2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019060719554>
- Nykänen, Esa, Tarja Häkkinen, Markku Kiviniemi, Pertti Lahdenperä, Sakari Pulakka, Antti Ruuska, Mikko Saari, ym. Puurakentaminen Euroopassa LeanWOOD. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2017.
- Oulun kaupunki. Korkean rakentamisen selvitys, 2014.
- Palokangas, Tommi. Julkisen puurakentamisen edistäminen kunnallisessa päätöksenteossa Helsingin yliopisto, 2019. <http://hdl.handle.net/10138/306172>.
- Pellervon taloustutkimus, PTT. Asuntomarkkinoiden Polarisaatio Jatkuu 2020-Luvulla – Hintojen kasvu keskittyy maantieteellisesti hyvin pienelle alueelle, 2020. <https://www.ptt.fi/julkaisut-ja-hankkeet/uutiset/asuntomarkkinat-2020-erikoisteema-asuntomarkkinoiden-polarisaatio-jatkuu-2020-luvulla.html>. Viitattu: 28.7.2020
- Pihamaa, Juuso. Kaavoittajien asenteet puukerrostalojen rakentamista kohtaan Suomen kunnissa. Helsingin yliopisto 2014. <http://hdl.handle.net/10138/135858>.
- Porin kaupunki ja Ramboll Finland Oy. Korkean rakentamisen selvitys, 2019.
- Prodeco Oy. Tavoitehintalaskelma ja rungon kustannusvertailu, DAS Riihipellonpuisto, 2017a.
- Prodeco Oy. Ylläpitokustannuslaskelma, DAS Riihipellonpuisto, 2017b.
- Puuinfo a. Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa. <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa>. Viitattu 26.4.2020
- Puuinfo b. Runkojärjestelmän vaikutukset puukerrostalon arkkitehtisuunnitteluun. <https://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/runkoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n-vaikutukset-puukerrostalon-arkkitehtisuunnitteluun>. Viitattu 26.4.2020
- Puuinfo c. Yleisimmät rakennejärjestelmät. <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puusta-rakentaminen/yleisimm%C3%A4t-rakennej%C3%A4rjestelm%C3%A4t>. Viitattu 26.4.2020
- Puutuoteteollisuus ry. Puutuoteteollisuuden Ja puurakentamisen kilpailukyyn varmistaminen koulutuksen kehittämisen avulla, 2019. <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Puutuoteteollisuuden%20ja%20puurakentamisen%20kilpailukyyn%20varmistaminen%20koulutuksen%20kehitt%C3%A4misen%20avulla.pdf>
- Rakennuslehti. Ruotsissa Puukerrostalo on betonista edullisempi. <https://www.rakennuslehti.fi/2020/01/ruotsissa-puukerrostalo-on-betonista-edullisempi/>. Viitattu: 16.5.2020
- Repo, Janne ja Elias Luttinen. Lighthouse Joensuun Rakennuttamisprosessi. Karelia-ammattikorkeakoulu, 2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2019060414751>
- Riala, Maria ja Lauri Ilola. Multi-storey timber construction and bioeconomy – Barriers and opportunities. Scandinavian Journal of Forest Research 29, no. 4 (2014): 367-377. doi:10.1080/02827581.2014.926980. <https://doi.org/10.1080/02827581.2014.926980>.
- Rovaniemen kaupunki. Asemakaavan ja tonttijaon muutos 5. kaupunginosa riihipellonpuisto, 2017.
- Sorri, Senni. CLT-Tilaelementtikerrostalon Rakennussuunnitteluohjeistus. Tampereen Teknillinen Yliopisto, 2017.
- Tilastokeskus. Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennus- ja asuntotuotanto [verkkójulkaisu]. ISSN=1796-3257. <http://www.stat.fi/til/ras/tau.html>.

Viitattu: 18.4.2020.

Tilastokeskus. Suomen virallinen tilasto (SVT): Rakennukset ja kesämökkit [verkkajulkaisu]. ISSN=1798-677X. 2018, Liitetaulukko 1. Rakennukset, asunnot ja henkilöt talotyyppin ja kerrosluvun mukaan 31.12.2018. http://www.stat.fi/til/rakke/2018/rakke_2018_2019-05-21_tau_001.fi.html
Viitattu: 18.4.2020.

Tampereen kaupunki ja Arkkitehdit MY Oy. Korkean rakentamisen selvitys Tampereen aluekeskuksissa, 2015.

Tampereen kaupunki ja Arkkitehdit MY Oy. Korkean rakentamisen selvitys Tampereen keskusta-alueella, 2012.

Turun kaupunki. Turun korkean rakentamisen selvitys, 2017.

Vaasan kaupunki. Vaasan keskustan korkean rakentamisen selvitys, 2014.

Vainio, Terttu. Asuntotuotantotarve 2015-2040. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2016.

Valjus, Juha. Korkea Rakentaminen Yleistyy – Insinöörit Uusien Haasteiden Edessä." Betoni, 3/2019. https://betoni.com/wp-content/uploads/2019/10/BET1903_70-77.pdf.

Valtioneuvosto. Pääministeri Sanna Marinin hallituksen ohjelma 10.12.2019. OSALLISTAVA JA OSAAVA SUOMI – Sosiaalisesti, Taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta, 2019.

Vantaan kaupunki. Asemakaava ja asemakaavan muutos Marja-Vantaan keskusta-asuminen 3 kaavaselostus, 2012a.

Vantaan kaupunki. Marja-Vantaan keskusta-asuminen asemakaava, 2012b.

Vataniemi, Mikko. DAS Kelon Syntytarina. Lapin ammattikorkeakoulu, 2020.

Haastattelut

Mantila, Timo, Toimitusjohtaja, Lakea Oy. Haastattelu 11.3.2020

Lönnroth Mikael, Projektipäällikkö, TA-Rakennuttaja Oy. Puhelinhaastattelu 16.4.2020

Sievänen, Jussi, Kaavasuunnittelija, Jyväskylän kaupunki. Puhelinhaastattelu 21.4.2020

Vapanen, Vesa, Rakennuttajapäällikkö, Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli. Puhelinhaastattelu 22.4.2020

Liimatainen, Jouni, Toimitusjohtaja, Jwood Ky. Puhelinhaastattelu 24.4.2020

Valve, Ville, Hallituksen puheenjohtaja, VVR-Wood Oy. Puhelinhaastattelu 29.4.2020

Vartiainen, Juha-Pekka, Kaavoituspäällikkö, Joensuun kaupunki. Puhelinhaastattelu 29.4.2020

Ukkonen, Mika, Toimitusjohtaja, Arkworks Arkkitehdit Oy. Puhelinhaastattelu 30.4.2020

Mantila, Timo, Toimitusjohtaja, Lakea Oy. Puhelinhaastattelu 5.5.2020

Moilanen, Harri, Suunnittelupäällikkö, YIT Suomi Oy. Puhelinhaastattelu 6.5.2020

Suuronen, Arttu, Toimitusjohtaja, JVR-Rakenne Oy. Puhelinhaastattelu 7.5.2020

Keränen, Anneli, Hankepäällikkö, Hoas Helsingin seudun opiskelija-asuntosäätiö HOAS. Puhelinhaastattelu 8.5.2020

Saviaro, Kirsti, Toiminnanjohtaja, Domus Arctica-säätiö. Puhelinhaastattelu 6.5.2020

Airaksela, Mika, Toimitusjohtaja, Arkta Reponen Oy. Puhelinhaastattelu 12.5.2020

Sallinen, Samuli, Toimitusjohtaja, Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto. Puhelinhaastattelu 12.5.2020

Lepikonmäki, Lauri, Suunnittelupäällikkö, Sweco rakennetekniikka Oy. Puhelinhaastattelu 15.5.2020

Närhi, Marko, Prodeco Oy/A-Insinöörit rakennuttaminen Oy. Puhelinhaastattelu 19.5.2020

Turtiainen, Jukka, Pääsuunnittelija, Arkkitehtipalvelu Oy. Puhelinhaastattelu 28.5.2020

Rautiainen, Tomi, Yksikönjohtaja, A-Insinöörit Suunnittelu Oy. Puhelinhaastattelu 29.5.2020

Lassila, Anssi, Arkkitehti, Johtaja, OOEPA Office for Peripheral Architecture. Puhelinhaastattelu 3.6.2020

Artto, Aaro, Arkkitehti SAFA, Arkkitehtiyöhuone APRT Architects. Puhelinhaastattelu 4.6.2020

Salmirinne, Erkki, Operatiivinen johtaja, Elementti-Sampo Oy. Puhelinhaastattelu 8.6.2020

Kuvat

- 14 Kuva 1 **Joensuu Lighthouse** Rakennustoimisto Eero Reijonen Oy . Saatavissa: <https://ereijonen.fi/oma-asuntotuotanto>
- 15 Kuva 2 **HOAS Tuuliniitty havainnekuva** Puuinfo. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/tiedote/hoas-rakennuttaa-13-kerroksisen-puukerrostalon-espooseen>
- 15 Kuva 3 **Puukuokka** OPEEA. Saatavissa: <https://opeea.com/project/puukuokka-one/>
- 15 Kuva 4 **DAS Kelo** APRT. Saatavissa: <https://www.aprt.fi/projects/riihipellonpuisto-student-housing/>
- 17 Kuva 5 **PuuMera Kivistö** Innovarch. Saatavissa: <https://innovarch.fi/fi/projektit/puumer-kivisto/>
- 33 Kuva 6 **Mjøstårnet** Metsä Wood. Saatavissa: <https://www.metsawood.com/fi/media/referenssit/Pages/Mjostarnet-maailman-korkein-puurakennus.aspx>
- 33 Kuva 7 **Mjøstårnetin runkorakenne** Abrahamsen, Rune. Mjøstårnet - Construction of an 81 m Tall Timber Building: Internationales Holzbau-Forum IHF, 2017.
- 34 Kuva 8 **Treet, Bergen** UrbanNext. Saatavissa: <https://urbannext.net/treet/>
- 34 Kuva 9 **Treet työmaavaiheessa** UrbanNext. Saatavissa: <https://urbannext.net/treet/>
- 35 Kuva 10 **HoHo Wien** SIGA. Saatavissa: https://www.siga.swiss/global_en/projects/hoho-wien
- 37 Kuva 11 **Mjøstårnetin rungon asennusta** MOELVEN. Saatavissa: <https://www.moelven.com/mjostarnet/paper-about-the-construction-of-mjostarnet/>
- 42 Kuva 12 **Kankaantorni, Jyväskylä** Kuvatoimisto Kuvio. Saatavissa: <http://www.kuvio.com/projects/2018/11/22/jyvskyln-kangas>
- 43 Kuva 13 **Kankaantorni, tyypillinen asuinkerros 1:200** Linja Arkkitehdit Oy, 2017.
- 43 Kuva 14 **Joensuu Lighthouse, tyypillinen asuinkerros 1:200** Arcadia Oy arkkitehtitoimisto, 2017.
- 48 Kuva 15 **Joensuu Lighthouse, sijainti kaupungissa ja kaupunkirakenteessa** Muokattu. Alkuperäinen ilmakuva saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- 51 Kuva 16 **DAS Kelo, sijainti kaupungissa ja kaupunkirakenteessa** Muokattu. Alkuperäinen ilmakuva saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- 52 Kuva 17 **Puukuokka, sijainti kaupungissa ja kaupunkirakenteessa** Muokattu. Alkuperäinen ilmakuva saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- 54 Kuva 18 **HOAS Tuuliniitty, sijainti kaupungissa ja kaupunkirakenteessa** Muokattu. Alkuperäinen ilmakuva saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- 57 Kuva 19 **PuuMera Kivistö, sijainti kaupungissa ja kaupunkirakenteessa** Muokattu. Alkuperäinen ilmakuva saatavissa: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>
- 63 Kuva 20 **HOAS Tuuliniitty ja DAS Kelo pohjapiirroks** Muokattu. HOAS Tuuliniitty alkuperäinen pohjapiirros Arkkitehtitoimisto Jukka Turtiainen Oy, 2019. DAS Kelo alkuperäinen pohjapiirros Arkkitehtityöhuone Artto Palo Rossi Tikka Oy, 2018.
- 65 Kuva 21 **Lighthouse ja Puukuokka 1 pohjapiirroks** Muokattu. Lighthouse alkuperäinen pohjapiirros Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto, 2017. Puukuokka 1 alkuperäinen pohjapiirros OPEEA, 2015.
- 67 Kuva 22 **PuuMera Kivistö pohjapiirros** Muokattu. Alkuperäinen pohjapiirros Arkkitehtitoimisto Vuorelma Arkkitehdit Oy, 2017.
- 69 Kuva 23 **Puukuokka 1:n porrashuone** JVR-Rakenne. Saatavissa: <https://www.jvr.fi/asunto-oy-jyvaskylan-puukuokka-1/>
- 70 Kuva 24 **DAS Kelon porrashuone** APRT. Saatavilla: <https://www.aprt.fi/projects/riihipellonpuisto-student-housing/>
- 70 Kuva 25 **Joensuu Lighthousen porrashuone** Projektuutiset.fi. Saatavilla: <https://www.projektuutiset.fi/joensuun-puinen-lighthouse-keraa-kansainvalista-huomiota/>
- 71 Kuva 26 **Kivistön PuuMeran porrashuone** Rakennusfakta.fi Saatavilla: <https://www.rakennusfakta.fi/puukerrostalo-vantaan-asuntome-rubiinikeha-1/project.html>
- 73 Kuva 27 **Välipohjarakenteiden vertailu** Muokattu. Alkuperäiset suunnitelmat: Lighthouse: Joensuun Juva Oy, 2017. Tuuliniitty: A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2019. Kelo: A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2018. PuuMera: Finnmap consulting Oy, 2013. Puukuokka: KPM-Engineering, 2014.
- 75 Kuva 28 **Kantavien väliseinärakenteiden vertailu** Muokattu. Alkuperäiset suunnitelmat: Lighthouse: Joensuun Juva Oy, 2017. Tuuliniitty: A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2019. Kelo: A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2018. PuuMera: Finnmap consulting Oy, 2013. Puukuokka: KPM-Engineering, 2014.
- 78 Kuva 29 **DAS Kelo, huoneistojen välisten seinien ja välipohjien liitos. 1:20** A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2018.
- 78 Kuva 30 **HOAS Tuuliniitty, huoneistojen välisten seinien ja välipohjien liitos. 1:20** A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2019.
- 81 Kuva 31 **PuuMera Kivistö, huoneistojen välisten seinien ja välipohjien liitos. Eri suuntaiset välipohjalaatat 1:10** Finnmap consulting Oy, 2013.
- 83 Kuva 32 **PuuMera Kivistön parvekejulkisivua**. Talotekniikka. Saatavissa: <https://talotekniikka-lehti.fi/asumismenot-nousevat-edelleen/puumer-kivisto-web1/>

Kuvaajat

- 16 Kuvaaja 1 **Suomalaiset puukerrostalot valmistumisvuoden mukaan**. Alkuperäinen data: Puuinfo. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/valmistuneet-puukerrostalot>
- 16 Kuvaaja 2 **Suomalaiset puukerrostalot kerrosluvun mukaan**. Alkuperäinen data: Puuinfo. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/valmistuneet-puukerrostalot>

LIITTEET

Liite 1, Haastattelukysymykset

1. Millaisen arvion antaisit valmistuneelle kohteelle ja toteutusprosessille?

valmis rakennus (1-5)
rakennuttaminen/projektinjohto (1-5)
rakentaminen (1-5)
arkkitehti-/pääsuunnittelu (1-5)
lupaprosessi ja viranomaistoiminta (1-5)
rakennusosien valmistusprosessi (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteita?

2. Kuinka suuri vaikutusvalta seuraavilla osapuolilla oli mielestäsi hankkeen lopputulokseen?

rakennuttaja (1-5)
arkkitehti/pääsuunnittelija (1-5)
rakennesuunnittelija (1-5)
pääurakoitsija (1-5)
puuosatoimittaja (1-5)
kaavoittaja (1-5)
rakennusvalvonta (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteita?

3. Kuinka suuri vaikutusvalta seuraavilla osapuolilla oli mielestäsi hankkeen kustannuksiin?

rakennuttaja (1-5)
arkkitehti/pääsuunnittelija (1-5)
rakennesuunnittelija (1-5)
pääurakoitsija (1-5)
puuosatoimittaja (1-5)
kaavoittaja (1-5)
rakennusvalvonta (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteita?

4. Kuinka suuri vaikutusvalta seuraavilla osapuolilla oli mielestäsi hankkeen aikatauluun?

rakennuttaja (1-5)
arkkitehti/pääsuunnittelija (1-5)
rakennesuunnittelija (1-5)
pääurakoitsija (1-5)
puuosatoimittaja (1-5)
kaavoittaja (1-5)
rakennusvalvonta (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteita?

5. Kuinka suuri vaikutusvalta seuraavilla osapuolilla oli mielestäsi hankkeen aikatauluun?

hankesuunnittelu (1-5)
kilpailutus (1-5)
yleissuunnittelun ohjaus (1-5)
toteutussuunnittelun ohjaus (1-5)
rakentamisen ohjaus (1-5)
käyttöönotto (1-5)
aikataulun hallinta (1-5)
tiedon hallinta (1-5)
kustannusten hallinta (1-5)
laadun hallinta (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteita?

6. Kuinka merkittävästi seuraavat reunaehdot vaikuttivat kohteen lopputulokseen ja arkkitehtuuriin?

rakennesuunnittelu (1-5)
rakennejärjestelmä (1-5)
LVIS-suunnittelu (1-5)
asemakaava (1-5)
rakentamismääräykset (1-5)
viranomaisten ohjaus (1-5)
ARA:n suunnitteluohjeet (1-5)
tilaajan ohjaus (1-5)
puurakentamisen kustannukset (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteuksia?

**7. Kuinka merkittävästi puurakentaminen vaikutti seuraaviin suunnittelun osa-alueisiin?
(kysymys vain arkkitehdeille)**

rakennusmassan muoto ja päämitat (1-5)
pörrashuoneen sijainti (1-5)
asuntojen koko ja asuntotajakauma(1-5)
tilasuunnittelu (1-5)
julkisivu- ja pintamateriaali (1-5)
julkisivujen aukotus (1-5)
arkkitehtisuunnittelun aikataulu (1-5)
suunnitelmien yhteensovittaminen (1-5)
tietomallinnus (1-5)
suunnittelutyön määrä (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteuksia?

**8. Kuinka merkittäviä seuraavat suunnittelun osa-alueet ovat omasta näkökulmastasi?
(kysymys muille kuin arkkitehdeille)**

rakennusmassan muoto ja päämitat (1-5)
pörrashuoneen sijainti (1-5)
asuntojen koko ja asuntotajakauma(1-5)
tilasuunnittelu (1-5)
julkisivu- ja pintamateriaali (1-5)
julkisivujen aukotus (1-5)
arkkitehtisuunnittelun aikataulu (1-5)
suunnitelmien yhteensovittaminen (1-5)
tietomallinnus (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteuksia?

9. Miten suuri merkitys seuraavien ratkaisujen jatkokehittämisellä on mielestäsi korkean puukerrostalarakentamisen kannalta?

välipohjarakenteet (1-5)
kantavat pysty-/väliseinärakenteet (1-5)
ulkoseinä- ja julkisivurakenteet (1-5)
yläpohjarakenteet (1-5)
märkätilojen toteutus (1-5)
parvekerakenteet (1-5)
jäykistysratkaisut ja liitososat (1-5)
talotekniset järjestelmät (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteuksia?

10. Miten merkittäviä esteitä seuraavat ovat mielestäsi korkeiden puukerrostalojen toteuttamiselle?

rakennuttamisosaamisen puute (1-5)
suunnitteluosaamisen puute (1-5)
rakentamisosaamisen puute/toimijoiden vähäisyys (1-5)
sopivien puu- ja rakennusosien saatavuus (1-5)
rakentamismääräykset (1-5)
kaavoitus (1-5)
puukerrostaloasuntojen kysyntä (1-5)
puukerrostalojen pitkäikäisyys/huoltotarve (1-5)
rakennusalan ennakkoasenteet (1-5)
puurakentamisen hinta (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteita?

11. Miten toimivina ja perusteltuina pidät seuraavia korkean puukerrostalorakentamisen ohjauskeinoja?

rakentamismääräysten lieventäminen (1-5)
puurakentamisen edellyttäminen asemakaavoissa (1-5)
puurakentamisen taloudellinen tukeminen (esim. ARA:n korotetut käynnistysavustukset) (1-5)
puumateriaalin kustannuskilpailukykyyn edistäminen esim. hiilidioksidiverotuksella (1-5)
koulutuksen lisääminen (1-5)
puurakentamisen markkinointi ja yleisen tietoisuuden lisääminen (1-5)
viranomaistoiminnan yhtenäistäminen (1-5)
puurakentaminen tontinluovutusehdoissa (1-5)

Haluatteko perustella vastaustanne tai antaa kehittämissuhteita?

12. Avoin kysymys. Lähtisittekö uudestaan mukaan korkeaan puukerrostalohankkeeseen?

13. Avoin kysymys. Millaisena pidät korkean puukerrostalorakentamisen tulevaisuutta Suomessa?

Liite 2, Tutkimuskohteiden rakennetyypit

Lighthouse

(Joensuun Juva Oy, 2017)

huoneistojen välipohja

45 mm maakostea betoni
30 mm askeläänieriste
180 mm CLT
50 mm koolaus 48x48 + kivivilla 50 mm
akustiset jousirangat
15+15 mm 2x palokipsilevy

huoneistojen välinen kantava seinä

15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy
66 mm koolaus 48x66 k600+kivivilla 50 mm
126-162 mm LVL
66 mm koolaus 48x66 k600+kivivilla 50 mm
15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy

huoneistojen ja porrashuoneen välinen seinä

15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy
66 mm koolaus 48x66 k600+kivivilla 50 mm
126-162 mm LVL
15+15 mm kaksinkertainen palokipsilevy

puurunkoinen ulkoseinä

8 mm julkisivulevytytys
50 mm ristikkolaus/tuuletusrako, kuumasinkitty teräshatturanka
9,5 mm tuulensuojakipsilevy
98 mm kivivilla
126...162 LVL-X
48 mm kivivilla
15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy

DAS Kelo

(A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2018)

huoneistojen välipohja

40 mm plaanovalu (K230)
30 mm askeläänieriste
18 mm OSB levy
260 mm Kerto-S 51x260, k300
+pehmeä lämmöneriste 100 mm, ääneneristys
25 mm koolaus 25x100 k400
>30 mm ilmaväli
80 mm CLT

porrashuoneen välipohja

120 mm CLT
13 mm kipsilevy (K210)
ilmaväli/alaslasku
15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15

huoneistojen välinen kantava seinä

15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy
66 mm koolaus 48x66 k600+kivivilla 50 mm
126-162 mm LVL
66 mm koolaus 48x66 k600+kivivilla 50 mm
15+13 mm kipsilevy+palokipsilevy

huoneistojen ja porrashuoneen välinen seinä

15 mm palokipsilevy GFL 15 (K230)
66 mm koolaus 48x66 k600+kivillä 70 mm
30 mm ilmarako
80 mm CLT
15 mm palokipsilevy GFL 15 (K230)

puurunkoinen ulkoseinä

28 mm ulkoverhouspaneeli vaakaan
+ikkunoiden ja parvekkeiden kohdalla palosuojäkäsittely B-s2, d0
32 mm pystykoolaus 32x100 k600, ruuvattu CLT-runkoon
180 mm jäykkä lämmöneriste (Paroc Cortex One)
80 mm CLT
15 mm palokipsilevy GFL 15 (K230)

yläpohja

bitumihuopakate K-PS 170/5000 + K-MS 170/4000 18 mm pontattu katevaneri
NR-kattoristikot, tukipisteet pystyrakenteiden kohdalla
tuuletettu ilmatila
450 mm lämmöneristys puhallusvilla, kivillä
80 mm CLT

HOAS Tuuliniitty

(A-Insinöörit Suunnittelu Oy, 2019)

huoneistojen välipohja

50 mm plaanovalu+lattialämmitys
30 mm askeläänieriste Paroc SSB 1
18 mm havuvaneri
220 mm palkit 2x48x220 k400
+kevyt mineraalivilla 100 mm, ääneneristys
15+15 mm 2xpalokipsilevy GFL
17 mm ilmarako
80 mm CLT L3s näkyvä laatu

porrashuoneen välipohja

6 mm pintamateriaali
22 mm lastulevy Koskifloor P6
200 mm korotuspuut k600 holvin päällä
250 mm teräsbetoni-laatta, rakennesuunnitelmien mukaan

huoneistojen välinen kantava seinä

15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15 (K230)
30 mm koolaus 25 mm+ kivillä Paroc WAS 25 t 30
koolauksen ja rungon välissä 5 mm Aladin Stripe tärinätkätkö
120 mm CLT C5s
30 mm kivillä
120 mm CLT C5s
30 mm koolaus 25 mm+ kivillä Paroc WAS 25 t 30
koolauksen ja rungon välissä 5 mm Aladin Stripe tärinätkätkö
15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15 (K230)

huoneistojen ja porrashuoneen välinen seinä

15+15+15 mm 3x palokipsilevy GFL 15 (K230)
120 mm CLT C5s
30 mm mineraalivilla
120 mm CLT C5s
15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15 (K230)

huoneistojen sisäinen kantava seinä

15+15+15 mm 3x palokipsilevy GFL 15 (K230)
120 mm CLT C5s
30 mm mineraalivilla
120 mm CLT C5s
15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15 (K230)

puurunkoinen ulkoseinä

32 mm ulkoverhouslauta vaakaan
36 mm pystykoolaus 32x100 k600, ruuvattu CLT-runkoon
160 mm jäykkä lämmöneriste (Paroc Cortex One)
120 mm CLT
30 mm koolaus 25 mm+ kivivilla Paroc WAS 25 t 30
koolauksen ja rungon välissä 5 mm Aladin Stripe tärinätkä
15+15 mm 2x palokipsilevy GFL 15 (K230)

yläpohja, kattoterassi

suojakiveys
kumibitumikermi k-ps 170/5000+k-ms 170/3000
60 mm betonilaatta, kesk. verkko 5-150 b500k
6 mm suodatinkangas
250 mm kevytsora
250 mm EPS 100S Katto
340 mm teräsbetonilaatta
tuuletettu ilmatila
80 mm CLT L3s näkyvä laatu

Puukuokka 1

(KPM-Engineering, 2014)

huoneistojen välipohja

40 mm plaanovalu (K230)
30 mm Tacker eriste
140 mm CLT
50 mm äänieriste, lasivilla
77 mm ilmaväli
80 mm CLT

porrashuoneen välipohja

200 mm CLT, kulutusta kestävä pinnoite DFL-s1
15 mm palokipsilevy
48 mm koolaus 48x66 k 300
25 mm akustiikkalevy, heradesign fine A2 1200x600

huoneistojen välinen kantava seinä (1.-4. kerros)

15 mm palokipsilevy (K230)
120 mm CLT
35 mm mineraalivilla
120 mm CLT
15 mm palokipsilevy (K230)

huoneistojen välinen kantava seinä (5.-8 kerros)

15 mm palokipsilevy (K230)
100 mm CLT
75 mm mineraalivilla
100 mm CLT
15 mm palokipsilevy (K230)

huoneistojen ja porrashuoneen välinen seinä

15 mm palokipsilevy (K230)
120 mm CLT
127 mm ilmarako (LVIS varaus)
98 mm runkotolpat 48x98 k600
+100 mm kivivilla
15 mm palokipsilevy (K230)

puurunkoinen ulkoseinä

28 mm ulkoverhouslauta
50 mm ristiinkoolaus 25x100 k600
180 mm jäykkä lämmöneriste (Paroc Cortex One)
120 mm CLT
15 mm palokipsilevy (K230)

yläpohja

bitumihuopakate
18 mm OSB-levy
NR-kattoristikot
tuuletettu ilmatila
450 mm puhallusvilla
80 mm CLT
ilmaväli
48 mm koolaus

PuuMera

(Finnmap consulting Oy, 2013)

huoneistojen välipohja

70 mm betonivalu K30-2, kesk. rauditus 6-150
38 mm havuvaneri
360-495 mm välipohjakannattajat GL30cs
+ mineraalivilla 90+90 mm
32 mm koolaus 32x73 k400
25 mm ääniranka AP25
15+15 mm sisäverhouslevyt 2x GF15

porrashuoneen välipohja

70 mm betonivalu K30-2, kesk. rauditus 6-150
38 mm havuvaneri
223 mm välipohjakannattajat GL30cs
+ mineraalivilla 90+90 mm
32 mm koolaus 32x73 k400
25 mm ääniranka AP25
15+15 mm sisäverhouslevyt 2x GF15
alakatto

huoneistojen välinen kantava seinä

13+15 mm sisäverhouslevy GN13+GF15
270 mm limittäinen pystykoolaus GL28c 42...56x180 k300
+ mineraalivilla 90+90 mm
13+15 mm sisäverhouslevy GN13+GF15

huoneistojen ja porrashuoneen välinen seinä

13+15 mm sisäverhouslevy GN13+GF15
198 mm limittyvä pystykoolaus C24 48x123...148x180 k600
+ mineraalivilla 75+75 mm
13+15 mm sisäverhouslevy GN13+GF15

puurunkoinen ulkoseinä

28 mm julkisivupaneeli
22+22 mm ristiinkoolaus 22x100 k600
50 mm tuulensuojaeriste (K230)
9 mm tuulensuojalevy GTS9
270 mm pystykoolaus GL28c 42...56x270 k600 + mineraalivilla
0,2 mm PE-kalvo
13+15 mm sisäverhouslevy GN13+GF15

yläpohja

bitumihuopakate TL2, K-MS 170/3000+K-PS 170/4000 23 mm raakaponttilaudoitus 23x95
NR-kattoristikot
tuuletettu ilmatila
>200 mm puhallusvilla
150+150 mm kivivilla
32 mm koolaus 32x73 k400
15+15 mm sisäverhouslevyt 2x GF15

