

# Kouvola Innovation Oy

Puukerrostalon tilaajan opas



15.6.2015

# Kouvola Innovation Oy

## Puukerrostalon tilaajan opas

### SISÄLLYSLUETTELO

1	Johdanto .....	4
2	Puu kerrostalorakentamisessa .....	6
2.1	Yleistä .....	6
2.2	Puurakentamisen lisäarvoja, miksi puusta? .....	8
2.3	Puurakentamisen riskejä.....	10
2.4	Kustannustekijät .....	11
3	Hankintamuodot .....	15
3.1	Urakkamuodot .....	15
3.1.1	KVR / ST (Suunnittele ja toteuta) .....	16
3.1.2	Ranskalainen urakka eli käänteinen kilpailutus .....	16
3.1.3	Teknistenratkaisujen urakka .....	17
3.1.4	Jaettu urakka.....	18
3.1.5	Projektinjohtourakka .....	18
3.1.6	Allianssimalli.....	19
3.2	Kilpailutus.....	19
3.2.1	Julkinen hankinta.....	20
3.3	Sopimusehdot ja takuuajat.....	21
4	Puukerrostalon suunnittelu .....	22
4.1	Suunnittelussa huomioitavaa .....	22
4.1.1	Ääneneristys ja meluntorjunta.....	23
4.1.2	Palotekniset ratkaisut .....	24
4.1.3	Rakennusfysiikka .....	25
4.1.4	Jäykistys .....	25
4.2	Kantavat ja täydentävät rakenteet .....	26
4.2.1	Runkojärjestelmät.....	26
4.2.1.1	Tilaelementtijärjestelmä .....	26
4.2.1.2	Suurelementtijärjestelmä kantavin seinin .....	27
4.2.1.3	Suurelementtijärjestelmä pilari-palkkirungolla.....	28
4.2.2	Vesikattorakenteet.....	28
4.2.3	Täydentävät rakenteet.....	29
4.2.3.1	Parvekkeet ja terassit .....	29
4.2.3.2	Porrashuoneet ja hissikuilut .....	30
4.2.3.3	Märkätilat.....	30
4.3	Suunnittelun organisointi.....	31
5	Rakentamisvaihe.....	33
5.1	Aikataulutus.....	33

#### A-Insinöörit Suunnittelu Oy

**ESPOO**  
Bertel Jungin aukio 9  
02600 Espoo  
Puh. 0207 911 777  
Fax 0207 911 779

**PORI**  
Valtakatu 6  
28100 Pori  
Puh. 0207 911 777  
Fax 0207 911 381

**TAMPERE**  
Satakunnankatu 23 A  
33210 Tampere  
Puh. 0207 911 777  
Fax 0207 911 778

**TURKU**  
Ilmarisenkatu 18 A  
20520 Turku  
Puh. 0207 911 311  
Fax 0207 911 312

E-mail:  
etunimi.sukunimi@ains.fi  
Internet:  
www.ains.fi

Y-tunnus 0211382-6  
Kotipaikka Tampere

5.2	Kosteudenhallinta .....	34
5.3	Laadunvalvonta .....	35
6	Puukerrostalo käyttöaikana.....	37
6.1	Huolto- ja ylläpitokustannukset.....	37
6.2	Vakuutukset.....	37
6.3	Asukastyytyväisyys.....	37
7	Yhteenveto.....	38
8	Lähteet.....	40
9	Liitteet .....	41

## 1 Johdanto

Puunkäytön lisääminen rakentamisessa on nouseva trendi Suomessa, Pohjoismaissa ja Manner-Euroopassa. Puunkäytön lisäämisellä rakentamisessa saadaan pienennettyä rakentamisen ympäristövaikutuksia, tuettua paikallisesti työllisyyttä ja lisättyä kotimaisen uusiutuvan materiaalin käyttöä. Näillä on merkittäviä kansan- ja aluetaloudellisia vaikutuksia. Puun käyttö kerrostalorakentamisen runkomateriaalina tarjoaa sekä kilpailukykyisen että ekologisen vaihtoehdon puurunkoa yleisemmin käytössä olevalle betonirungolle. Suomalainen puukerrostalorakentaminen on sekä nopeaa, energiatehokasta että ekologista ja siinä hyödynnetään tehokkaasti kotimaisia uusiutuvia materiaaleja. Puun käyttöön kerrostalon runkomateriaalina liittyy paljon ennakkokäsityksiä ja ennakkoluuloja, jotka hälvenevät tietoisuuden ja kokemuksen kasvaessa.

Tämän oppaan laatimisen tilaajana on toiminut Kouvola Innovation Oy, joka on Kouvolan kaupungin omistama kehitysyritys. Kouvola Innovation Oy edistää kasvutavoitteisten yritysten syntymistä, kasvua ja investointeja Kouvolan alueelle. Kehittämishankkeilla edistetään ja tuetaan yritystoimintaa, innovaatioita, verkottumista sekä osaamista ja työllisyyttä Kouvolan elinkeinotoimen painopistealoilla. Yksi Kouvolan elinkeinotoimen painopisteistä on biotalous, jota puurakentaminen edustaa.

Oppaan kirjoittajina on toiminut A-Insinöörit Oy:n Jussi Lehtinen, Riina Savikko ja Sweco Oy:n Jaakko Länsiluoto. Toteutuksen ohjauksessa mukana ovat olleet Kouvola Innovation Oy:n Vesa Junttila, Tero Hasu ja A-Insinöörit Oy:n Valteri Meriläinen.

Oppaan tarkoituksena on helpottaa ymmärtämään puukerrostalon hankintaan ja rakennuttamiseen liittyviä asioita ja toimintamalleja. Oppaassa on pyritty selkeyttämään puukerrostalorakennuttamisen prosessia ja auttamaan puukerrostalon tilaajaa tunnistamaan riskit sekä hallitsemaan niitä. Tavoitteena on rohkaista rakennuttajia tutustumaan avoimesti puurunkovaihtoehdon mahdollisuuksiin sekä helpottaa hankkeen valmistelua, suunnittelua ja läpivientiä. Oppaan tekemiseen on hyödynnetty toteutetuista puukerrostalokohteista saatuja kokemuksia haastatteleamalla hankkeissa mukana olleita tahoja: rakennuttajia, urakoitsijoita ja puuosatoimittajia.

Toteutetut haastattelut	Määrä
Rakennuttaja/tilaaja, jolla on kokemus toteutuneesta puukerrostalohankkeesta	2 kpl
Rakennuttaja/tilaaja, jolla on suunnitteilla puukerrostalohanke	3 kpl
Rakennusliike, jolla on kokemus puukerrostalon rakentamisesta	2 kpl
Tuoteosatoimittajat	3 kpl

**Taulukko 1.** Haastatellut tahot.

Opas esittelee puukerrostalorakentamisessa tällä hetkellä käytössä olevia toimintamalleja. Puukerrostalorakentaminen on nopeasti kehittyvä kerrostalorakentamisen muoto ja toiminnan yleistymisen myötä toimintamallit virtaviivaistuvat ja kehittyvät toteutettujen kohteiden ja kokemuksen lisääntyessä. Lisääntyvä kokemus jalostaa ja kehittää puukerrostalorakentamista ja toimintatapoja koko ajan. Parhaaksi koetuista ratkaisumalleista jalostuu yleisiä, hyviksi todettuja vakiomalleja, jotka tehostavat ja helpottavat toimintaa tulevaisuudessa.

Opas on tarkoitettu ensisijaisesti rakennusalan ammattilaisille, kiinteistökehittäjille ja rakennuttajille. Asiat on pyritty esittämään tiiviissä ja nopeasti omaksuttavassa muodossa. Sisällössä on viittauksia lähteisiin, joista asioihin voi hakea tarkempaa tietoa.

## 2 Puu kerrostalorakentamisessa

### 2.1 Yleistä

Puukerrostalorakentaminen on tähän asti ollut jokaisen hankkeen osalta tavallaan koe-rakentamista. Erilaisia suunnitteluratkaisuja, materiaaleja ja toteutusmalleja on kehitetty, testattu, kehitetty ja seurattu. Näistä kohteista on kerätty kokemuksia ja oppeja puurakentamisen kehittämiseen.

Kehittäminen on lisännyt hankkeiden kustannuksia, mistä on muodostunut mielikuva puukerrostalon kalleudesta. Samalla toteutetut kohteet ovat olleet arkkitehtonisesti monimuotoisia ja laadullisesti korkeatasoisia, mikä on tyypillisesti nostanut toteutuneita kustannuksia.

Toteutetut kohteet on todettu teknisesti toimiviksi ja asumismukavuudeltaan hyväiksi. Puurungon ei ole todettu aiheuttavan ongelmia ja kustannuksia rakennuksen käytön aikana. Tietoa on saatu runsaasti ja toteutetuista kohteista on saatu pääosin hyviä kokemuksia. Näiden kokemusten pohjalta on pystytty puurakentamista kehittämään koko ajan eteenpäin, siksi ratkaisuja onnistuneeseen puukerrostalorakentamiseen on jo paljon.

<b>Suomalaisen puukerrostalorakentamisen tilanne 3/2015:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rakennettu 40 rakennusta, joissa 811 asuntoa.</li> <li>- Rakenteilla 7 rakennusta, joissa 318 asuntoa.</li> </ul>
<b>Mahdolliset uudet aloitukset 2015:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- n. 1500 asuntoa (osuus &gt; 10%)</li> </ul>

Lähde: Työ- ja elinkeinoministeriö / Metsäalan strateginen ohjelma

#### **Taulukko 2.** Puukerrostalojen rakennuskanta ja ennuste

Kustannukset laskevat, kun toimintamallit vakioituvat, osaaminen laajenee, alalle tulee lisää toimijoita ja kilpailua. Samalla rutiinien kehittyminen tuo puun hyvät ominaisuudet entistä paremmin hyödynnettäviksi.

Puukerrostaloja on pyritty rakentamaan betonirakentamisesta saatujen oppien mukaisesti, mutta se ei aina ole toiminut. Tästä on opittu, että puukerrostalorakentaminen vaatii erilaisia prosesseja ja suunnittelukäytäntöjä kuin betonirakentamisessa on totuttu käyttämään.

Puun kustannustehokas käyttö kerrostalon runkomateriaalina vaatii muuttamaan betonirakentamiseen soveltuvia rakentamisen prosesseja ja käytäntöjä. Rakennusliikkeet tulisi saada laajemmin mukaan puurakentamisen kehittämiseen. Rakentajien tulisi uudistaa ja kehittää rakentamisen koko prosessia. Rakentamisen riskien poistaminen ja tehokkuuden oppiminen tarkoittaa käytännössä toistoja, isompien kokonaisuuksien rakentamista ja alueiden sekä korttelien kehittämistä. Rakentamiseen, rakennettavuuteen, työmaatoimintoihin ja tuotantoon liittyvät asiat kehittyvät kohteiden lisääntyessä.

Tällä hetkellä puukerrostalojen kehityksessä on keskitytty pääosin teknisten ratkaisujen kehittämiseen. Suunnittelualan konsulttien ja tuoteosatoimittajien rooli on ollut tässä suuri. Puukerrostalorakentamisessa myös nykyistä useammat rakentajat tulisi saada mukaan kehittämään ja toteuttamaan uutta rakentamisen konseptia, joka on tulevaisuuden rakentamista.

Kyse ei ole vain uuden materiaalin valinnasta, vaan strategisen ajattelun ja perinteisten, betonille kehitettyjen, toimintojen uudistamisesta. Työmaatekniikkaa, logistiikkaa, töiden yhteensovitusta ja aikataulutusta tulee kehittää kuten puutuotetoimittajat ovat kehittäneet tuotteitaan ja runkoratkaisujaan.

### **Haastateltujen ajatuksia puurakentamisen tulevaisuudesta**

Tuoteosatoimittaja :

*Positiivinen näkemys. Ei kuitenkaan nopeaa ja valtavaa markkinaosuuden lisäystä tuloissa. Pysyvä 10-15% markkinaosuuden asema mahdollinen, 20% tavoite vaikea.*

Rakennusliike :

*Puu ei tule saavuttamaan valta-asemaa (kerrostaloasuntorakentamisen) markkinoilla, 10% markkinaosuus on järkevä maksimitavoite. Suunnittelijoitakaan ei ole riittävästi nopean kasvun tavoitteeseen.*

Rakennuttaja :

*Positiivisesti suhtaudutaan. Puurakentaminen saa suuren osuuden 20-25% 5 vuoden päästä. Kilpailun kautta yleistyy ja hinta halpenee. Uudet toimijat alalla auttavat kasvua.*

*Ei mitään ylipääsemättömän vaikeata ole suunnittelussa tai rakentamisessa, että miksi ei?!*

## 2.2 Puurakentamisen lisäarvoja, miksi puusta?

Julkishallinnossa, kunta- ja valtiotasolla, puurakentamisella koetaan olevan tulevaisuutta ja oma paikkansa kerrostalorakentamisessa. Tästä hyvänä osoituksena on se, että monet kaupungit (mm. Espoo, Helsinki, Kouvola, Tampere) ovat ottaneet omaan strategiaansa puurakentamisen edistämisen ja tätä kautta myös kaavoituksella ohjanneet rakentajia enempään puun käyttöön. Kaavoittajilla on mahdollisuus eri ratkaisulla tukea puurakentamista ja juuri näin ollaan mm. näissä kaupungeissa jo toimittu. Työ- ja elinkeinoministeriön mukaan uusi hankintalaki lisää puurakentamista, sillä siinä korostuvat mm. elinkaarivaikutukset.

Ihmiset kokevat puurakentamisen positiivisena asiana. Sitä pidetään ekologisena ja sen tutkitusti positiivisista terveysvaikutuksista puhutaan enenevissä määrin. Näiden nk. pehmeiden arvojen vaikutusta on hieman vaikea todentaa kustannustehokkuuden kautta, joten tilaajan näkökulmasta usein vaaditaan muitakin perusteluita puukerrostalon erinomaisuudesta.

Ympäristöön liittyvien arvojen vaikutus ihmisten päätöksiin, toimintaan ja mielipiteisiin on kasvussa. On varmaa, että tulevaisuudessa näitä arvoja tullaan vaatimaan myös normitasolla:

*”Arviolta vuosina 2015 – 2017 Suomen rakentamismääräyksissä tullaan myös ottamaan huomioon eri rakennusmateriaalien valmistuksen aiheuttamat ja rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset. Kotimaisena, paikallisena, uusiutuvana ja ympäristöystävällisenä energialähteenä ja rakennusmateriaalina puu tulee olemaan tässä suhteessa yhä kilpailukykyisempi raaka-aine.” / Markku Karjalainen, puuinfo.fi*

Puukerrostalorakentamisen lisäarvoja, miksi puusta ?	
Lähtökohtaisesti	Saavutettavissa lisäarvoa, jos
<ul style="list-style-type: none"> <li>+ puu materiaalina hyvä lähtökohta energiatehokkaalle ja ekologiselle rakentamisella</li> <li>+ mittatarkkaa rakentamista</li> <li>+ uusiutuva luonnonvara</li> <li>+ puulla pieni hiilijalanjälki</li> <li>+ Suomen metsätase ylijäämäinen</li> <li>+ puu on ympäristöystävällistä tuottaa</li> <li>+ korkea esivalmistusaste tuottaa vain vähän (ei ollenkaan) hukkaa</li> <li>+ keveämpi materiaali on ympäristöystävällisempää ja halvempaa kuljettaa sekä asentaa/nostaa</li> <li>+ rakennusaikainen ympäristörasitus pienempi kuin betonikerrostalolla</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ koko hanke suunnitellaan joka osa-alueella elinkaarikustannuksien kautta</li> <li>+ mm. lämmöneristysvaatimukseen, lämmitysjärjestelmiin (lämmön talteenotto), aukkoihin, sähkön- ja vedenkulutukseen kiinnitetään huomiota</li> <li>+ elinkaarikustannuksia tarkkaillaan ja ne otetaan huomioon suunnittelussa koko rakennuksen käyttöiälle</li> <li>+ otetaan huomioon myös ylläpidon- ja käytönaikaiset ympäristörasitteet</li> </ul>

**Taulukko 3.** Puukerrostalorakentamisella saavutettavia arvoja.



Puukerrostalorakentamisessa voidaan saavuttaa useita etuja verrattuna betonirakentamiseen. Monet näistä eduista vaativat osaamista, jotta ne saadaan hyödynnettyä mahdollisimman hyvin. Etujen saavuttamiseksi on siksi jo varhaisessa vaiheessa otettava huomioon puukerrostalorakentamiselle ominaisia piirteitä. Näitä etuja saavutetaan mm. huolellisella ääni- sekä paloteknisellä suunnittelulla sekä ennen kaikkea energiasuunnittelulla.

Puukerrostalon energiatehokkuudelle ja elinkaarikustannuksille on heti alkuun asetettava selkeät tavoitteet. Puulla itsessään on pieni hiilijalanjälki. Energiatehokas elinkaarisuunnittelu tulee ulottaa koko rakennuksen käyttöiälle ja se on otettava huomioon jo varhaisessa vaiheessa, luonnossuunnittelussa. Tähän on hyvä käyttää arkkitehdin apuna aiheeseen erikoistunutta asiantuntijaa.

Puukerrostaloissa asuvien ihmisten kokemukset ovat erittäin hyviä, niin hiljaisuuden kuin ilmanlaadunkin suhteen. Kysyttäessä yleensä suomalaisilta kansalaisilta mielikuvia puukerrostalorakentamisesta, oli 83%:lla positiivinen mielikuva ja usko puukerrostalojen yleistymiseen vahva (TEM, Puuinfo, Tekes jne, kansalaiskeskustelu, 2012).

Puunkäyttö tukee biotaloutta ja se on ainoa uusiutuva rakennusmateriaali. Käytettäessä suomalaisissa metsissä kasvanutta puuta, tuottaa puukerrostalojen rakentaminen välillisesti töitä sekä usealle eri mekaanisen metsäteollisuuden palveluille että sitä palvelevalle toimialalle.

Puulla materiaalina on hyvät lähtökohdat kestävän kehityksen mukaiselle rakentamiselle. Kun tämä toimintamalli toteutetaan rakennuksen elinkaarelle, saavutetaan energiataloudellisestikin paras lopputulos.

### 2.3 Puurakentamisen riskejä

Puukerrostalorakentamiseen liittyy usein tietämättömyyttä, ennakkoluuloja ja epäilyksiä. Puu materiaalina asettaa erilaisia vaatimuksia rakentamiseen kuin betoni. Puun erityisominaisuudet tulee huomioida koko hankkeen elinkaaren ajan, jotta saavutetaan onnistunut lopputulos. Hankkeeseen liittyvien riskien tiedostaminen on välttämätöntä niiden hallitsemiseksi. Puukerrostalorakentamiseen sisältyy sekä teknisiä riskejä että kustannusriskejä. Tekniset riskit liittyvät suunnitteluun, rakentamiseen sekä pitkäaikaiskestävyyteen ja kustannusriskit hankkeen rakennuttamiseen, toteutukseen ja ylläpitoon.

Puukerrostalorakentamisen riskejä	
Teknisiä riskejä	Toteutukseen liittyviä riskejä
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ääneneristys</li> <li>- paloturvallisuus, palotekniikka</li> <li>- rakennusfysikaaliset ominaisuudet (mm. kosteus, tiiveys)</li> <li>- jäykistys</li> <li>- puurungon painuminen</li> <li>- rakennusaikainen sääsuojaus</li> <li>- rakennettavuus / detajiiikka</li> <li>- Talotekniikan toteuttaminen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hankkeen budjetointi</li> <li>- kustannusten arviointi ja kustannusohjaus suunnitteluvaiheessa</li> <li>- tarjouskilpailun epäonnistuminen</li> <li>- osaamattomuuden aiheuttama ylihinnoittelu tarjouksissa</li> <li>- toimittajien vähyyys rajoittaa kilpailuttamisen mahdollisuuksia</li> <li>- erilaiset toteutusmallit vaikeuttavat tarjousten vertailua keskenään</li> </ul>
Riskien hallintakeinoja	
<ul style="list-style-type: none"> <li>+osaavien suunnittelijoiden hankkiminen</li> <li>+riittävän laaja suunnittelutiimi jo hankkeen luonnossuunnitteluvaiheessa</li> <li>+eri suunnittelualojen saumaton yhteistyö</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+huolellinen hankesuunnittelu ammattitaitoisten konsulttien kanssa</li> <li>+hyvän hankintamallin valinta</li> <li>+hyvä alan tuntemus</li> </ul>

**Taulukko 4.** Puukerrostalorakentamisen riskejä ja niiden hallintakeinoja.

Puurakentamisen kehityksessä on ratkottu paljon teknisiä ongelmia. Teknisiin riskeihin liittyvät ongelmat on suunnittelun ja turvallisuuden osalta pitkälti ratkaistu. Rakennusaikainen kosteudenhallinta pystytään toteuttamaan esim. suojateltan avulla. Paloturvallisuus on tärkeässä roolissa puukerrostalossa, mutta vaaditun sprinklauksen sekä laadukkaan suunnittelun ansiosta on turvallisuuden taso jopa korkeampi kuin betonikerrostalossa.

Ääneneristävyyteen ja rakenteiden värähtelyyn löytyy toimivia liitos- ja rakenneratkaisuja. Koko rakennuksen elinkaaren aikaisiin rakennefysikaalisiin asioihin pitää kiinnittää myös erityistä huomiota, niin suunnittelussa kuin rakentamisessa ja sen valvonnassakin.

Taloudellisia riskejä on ratkottu myös jo monilta osin, mutta vielä on myös kehitettävää. Rakennusliikkeiden ja rakennuttajien tulisi löytää hyviä tapoja hallita edellä mainittuja riskejä. Tämä voi tapahtua esim. sopivan hankemuodon tai kumppanuuden kautta. Riskien hallinnassa auttaa myös ammattitaitoisten puurakentamista tuntevien konsulttien hankkiminen hankkeen alkuvaiheessa.

Rakentamiseen liittyvistä riskeistä suurimpia ovat vielä kokemuksen puute, vakioratkaisumallien puuttuminen ja osaamattomuus.

Taloudellisena riskinä kustannusten vaikea arviointi vaikeuttaa rakennuttajan ja tilaajan osalta hankkeen kustannussuunnittelua ja suunnittelun kustannusohjausta. Olemassa oleva puukerrostalorakentamisen kustannustieto on vielä vähäistä. Tämän takia hankkeen saamiseksi kustannusraameihin kannattaa tilaajan vielä nykyisin varautua suunnitteluvaiheessa ylimääräiseen tarjous- ja muutuskierrokseen.

Käyttöaikaan liittyviä riskejä ovat vesivahingot, rakenteiden fysikaalinen toimivuus nykyisin vaatimuksin ja kehittyvien vaatimusten mahdollisesti aiheuttamat ongelmat, sekä rakenteiden ja rakenneosien pitkäaikaiskestävyys.

Vesivahingot ovat erityisesti puurakentamisessa esille nostettu riski, vaikka sama riski on olemassa myös betonirunkoisissa rakennuksissa. Puurakennusten kosteudenhallintaan tuleekin kiinnittää erityistä huomiota. Samalla kehitystyössä on kiinnitetty huomiota myös vahinkojen rajoittamisen mahdollisuuksiin.

Tulipalon sattuessa sprinklaus kastelee rakenteita. Tällaisen vesivahingon syntyminen voidaan lähes täydellisesti estää käyttämällä korkeapainesumuspinklausta ja tekeillä asunnoista/huoneista rakenteellisesti veden leviämistä rajoittavia altaita.

Puun pitkäaikaiskestävyyttä materiaalina ja puurakenteiden ja puupintojen vaatimaa huoltoa ja kunnostusta pidetään käytönaikaisena riskinä. Tässä tulee kuitenkin huomioida, että puukerrostalo ei tarkoita aina automaattisesti julkisivun puuverhousta ja puuverhous ei ole sama kuin puukerrostalo. Puun materiaaliominaisuudet tulee huomioida jo hankkeen suunnittelun alussa. Suunnittelu- ja materiaaliratkaisut tulee tehdä käyttäjän tarpeet ja materiaalien ominaisuudet huomioiden.

## 2.4 Kustannustekijät

Puurkerrostalon vs. betonitalon kustannuserot muodostuvat pääosin seuraavista asioista:

Kustannusedut:

- + Nopeampi rakennusaika
- + Keveämmät rakenteet

Kustannuslisät:

- Sprinklaus
- Sääsuojaus
- Pienempi tehokkuus  $E = \frac{hum^2}{kem^2}$  -> vähemmän myytäviä m<sup>2</sup>

- Suunnittelukustannukset

Puukerrostalon tuotantokustannukset ovat tällä hetkellä kokonaisuutena korkeammat, kuin betonirunkoisen talon. Kokemus puukerrostalorakentamisesta rajautuu vielä tällä hetkellä melko pienelle osalle alan toimijoista. Kokemuksen puute puukerrostalorakentamisesta aiheuttaa kustannusten nousua hankkeen eri vaiheissa. Riskien vaikea hahmotettavuus, kokemuksen puute, sekä suoritteiden ja menekkien vaikea arvioiminen johtaa helposti ylihinnoitteluun tarjousvaiheissa. Toimittajien rajallinen määrä ja ratkaisumallien toimittajakohdaiset erot, sekä toteutettujen kohteiden vähäisyys ovat estäneet vielä asioiden vakiintumisen. Asioiden vakiintuminen tehostaa rakentamista, nopeuttaa ratkaisujen kehitystä, lisää kilpailua ja tuo rakentamiseen kustannustehokkuutta.

Teknisellä puolella kustannuksia nostaa palavan runkomateriaalin mukanaan tuoma pakollinen sprinklaus. Sprinklaus on myös panostamista parempaan asumisen turvallisuuteen, minkä tulisi nostaa asuntojen myyntihintaa. Jotta mahdollisesta onnettomuustilanteesta päästäisiin mahdollisimman pienillä vaurioilla ja korjauskustannuksilla, olisi sprinklerijärjestelmäksi suositeltavaa valita korkeapainesumuspinklaus. Tällöin sprinklerin laukeamisen aiheuttamat vesivahingot jäävät mahdollisimman pieniksi.

Erityisryhmien asumiseen tarkoitettuihin kerrostaloihin on tullut suositukseksi asentaa automaattinen sammutusjärjestelmä. On myös mahdollista, että automaattista sammuusjärjestelmää vaaditaan jo kaavamääräyksessä. Erityisryhmien asumisen rakennuksissa sprinklaus ei siis tuo lisäkustannuksia.



**Kuva 1.** Sprinklaus on pakollinen kaikissa yli kaksi kerroksissa puukerrostaloissa.

Puurakentamisen kustannuksia nostavaksi tekijäksi mielletään yleisesti rakennusaikainen kosteudenhallinta, sääsuojaus ja puurakenteen kosteudenkestävyys. Rakenteiden rakennusaikainen kastuminen on puurakentamisessa merkittävä riski, joka tulee huomioida koko rakentamisen prosessissa. Työmaalla sääsuojaus voidaan hoitaa teltalla tai elementtikohtaisella suojauksella. Teltta nostaa rakentamisen hintaa, mutta parantaa samalla laatua, sekä estää kosteusvahinkojen riskiä. Teltta myös tasoittaa ääriolosuhteita (kylmyyttä, kuumuutta...), jolloin työskentelyolosuhteet paranevat ja työtehonnousee. Kustannuksia betonirunkoisiin taloihin vertailtaessa tulisi huomioida, että hieinan paremmin kosteutta kestävien betonirunkojen rakennusaikainen kastuminen tulisi myös estää. Kosteusongelmat ovat aina ikäviä ja kalliita, materiaalista riippumatta.



**Kuva 2.** Puukerrostalon sääsuojausta. Kohteessa käytössä Gibson Tower, jossa yhdistyy sääsuojaus sekä nostokalusto.

Puurakentamisessa teollisella esivalmistuksella saadaan tuotettua kustannustehokkaasti korkealaatuisia komponentteja kuivissa tuotantotiloissa. Rakentamisen kuivaketjun toimivuus tulee varmistaa tehtaalla, varastoinnissa, kuljetuksessa ja työmaalla. Tällöin saavutetaan nopea rakentamisaika, korkea laatu ja vältytään rakennusaikaisen kosteuden aiheuttamilta ongelmilta.

Kuivumisaikojen puuttuminen tulisi pystyä työmaavaiheessa hyödyntämään tehokkaana sisätyövaiheen aikataulutamisella ja töiden yhteensovittamisella. Puuelementtien asentaminen on itsessään nopeaa ja sen lisäksi työmaalla päästään vähäisten tai olemattomien betonivalujen vuoksi pintatöihin betonikerrostaloa huomattavasti nopeammin. Eri sisätyövaiheita tehdään samanaikaisesti, joten mm. aliurakoitsijoiden hallinta on tärkeää.

Nopea töiden eteneminen ja lyhyempi työmaa-aika tuo rakentajalle säästöjä työmaan yleiskuluissa, sekä tuottaa rakennuttajalle säästöä rahoituskuluihin ja nopeuttaa investoinnin tuottoa. Pääoma sitoutuu kohteeseen kiinni lyhyemmäksi aikaa kuin betonikerrostalossa. Nopeudella saadaan lisäksi etua mm. aikaistuvilla vuokratuotoilla vuokratalokohteissa.

Puukerrostalon suunnittelukustannukset ovat korkeammat kuin vastaavan betonirunkoisen rakennuksen. Kokemattomuus ja vakiintuneiden käytäntöjen puuttuminen voi nostaa suunnittelukustannuksia. Tähänastisissa hankkeissa on osittain tehty kehitystyötä ja ideointia puurakenteiden kehittämiseksi.

Puukerrostalohankkeeseen tulee rakennuttajan harkita palkkaavansa laajempi suunnitteluryhmä jo hankkeen luonnosvaiheessa, jotta saadaan huomioitua kaikki puurungon asettamat uudet vaatimukset ja ohjattua suunnittelua tehokkaasti hyvään lopputulokseen.

Osaltaan suunnittelukustannuksia korottaa osajien rajallinen määrä. Lisäksi viranomaiset edellyttävät usein puukerrostalohankkeiden suunnitteluun ulkopuolisen, kolmannen osapuolen, tarkastajan käyttöä.

Puu materiaalina on kevyempää kuin betoni. Tästä keveydestä saadaan etua erityisesti perustusten kustannuksissa. Riippuen rakennuspaikasta, kustannussäästöt voivat olla hyvinkin suuria. Mm. huonolla maapohjalla paalujen määrä voi olla huomattavasti pienempi. Nostokaluston kapasiteettitarve on pienempi puuelementtejä asennettaessa, mikä tuo myös kustannussäästöä.

Rakennusoikeuden käytön tehokkuus on heikompi puukerrostaloissa kuin betonitaloissa. Tämä johtuu paksummista väliseinärakenteista ja kantavien rakenteiden suuremmasta määrästä. Väliseinäpaksuuksien kompensoinnista tulee hyvissä ajoin sopia viranomaisten kanssa, jotta yli 200mm paksuille huoneistojen välisille seinille voidaan hakea rakennusoikeuden ylitystä vähäisenä poikkeuksena.

Puukerrostalojen kilpailukyky	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 krs talot -&gt; puu halvempi kuin betoni</li> <li>• 2 krs talot -&gt; puu samanhintainen kuin betoni</li> </ul>	
3 – 8 krs talot	
Lisäkulut puu vs. betoni	Säästöt puu vs betoni
+ Sprinklaus 50-60 €/m <sup>2</sup>	- Rahoituskulut 50-60 €/m <sup>2</sup>
+ Tuplarakenteet -> huoneistoala 60-75 €/m <sup>2</sup>	- Työmaan yleiskulut 70-100 €/m <sup>2</sup>
+ Rakenteet 0-100 €/m <sup>2</sup>	- Nopeampi vuokra/pääomantuotto 60-80 €/m <sup>2</sup>

**Taulukko 5.** Kustannustekijöiden vertailua puu- ja betonikerrostalossa. [Lähde, Stora Enso]

Suunnittelussa huomioitavia (kustannus)tekijöitä on esitelty tarkemmin kohdassa 4.1.

### Haastateltujen ajatuksia kustannuksista

Rakennuttaja :

*10-15% tuotantohinnoissa betonitaloa kalliimpi. Hintaeroa pystyy siirtämään osittain myyntihintoihin, mutta ei kokonaan.*

Tuoteosatoimittaja :

*Vertailu on vaikeaa sillä optimaaliset talot ovat erilaiset. Arvio kustannuserosta tällä hetkellä 10-15% betonirakennuksen hyväksi.*

Rakennusliike :

*Sprinklaus +100€/as-m<sup>2</sup>*

*Teltta + 100€/as-m<sup>2</sup> (tuo säästöjä nostinkuluissa ym → kokonaisvaikutus n. +50 €/as-m<sup>2</sup>)*

*Runko +100€/as-m2  
Suunnittelukulut +100€/as-m2  
Kustannuksia säästäviä tekijöitä:  
Nopea rakentamisaikataulu -100 €/m2*

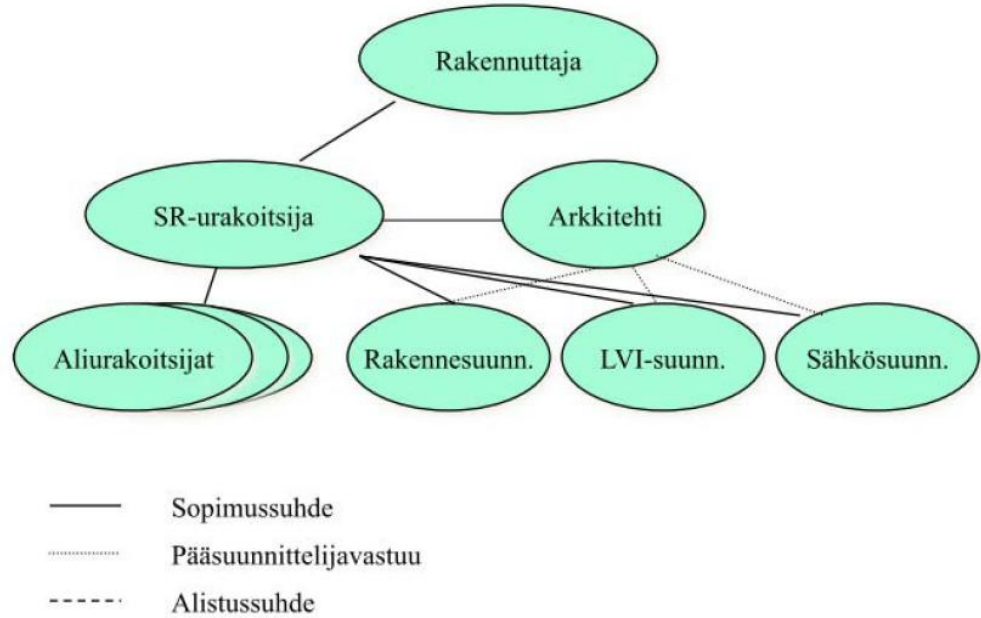
### 3 Hankintamuodot

Hankemuodon valinta on tärkeä tekijä puukerrostalohankkeen onnistumisen kannalta. Hankkeen toteutusmuoto tulee suunnitella jo hankkeen alkuvaiheessa. Projektin toteutusmuotoa valittaessa tulee huomioida oman organisaation osaaminen ja käytössä olevat resurssit. Puukerrostalohankkeen toteutusmuotoa valittaessa on huomioitava puukerrostalorakentamisen kehitysvaihe ja siitä johtuvat koerakentamislunontaisen projektin asettamat vaatimukset. Tämän lisäksi on kilpailuttamisen onnistumiseksi huomioitava myös markkinoilta saatavat palvelut ja toimittajien määrä valittavalle toimitustavalle. Hankkeen toteutusmallin päättämisen jälkeen voidaan projektioorganisaatio rakentaa valitun hankintamuodon mukaisesti.

#### 3.1 Urakkamuodot

Urakkamuoto määrittää olennaisesti hankkeen riskien ja vastuiden jakautumisen. Puukerrostalorakentaminen on kehitysvaihetilassa ja tämän takia moni rakennuttaja haluaisi tilata toimituksen mahdollisimman kattavana. Tällöin vastuut ja riskit toimituksesta jäisivät mahdollisimman suurelta osin toimittajan ja urakoitsijan vastuulle. Kokonaispalvelun ostaminen ei yleensä kuitenkaan ole kustannustehokkain tapa rakennuttaa hanke. Kokemuksen kasvaessa ja osaamisen lisääntyessä ratkaisumallit vakiintuvat sekä alan toimijoiden määrä kasvaa. Kehityksen edetessä myös hankintamuodot, joissa rakennuttajalla on suurempi osuus hankkeen toteutuksessa, todennäköisesti lisääntyvät.

**3.1.1 KVR / ST (Suunnittele ja toteuta)**



**Plussat ja miinukset puukerrostalon rakennuttajan kannalta**

- + Rakennuttaja saa kilpailuksessa onnistuessaan useita hyviä ehdotuksia tilatarpeensa ratkaisemiseksi
- + Kustannusraami on hankkeessa hyvin hallinnassa kokonaishinta-menettelyn ansiosta.
- Laatutason määrittäminen oikein ja yksiselitteisesti sopimusvaiheessa voi olla haastavaa ja myöhemmät muutokset tai tarkennukset kalliita
- Kilpailutusmenettely voi olla raskas rakennuttajalle

KVR-urakka eli kokonaisvastuurakentaminen tarkoittaa sopimusjärjestelyä, jossa urakoitsija huolehtii sekä kohteen suunnittelusta että urakkakokonaisuuden toteuttamisesta. Tilaajalle luovutetaan toisin sanoen urakoitsijan suunnittelema ja toteuttama kokonaisuus. Tilaaja on sopimussuhteessa KVR-urakoitsijaan, joka vastaa urakan suunnitelmien ja toteutuksen muodostamasta kokonaisuudesta. Mahdolliset kolmannet osapuolet, kuten suunnittelijat ja aliurakoitsijat, ovat sopimussuhteessa KVR-urakoitsijaan, joka vastaa myös kolmansien osapuolten työstä kuin omastaan.

Etuna tässä hankemuodossa on selkeä vastuunjako ja sen hyvä soveltuvuus toteutusmalliksi pienelle rakennuttajaorganisaatiolle. Hankkeen kustannukset on selvillä pitkälti jo aloitusvaiheessa. Haasteena on tarjouskilpailusääntöjen laadinta, tarjousten oikea vertailu ja laatutason määrittely. Tarjouksen tekeminen vaatii urakoitsijalta suurta työmäärää, mikä rajoittaa kilpailun toteutumista. Tilaajan mahdollisuudet vaikuttaa rakentamisvaiheessa projektiin ovat vähäiset.

**3.1.2 Ranskalainen urakka eli käännteinen kilpailutus**

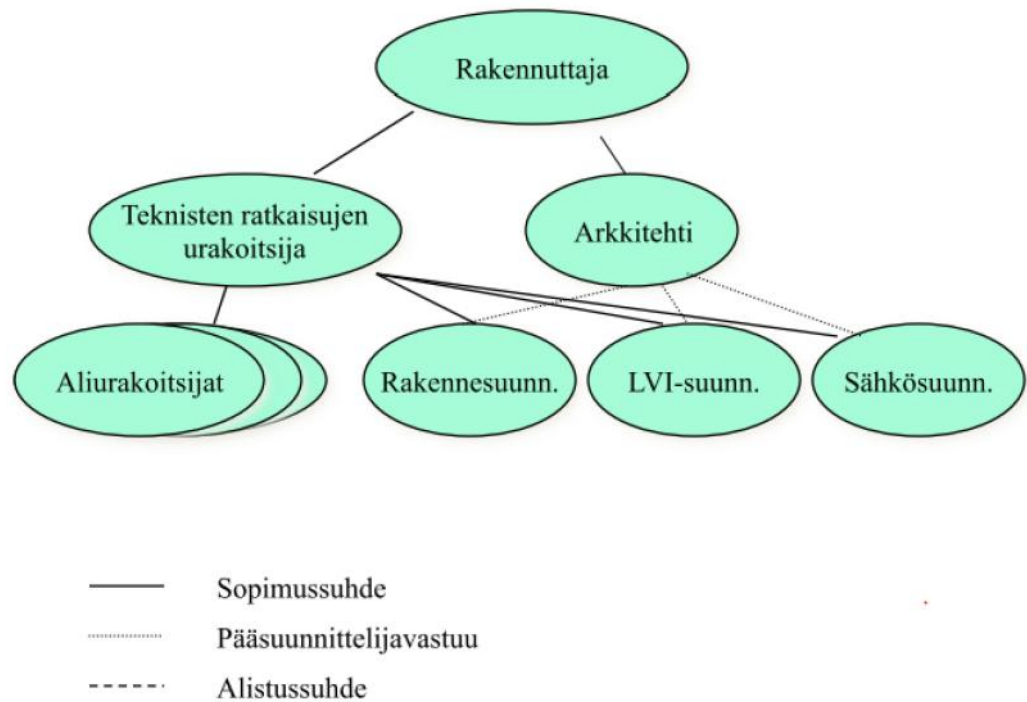
Käännteisessä urakassa asetetaan hinta tai hintahaarukka tehtävälle hankinnalle ja tarjoaja esittää toteutusratkaisun asetettujen raamien mukaisesti. Urakkakilpailun onnistuminen vaatii hyvää markkinatietoutta, jotta asetettu hankintahinta on mahdollisimman



oikea kyseiselle hankinnalle. Väärin asetettu hinta johtaa epäonnistuneeseen kilpailuttamiseen. Tarjoaminen vaatii tarjoajalta suurta työmäärää, joka saattaa muodostaa kilpailuttamiselle esteen. Tarjousten vertailu ja laatutason varmistaminen on haastavaa. Tässä urakamallissa tilaaja saa onnistuessaan useita hyviä suunnitelmavaihtoehtoja tarpeensa tyydyttämiseksi.

Sopimussuhteet ja vastuut jakautuvat samalla tavalla kuin KVR-hankkeessa.

### 3.1.3 Teknisten ratkaisujen urakka

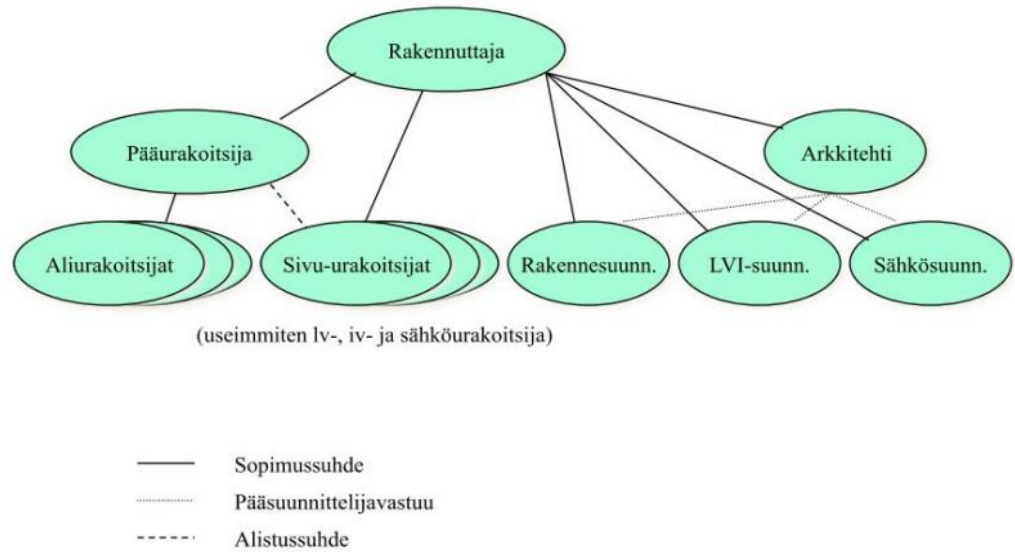


#### Teknisten ratkaisujen urakan plussat ja miinukset puukerrostalon rakennuttajan kannalta:

- + Yksi sopimus ja kiinteä hinta sopimuksen mukaiselle sisällölle, pois lukien pääsuunnittelun kustannukset
- + Rakennuttajalla mahdollisuus päästä vaikuttamaan suunnitteluprosessiin ja päätöksisiin Teknisten ratkaisujen urakoitsijan valinnan yhteydessä.
- + Osaamisen lisääntymisen ja hyödyntämisen mahdollisuus, mikäli tilaajalla/rakennuttajalla on mahdollisuus olla tiiviisti rakentamisprosessissa mukana
- Suunnittelun ja ratkaisun ohjaukseen vaaditaan rakennuttajalta resurssi koko projektin keston ajan

Teknisten ratkaisujen urakassa pääsuunnittelija on sopimussuhteessa suoraan tilaajaan. Tilaaja teettää hänellä yleissuunnitelman eli toiminnallisen ja visuaalisen ratkaisun ja laadituttaa asiantuntijoillaan tekniset vaatimukset. Urakoitsijat tarjoavat osaamisensa perustuen rakenne- ja talotekniset ratkaisut ja hinnan. TR-muoto sopii toisaalta kohteisiin, joissa vaatimukset ovat yksinkertaisia, kuten asuinrakennuksiin ja toisaalta teknistä innovatiivisuutta vaativiin kohteisiin. TR-muodossa kumpikin osapuoli tekee sen osuuden suunnittelusta, johon hänellä on kiinnostus ja osaaminen (tilaaja yleisratkaisun ja urakoitsija teknisen ratkaisun). (Kiiras, 2014)

**3.1.4 Jaettu urakka**



**Jaetun urakan plussat ja miinukset puukerrostalon rakennuttajan kannalta:**

- + Rakennuttajan puurakentamisen osaamisen lisääntymisen ja hyödyntämisen mahdollisuus tässä suurin, voittaja opettaa urakan yhteydessä tilaajalle oman järjestelmäratkaisunsa
- + Pääurakoitsija ei laske katetta sivu-urakoitsijan toimitukselle, koska hankinta ei tapahdu pääurakoitsijan kautta
- Suunnittelun, ratkaisun ja sivu-urakoitsijoiden ohjaukseen vaaditaan rakennuttajalta resurssi koko projektin keston ajan
- Aikatauluviiveet ja virheet sivu-urakoitsijoiden työssä voivat pääurakoitsijan vaatimuksiin rakennuttajaa kohtaan
- Pääurakoitsija voi laskea hankemallille riskilisää, sillä kaikki urakan palaset eivät ole omassa käsissä.

Jaettu urakka vaatii rakennuttajalta laajaa organisaatiota tai ostettua rakennuttajapalvelua. Lisäksi jaettu urakka vaatii rakennuttajalta suurta ammattitaitoa ja asiantunte-  
 musta. Hanke jaetaan useisiin osiin ja rakennuttaja tekee hankinnat erikseen tehdyn  
 jaon mukaisesti. Sopimussuhde syntyy rakennuttajaan jokaisesta urakasta. Vastuu on  
 jaettu kullekin urakoitsijalle. Rakennuttaja määrittelee pääurakoitsijan ja alistussuhteet.  
 Rakennuttaja vastaa töiden yhteensovituksesta.

Hanke vaatii rakennuttajalta suurta työmäärää valmisteluvaiheessa. Urakkarajat ja ura-  
 koiden sivuveloitteet on saatava määriteltä täsmällisesti. Jaettu urakka on hyvin hoi-  
 dettuna ja onnistuessaan kustannustehokas hankintatapa. Rakennuttajalle jää riski  
 urakoitsijoiden taloudellisista ja teknisistä vaikeuksista.

**3.1.5 Projektinjohtourakka**

Projektinjohtourakassa tilaaja toteuttaa hankkeen joko kokonaan tai osittain omalla  
 projektinjohdolla, tai täydentää organisaatiotaan rakennuttaja- tai projektinjohtokonsul-  
 teilla. Työmaan johtaminen voidaan hoitaa itse tai ostaa hankintana.

Puukerrostalohankkeissa tätä on käytetty niin, että rakennuttaja on hankkinut pääura-  
 koitsijan tekemään maanrakennus- ja perustustyöt. Puurunkotoimitus on hankittu tila-  
 elementtitoimittajalta tuoteosakauppana, jossa toimittaja on vastannut elementtien

suunnittelusta, valmistuksesta ja asennuksesta. Pääurakoitsija on huolehtinut työmaapalveluista, työnjohdosta ja aikataulutuksesta. Tämä on koettu toimivaksi toteutusmalliksi rakentamisen osalta. Tällaisessa hankintamuodossa rakennuttaja ja puuosatoimittaja ovat kehittäneet suunnittelua tiiviissä yhteistyössä hankkeen hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi. Puuosatoimittajaa ei ole kilpailutettu kohdekohtaisesti, vaan se valitaan tällöin neuvottelumenettelyllä.

Projektinjohtourakkamallissa tulee urakka- ja vastuurajat olla tarkasti sovittuna, jotta vältetään ongelmilta.

### 3.1.6 Allianssimalli

Ei sovellu yleisesti asuntokohteisiin. Normaalisti asuntokohteiden koko liian pieni toteuttavaksi allianssimallilla.

#### Haastateltujen ajatuksia hankintamuodoista

Rakennuttaja :

*Allianssimalli sopii erittäin suuriin hankkeisiin, joissa suunnitteluratkaisuilla voidaan vai-  
kuttaa paljon lopputulokseen. Asuntorakentaminen on tiukkaan säädelyä ja ei siksi  
sovi allianssin lähtökohtiin.*

Urakoitsija :

*Tilaa KVR:nä! Älä suunnitteluta itse! KVR-urakkamuotoa käytetty ja käytetään jatkos-  
sakin. Ratkaisujen ohjaus saadaan pidettyä omissa käsissä. Hankkeet eivät ole työtä  
kummempaa.*

## 3.2 Kilpailutus

Puukerrostalohankkeen kilpailuttamisessa tulee ensin ratkaista hankintamuoto. Hankintamuoto tulee valita kohteen erityispiirteet ja rakennuttajaorganisaatio huomioiden. Toteutusmuoto vaikuttaa kilpailuttamismahdollisuuksiin. Jotta kilpailuttaminen on mahdollista, on jo tässä vaiheessa tiedostettava, millaisia palveluntarjoajia markkinoilla on. Hankintamuodon valinnan jälkeen päätetään, millaisilla runkoratkaisuilla kohdetta halutaan kilpailuttaa. Nämä asiat olisi tärkeää päättää jo hankkeen alkuvaiheessa, koska ko. päätökset vaikuttavat kohteen suunnitteluun ja siihen millaiselle tasolle suunnitelmat kannattaa viedä ennen kilpailutusta ja runkovaihtoehdon lopullista valintaa. Jotta kilpailutus eri runkovaihtoehtojen välillä pystytään tekemään mahdollisimman tasapuolisesti pitäisi suunnitelmat tarjouspyyntövaiheessa olla vielä melko karkealla tasolla. Tällöin laatutaso tulee määritellä rakennuselosteissa ja urakkatarjouspyyntöasiakirjoissa.

Aikataulussa laskenta-aikaa pitää puukerrostalohankkeelle varata enemmän, kuin betonitaloille. Puukerrostalotarjouksen tekeminen on myös tarjoajille hitaampaa, kuin betonitalojen, koska yleinen kustannustietous on heikkoa ja jälkilaskentatietoja ei puurakentamiseen löydy samalla tavalla kuin betonitaloille. Hintaa joudutaan hakemaan ennakkotarjouspyynnöillä ja yhteistyökumppaneiden kanssa neuvotellen.

Puukerrostalorakentamisessa pieni toimijoiden määrä, erilaiset rakenneratkaisut ja toisistaan poikkeavat toimintamallit voivat helposti johtaa siihen, että tilaaja ei saa tarjouspyyntönsä välttämättä yhtään tarjouspyynnön mukaista tarjousta. Tällöin voidaan joutua muuttamaan tarjouspyynnön sisältöä ja suorittamaan uusintakierros. Tämä asia on

hyvä tiedostaa ja pyrkiä mahdollisuuksien mukaan huomioimaan hanketta valmisteltaessa.

### 3.2.1 Julkinen hankinta

Julkisissa hankinnoissa kilpailuttamismenettely on mietittävä julkisen hankinnan sääntöjen mukaisesti. Yleisesti suositeltava hankintamuoto julkiselle hankinnalle on KVR-urakka. Varteenotettavia toimijoita alalla on rajatusti. Tämän takia perusteltu ja toimiva ratkaisu on rajoitettu menettely.

Rajoitettu menettely on kaksivaiheinen hankintamenettely

#### 1. Hankintayksikkö julkaisee hankinnasta hankintailmoituksen HILMA:ssa

([www.hankintailmoitukset.fi](http://www.hankintailmoitukset.fi)). Ilmoituksen perusteella toimittajat lähettävät hankintayksikölle pyynnön saada osallistua tarjouskilpailuun (osallistumishakemus).

**2. Hankintayksikkö valitsee osallistumishakemuksen jättäneiden soveltuvien tarjoajien joukosta** ne, joille se lähettää tarjouspyynnön. Tarjouspyyntöä ei saa lähettää muille kuin osallistumishakemuksen jättäneille ja kelpoisuusehdot täyttävälle, valituille tarjoajille.

Rajoitetussa menettelyssä hankintayksikkö voi ennalta rajata niiden ehdokkaiden lukumäärää, jotka kutsutaan tarjouskilpailuun. Rajoitetussa menettelyssä ehdokkaita tulee kuitenkin kutsua vähintään viisi. Jos vähimmäisehdot täyttäviä ehdokkaita on vähemmän kuin hankintailmoituksessa on ilmoitettu menettelyyn kutsuttavan, hankintayksikkö voi kuitenkin jatkaa menettelyä kelpoisuusehdot täyttävien ehdokkaiden kanssa.

Tarjoamaan hyväksyttävien ehdokkaiden valinta on tehtävä noudattamalla hankintailmoituksessa esitettyjä ehdokkaiden soveltuvuutta koskevia vaatimuksia sekä objektiivisia ja syrjimättömiä perusteita. Tiettyihin hankintalaissa säädettyihin vakaviin rikoksiin syyllistyneet tarjoajat on suljettava tarjouskilpailusta. Hankinnanvaraiset poissulkemisperusteet ovat rikkomuksia tai laiminlyöntejä, joiden perusteella hankintayksikkö voi sulkea tarjoajan tarjouskilpailusta. Hankintayksikkö voi asettaa myös tarjoajien taloudellista ja rahoituksellista tilannetta sekä teknistä suorituskykyä ja ammatillista pätevyyttä koskevia vaatimuksia. Rajoitetussa menettelyssä ehdokkaita pyydetään jättämään osallistumishakemus myöhemmin käynnistettävään tarjouskilpailuun. Rajattu tarjoajamäärä motivoi tarjouksen tekijöitäkin panostamaan laadukkaaseen tarjouksen laadintaan.

### 3.3 Sopimusehdot ja takuuajat

YSE on yleisesti käytössä ja sitä tulisi käyttääkin. Tilaajan näkökulmasta takuuajat ovat riittävät. Puu runkomateriaalina ei ole aiheuttanut ongelmia takuuajana, tai sen jälkeen. Takuuajaiset korjaukset ovat olleet vastaavia kuin betonirunkoisissa taloissa.

Työnaikaisen kosteudenhallinnan onnistuminen on tuottanut jopa riskittömämmän talon kuin normaali betonirunkoinen rakennus. Piileviä kosteusvahinkoriskejä ei jää valmiiseen rakennukseen, kun suojaukset on suunniteltu ja toteutettu huolella.

#### Haastateltujen ajatuksia sopimusehdoista

Rakennuttaja :

*Jos paljon YSE:stä poikkeavia, niin tunnet sen hinnassa.*

*2v – ok, tarpeeksi pitkä aika olkoon puuta tai betonia, tärkeää on miten valvoo, valvonta on tärkeämpää kuin turhan pitkä takuuajana*

*10v – vesikatolle*

*Myöhästymissakot korkeammat kuin YSE.*

*Erikoisvalvojat (LVI, sähkö ja automaatio (ulkoistettu)).*

Tuoteosatoimittaja :

*Toimitussisällöstä riippuen RYHT (elementtitoimitus) tai YSE (asennettuna). Muita ehtoja ei käytetä.*

Rakennusliike :

*YSE 1998.*

## 4 Puukerrostalon suunnittelu

### 4.1 Suunnittelussa huomioitavaa

Puukerrostalon arkkitehtisuunnittelusta on valmistunut FWR:n (Finnish Wood Research) teettämä ohje. Ohje on kattava ja tarkoitettu arkkitehdeille suunnittelutyökaluksi. Huomionarvoisia asioita ovat kuitenkin mm. julkisivumateriaalin valinta (tarpeeksi paksua ja mielellään liimapuuta) ja maalaus käsittely sekä betonirakentamiseen verrattuna välipohjan paksumman rakennevahvuuden huomiointi (huonekorkeus noin 3,2 metriä).

Puukerrostalon rakennesuunnittelussa on otettava huomioon samat asiat kuin betonitalossakin, mutta varsinkin äänitekniset ratkaisut vaativat erityisosaamista. Lisäksi palotekniset ratkaisut sekä rakennusfysiikka vaativat erityisosaamista, jopa erillistä konsulttia. Jäykistyksen on jo monia ratkaisuja, mutta mm. ankkuroinnin takia se vaatii erityishuomion verrattuna betonikerrostaloon.

Ääniolosuhteet, paloturvallisuus, rakennusfysiikka ja jäykkyys on huomioitava kaikissa eri rakennetyypeissä. Puukerrostalon rakenteet ovat heterogeenisempia kuin betonikerrostalossa, jolloin kaikki vaatimukset täyttävä rakennetyyppien suunnittelu vaatii erityisosaamista ja rakenteiden tuntemusta. Varsinkin puukerrostalon liitosten suunnittelun tärkeyttä ei voi liikaa korostaa.

Muiden alojen suunnittelu poikkeaa hieman betonikerrostalon suunnittelusta. LVI- ja sähkösuunnitelmien tietomallinnus (3D) on hyvä tehdä puukerrostalokohteessa. Mallinnuksen avulla saadaan törmäystarkastelu tehtyä helposti. Talotekniikan hormien sijoittelu, varsinkin tilaelementein rakennettavassa kohteessa, poikkeaa betonikerrostalon hormien sijoittelusta. Yleistymässä on käytäntö sijoittaa hormit porraskäytävän puolelle, jolloin huollot voidaan toteuttaa menemättä asuntoihin sisään.

Paloa osastoivien rakenteiden läpi vietävien tekniikoiden suunnittelu tuo oman haasteensa mm. välipohjarakenteissa - niihin ei juurikaan vielä ole valmiita ratkaisuja saattavilla. Ko. läpivientien tekemistä ei pidä jättää työmaan vastuulle, vaan rakennesuunnittelijan tulee suunnitella yhdessä muiden suunnittelijoiden kanssa myös nämä kohdat.

Puukerrostalokohteisiin vaaditaan usein suunnitelmien kolmannen osapuolen tarkastaja. Tämä on mahdollinen kustannuslisä, mikä on hyvä huomioida jo hankkeen alkuvaiheessa.

#### 4.1.1 Ääneneristys ja meluntorjunta

Puurakenteisen asuinkerrostalon rakennushankkeeseen liittyy ääneneristys- ja meluntorjuntakysymyksiä, jotka toisaalta ovat yhteisiä kaikille asuinrakennuksilla ja toisaalta koskevat erityisesti puurakentamista. Näitä seikkoja säätelevät valtioneuvoston päätös **993/1992** melutason ohjearvoista ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osa **C1-1998**. Liikenteen aiheuttaman tärinän ja runkomelun huomioon ottamisesta rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa on olemassa VTT:n ohjeita.

Liikenteen aiheuttaman melun, tärinän ja runkomelun torjunnalle asetettavat vaatimukset ovat rakennuspaikkakohtaisia ja ne annetaan asemakaavassa kaavamääräyksiä. Suomessa ei juuri ole kokemusta puukerrostalojen rakentamisesta alueelle, jossa liikenne aiheuttaa tärinää tai runkomelua. Toteutettaessa puukerrostalo tällaiselle rakennuspaikalle tärinän ja runkomelun torjunnan suunnitteluun tulee kiinnittää erityistä huomiota. Liikennemelua koskevat määräykset voivat käsittää parvekkeiden ja pihojen oleskelualueiden meluntorjuntaan liittyviä vaatimuksia sekä rakennuksen ulkovaipalle asetettavia ääneneristysvaatimuksia. Liikennemelualueella rakennettaessa ikkunat ovat tavallisesti ulkovaipan ääneneristävyden kannalta ratkaisevia rakennusosia, sillä niiden ilmaääneneristysluvut tieliikennemelua vastaan  $R_w + C_{tr}$  ovat luokkaa 37...44 dB. Puukerrostaloissa myös ulkoseinärakenne on merkittävä, sillä myös sen ilmaääneneristysluku tieliikennemelua vastaan on 40...50 dB -luokkaa. Kun asemakaavassa on melua koskevia kaavamääräyksiä, niiden toteutumista tulee puukerrostalohankkeessa tutkia riittävän ajoissa ennen rakennusluvun jättämistä.

Huoneistojen väliset ääneneristysvaatimukset koskevat ilma- ja askelääneneristävyttä vierekkäisten ja päällekkäisten huoneistojen välillä. Rakennusosa, johon kohdistuu yleensäkin eniten vaatimuksia, kuten kantavuutta, taipumaa, värähtelyä ja paloturvallisuutta koskevia vaatimuksia, on välipohja. Käytännössä puukerrostalon välipohja on muodostettava useista rakennekerroksista, jotka ovat mahdollisimman joustavasti toisiinsa kytkettyjä. Nämä ovat myös kustannustekijöitä, varsinkin, jos rakennekerroksia on rakennettava runsaasti työmaalla. Viimeaikaiset kansainväliset tutkimustulokset osoittavat, että esim. kelluva lattia ei ole puuvälipohjalta vaaditun askelääneneristävyden saavuttamiseksi riittävä.

Huoneistojen välinen ääneneristävyys perustuu puukerrostaloissa paitsi tiloja erottavien rakennusosien ääneneristävyteen, myös rakennusosien liitoksiin toisiinsa ja niitä sivuaviin rakenteisiin. Pääperiaate on se, että rakenteet eivät saa jatkua yhtenäisinä huoneistosta toiseen, vaan ne on tavalla tai toisella katkaistava. Tämä tarkoittaa myös sitä, että liitosdetaljien suunnitteluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Työmaalla on oltava liitosdetaljipiirustukset, jotka on laadittu niin tarkasti, että rakenteet voidaan niiden mukaan toteuttaa. Toteutusvaiheessa on tärkeää, että huoneistoja erottavien rakenteiden puoliskoja, jotka on tarkoitettu olemaan irti toisistaan, ei kytketä toisiinsa esimerkiksi LVIS-asennuksilla. Siten myös LVIS-asennusten läpivienneistä tulee laatia detaljit. Käytännössä nämä detaljit laatii akustiikkasuunnittelija tai rakennesuunnittelija akustiikkasuunnittelijan opastamana.

#### 4.1.2 Palotekniset ratkaisut

Määräykset ja ohjeet: **E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma**

E1 uudistettiin 15.4.2011, jonka jälkeen on ollut mahdollista rakentaa puurunkoisia ja –verhoiltuja kerrostaloja aina kahdeksaan kerrokseen asti nk. taulukkomitoituksella.

Puukerrostalo kuuluu paloluokkaan P2 tai P3. P3 luokkaan kuuluvat kaksikerroksiset puu(pien)kerrostalot ja 3-8 kerroksiset kuuluvat luokkaan P2.

P2 paloluokassa suunniteltavassa puukerrostalossa on huomioitava mm.:

- yli kaksikerroksissa puukerrostaloissa pitää olla automaattinen sammutusjärjestelmä
- kantavat rakenteet R60
- osastoivat rakenteet EI60
- käytettäville rakennustarvikkeille on omat vaatimuksensa liittyen luokitukseen mm. palon syttymisen ja savukaasujen tuoton kannalta

Sprinklauksen vaatimukset esitetään kahdessa eri standardissa **SFS-EN 12845** ja **SFS-5980**. Vaatimukset automaattiselle sammutusjärjestelmälle määräytyvät kerrosluvun ja käyttötarkoituksen mukaan:

- 3-4 –kerroksinen asuinrakennus -> LH-tason sprinkleri
- 5-8 –kerroksinen asuinrakennus -> OH1-luokan sprinkleri (P2-paloluokka)
- 3-8 –kerroksinen työpaikkarakennus -> OH1-luokan sprinkleri (P2-paloluokka)

Suosittelava sammutusjärjestelmä puukerrostaloon on korkeapainesumusprinklaus (Hi-Fog). Järjestelmän käyttämä vesimäärä on pieni ja sumu levittäytyy huoneeseen kolmiulotteisesti, jolloin se tukahduttaa palon myös esim. pöydän alta. Järjestelmä on turvallisempi ja se kastelee rakenteita vähemmän.

Erillisen palokonsultin palkkaaminen tulee kyseeseen joissakin puukerrostalokohteissa. Palokonsultti on hyvä apu, ellei rakennesuunnittelija osaa varmasti asiaansa ja varsinkin jos halutaan poiketa E1:n taulukkomitoituksista.

P1-paloluokankin puurunkoisia rakennuksia on rakennettu, vaikkei E1 sitä suoranaisesti salli. P1-paloluokan puurakenteinen rakennus on mahdollista rakentaa, jos esim. rakennukseen tehdään toiminnallinen palomitoitus.

Toiminnallisella palomitoituksella voidaan saada myös perustellusti jätettyä puupintoja näkyviin rakennuksen sisäpintoihin, joka ei E1:sen mukaan ole mahdollista. Tämän tekee aina palosuunnitteluun erikoistunut suunnittelija. Ilman toiminnallista palomitoitustakin saadaan rakennettua turvallisia puukerrostaloja ja siihen usein pyritäänkin, mm. kustannusten takia. Toiminnallista palomitoitusta voidaan käyttää myös eri osakokonaisuuksiin, jos esim. porraskäytäviin halutaan jättää puupintaa näkyviin.

Suojaverhouksilla ja sprinklauksella on suuri rooli puukerrostalon paloturvallisuudessa. Muita paloteknisiä ratkaisuja ovat mm. nk. paloräystäät, palokatkot julkisivujen tuuletuksiloissa ja eri palo-osastot. Suunnittelemalla laadukkaasti pystytään toteuttamaan kunkin kohteen palotekniset ratkaisut turvallisesti ja kustannustehokkaasti.



#### 4.1.3 Rakennusfysiikka

Rakennusfysiikan hallinta puukerrostalokohteissa on erittäin tärkeässä asemassa. Rakennuksen toimivuuden kannalta rakennusfysiikka nousee yhdeksi tärkeimmistä aiheista.

Rakennusaikainen sääsuojaus, toimivat rakenneratkaisut, ilmatiiveys (varsinkin liitoksissa), vesivahinkojen seuraukset jne. ovat aiheita, joita joudutaan pohtimaan jokaisen puukerrostalon kohdalla. Osaavan rakennesuunnittelijan tärkeys korostuu tässä kohdalla, sillä ratkaisuihin on suunniteltava hyvin toimivia ja helposti asennettavia. Liitoskohdat on hallittava myös rakennusfysikaalisesti. Lisäksi joka rakennetyypissä ja liitoksessa on otettava huomioon ääneneristävyyden, palotekniikan ja rakennuksen jäykkyyden vaatimukset.

#### 4.1.4 Jäykistys

Puukerrostalojen vaakakuormien siirtoon eli jäykistykseen käytetään seinissä yleisesti esim. levyrakenteita (esim. kipsi-, vaneri- tai CLT -levyt), puisia mastopilareita tai seiiniä. Osana jäykistystä voidaan käyttää myös betonirakenteita, joita usein ovat mm. hissi-kuilut. Jokaisella runkojärjestelmällä on oma jäykistysjärjestelmänsä.

Puukerrostalon paino on vain noin viidesosa betonikerrostalon massasta, jolloin rakennuksen paino ei useinkaan riitä kumoamaan vaakavoimista aiheutuvaa nostetta. Ankkuroitavat voimat voivat olla korkeissa rakennuksissa suuriakin, jolloin ankkurointiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Jäykistäviä seiiniä onkin puukerrostaloissa enemmän kuin betonitaloissa, jotta yksittäiselle jäykistysseinälle tuleva kuorma on hallittavissa myös ankkuroitaessa.

Vaakasuuntaiset tasot välittävät vaakavoimat seinille. Välipohjassa jäykistävinä osina toimivat välipohjien levy- tai laattarakenteet. Yläpohjassa voidaan käyttää myös levyrakenteita, mutta vinositeet ovat myös mahdollisia.

Hyvän jäykistyksen onnistumiseksi on puurakenteissa tärkeää, että jäykistäviä, yhteisiä/aukottomia seiiniä on riittävästi molempiin suuntiin mahdollisimman symmetrisesti. Ko. jäykistävien osien tulisi jatkua ylhäältä alas asti. Nämä asiat tulisi ottaa huomioon jo arkkitehtisuunnitteluvaiheessa, jotta hankalilta ratkaisuilta vältyttäisiin. Rakennesuunnittelussa korostuu liitosten suunnittelu, joissa jäykkyyden lisäksi on saatava palotekniikka, ääneneristys sekä rakennusfysikaaliset ominaisuudet toimimaan kaikki yhdessä.

## 4.2 Kantavat ja täydentävät rakenteet

### 4.2.1 Runkojärjestelmät

Runkojärjestelmistä kattavammin: ”Puukerrostalon rakennusjärjestelmät / Jaakko Länsiluoto / Kouvola Innovation”.

Puukerrostalon rakentamisessa käytetään yleisesti kolmea eri runkojärjestelmää. Jokaisella runkojärjestelmällä on omat niihin erikoistuneet toimittajansa. Toisilla enemmän kilpailua ja toisilla ei juuri ollenkaan. Runkojärjestelmän valintaan vaikuttavat hinnan lisäksi mm. tontti (paikka, koko) ja haluttu arkkitehtuuri.

#### 4.2.1.1 Tilaelementtjärjestelmä



**Kuva 3.** Tilaelementti tuotesatoimittajan tiloissa.

Tilaelementtien tyypilliset enimmäismitat ovat 12 m x 4,2 m x 3,2 metriä. Tilaelementeillä rakennettaessa on suunnittelussa otettava huomioon jo varhaisessa vaiheessa mm. elementtien mittaraja-arvojen asettamat rajoitteet. Arkkitehtuurin tulisi olla tehokasta, jotta tilaelementtien parhaat puolet ja edut saadaan hyvin hyödynnettyä.

Seinien, katon ja lattian lisäksi tilaelementeissä on kaikki valmiina – pintoja, kiintokalusteita, aukotuksia ja talotekniikkaa myöten. Tämän takia jo hankkeen varhaisessa vaiheessa on kaikkien suunnittelijoiden suunnitelmat oltava valmiita ja loppuasiakkaan toiveet mm. pintamateriaaleista selvillä. Jotta kaikki saadaan tilaelementtikokonaisuudessa kohdalleen, itse suunnittelu vie normaalia pidemmän ajan.

Puukerrostalohankkeissa useissa kohteissa tilaelementtien kantavana rakenteena on käytetty CLT-levyä (CLT = cross laminated timber = ristiinliimattua puuta). CLT jäykis-

tää hyvin seinä- ja laattarakenteet, mutta liitostekniikka on kuitenkin suunniteltava tapauskohtaisesti. Tilaelementtejä voidaan tehdä myös pystyrunkorakenteisina tai pilari-palkki -tyyppisellä ratkaisulla. Nämä kaksi tapaa ovat harvemmin käytössä korkeammissa puukerrostaloissa, mutta kaksikerroksisia puukerrostaloja on ainakin rakennettu pystyrunkoisina.

Tilaelementein rakennetussa puukerrostalossa työmaalle tuodaan lähes valmiita asuntoja tai asunnon puolikkaita, mikä säästää työmaa-aikaa. Hyvin suunnitellussa ja kivi- tai puu- tehdasoloissa tehdyssä tilaelementissä on kaikki kohdallaan ja työmaalle jää vain rakenteellisten ja taloteknisten liitosten teko.

Tilaelementtien ulkopuoliset rakenteet, kuten portaat ja parvekkeet voivat olla omia elementtikokonaisuuksiaan, tai ne voidaan tehdä paikalla rakentaen. Liitokset eri elementtikokonaisuuksien välillä tulee ottaa huomioon suunnittelussa, jotta työmaalla toteutetaan vain tehokasta asennusta.

Tilaelementtien suuren koon vuoksi tilaelementtien asennus työmaalla vaatii hieman järeämpää nostokalustoa kuin esim. suurelementtien. Tämä vaikuttaa nostokaluston kapasiteetin lisäksi työmaalla myös logistiikan järjestelyihin.

#### 4.2.1.2 Suurelementtijärjestelmä kantavin seinin

Suurelementtien maksimitat vaihtelevat toimittajakohtaisesti. Seinien osalta voidaan päästä jopa neljätoista metriä pitkiin ja neljä metriä korkeisiin elementteihin. Välipohjaelementtien jännevälit voivat olla maksimissaan jopa seitsemän metriä ja ylikin. Tehokas leveys on reilun kahden metrin luokkaa.

Suurelementtien valmistajia on Suomessa paljon, jolloin kilpailutus on helpompaa kuin esim. tilaelementtiratkaisulla. Myös eri valmistajat ovat erikoistuneet eri tuotteisiin (seinät ja välipohja) ja osa niistä sopii hyvinkin sujuvasti yhteen keskenään.

Kantavana rakenteena seinäelementeissä on usein pystyrunko sekä palkisto. Rakennesuunnittelija määrittelee tarkemmin runkorakenteet ja niiden koot. Pystyrunkoiset seinät jäykistetään kipsi- ja/tai vanerilevyrakenteilla. Suurelementtejä on mahdollista myös tehdä CLT-runkoisina, jolloin CLT-levy toimii niin kantavana kuin jäykistävänäkin rakenteena.

Välipohjassa kantavana rakenteena on palkisto tai CLT. Palkisto voi olla yksinkertainen vasaista tehty laatta tai nk. ripalaatasto. Jäykistys hoidetaan levyrakenteilla.

4.2.1.3 Suurelementtijärjestelmä pilari-palkkirungolla



**Kuva 4.** Pilari-palkki –runko.

**Kuva 5.** Seinäelementtien asennusta.

Kantavalla pilari-palkkirungolla huonetiloista voidaan tehdä joustavampia, sillä kantavia seinälinjoja ei tarvita. Jäykistyksen takia tiloissa kuitenkin tulee olla seinärakenteitakin.

Kantavana runkona toimivat liima- tai viilupuiset pilarit ja palkit, joiden ympärille rakennetaan yleensä suurelementeistä seinät, välipohja sekä yläpohja. Suurelementit ovat lähes vastaavia kuin kantavien seinien järjestelmässä. Ne eivät kuitenkaan välitä rakenteellisia pystykuormia, mutta voivat toimia jäykistävinä, vaakakuormia siirtävinä osina.

4.2.2 Vesikattorakenteet

Runkojärjestelmän lisäksi puukerrostalolla on vesikattorakenteet. Kattorakenteita voidaan tehdä eri valmiusasteisina ja kokoisina elementteinä joko työmaalla tai valmiiksi tehtaalla, mutta myös paikalla rakentaen. Viimeksi mainittu tapa on nykyään enää vähäisessä käytössä.

Kattoelementit voivat olla laattamaisia, ripa-laatta-rakenteisia elementtejä, jotka toimivat parhaiten jopa kymmenen metrin jänneväleille asti. Laattamaisina rakenteina voidaan käyttää myös CLT-levyjä katossa.

Ristikkorakenteisina elementteinä jänneväli voi olla pidempi. Ristikkorakenteilla onnistuvat monimuotoisemmatkin katot. Ristikkokattoja voidaan tehdä elementeiksi tehtaalla tai työmaalla esim. ensin maassa rakentaen noin viiden ristikon elementtejä ja sitten asentaa niitä katolle.

Yksi tapa on myös rakentaa reilun kokoinen (n. 10m x 20m) katto valmiiksi maassa ja nostaa se kattovarusteineen ja pellityksineen rungon päälle.

Variaatioita on monia, joista tässä mainittu muutama. Lähtökohtaisesti mikä tahansa tapa tehdä vesikattorakenteet sopii mille tahansa runkojärjestelmälle. Toimittajakohtaisia tapoja toki on.

#### 4.2.3 Täydentävät rakenteet

Runkojärjestelmien ja vesikatteen lisäksi puukerrostalossa on aina täydentäviä rakenteita. Joskus niiden osuus voi olla arkkitehtuurista riippuen suurikin, niin kustannuksiltaan kuin työmäärältäänkin. Runkojärjestelmää valittaessa on kiinnitettävä huomiota myös arkkitehtuuriin siinä mielessä miten eri järjestelmillä tullaan ratkaisemaan rakennusvaipan ulkopuoliset rakenteet tai muut täydentävät rakenteet.

##### 4.2.3.1 Parvekkeet ja terassit

Runkojärjestelmästä riippumatta parvekkeet ja terassit tulevat lähes aina erillisinä osinaan. Joko ne rakennetaan paikalla tai, hyvin usein, tuodaan työmaalle valmiina elementteinä.

Oli runkojärjestelmä mikä tahansa, on tärkeää, että rakenne- ja elementtisuunnittelussa otetaan huomioon nämä liittyvät rakenteet siten, että asennustyö on tehokasta.



**Kuva 6.** Tilaelementtirakentamista. Parvekkeen laatan asennus käynnissä.

#### 4.2.3.2 Porrashuoneet ja hissikuilut



Puukerrostalon jäykistävien seinien ja vaakarakenteiden lisäksi voidaan porrashuoneita ja hissikuiluja käyttää vaakakuormia perustuksille siirtävinä rakenteina. Nämä rakenteet ovat usein betonirakenteisia, mutta rakenteissa voidaan käyttää myös puuta, jos ne suojaverhotaan vähintään K<sub>2</sub> 30, A2-s1, d0-luokkaan ja ne täyttävät R30 (tai R60, kun palokuorma yli 600MJ/m<sup>2</sup>) vaatimuksen. Puupintaa voidaan jättää näkyviinkin, mutta tämä voidaan toteuttaa vain toiminnallisen palomitoituksen avulla. Porrashuoneet ja hissikuilut ovat elementoituja ja niiden liittymien suunnittelu muuhun rakennukseen on osattava. Varsinkin jos ne ovat betonirakenteisia.

**Kuva 7.** Puukerrostalon puurakenteiset portaat.

#### 4.2.3.3 Märkätilat

Märkätilojen rakenteisiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Jotta rakenteista saadaan täysin toimivia ja varmoja, on rakennusfysiikan tuntemus oltava rakennesuunnittelijalla tässäkin kohtaa hyvin hallinnassa. Puu materiaalina on herkempi kosteusvaurioille kuin betoni, mutta hyvin suunniteltuna riskit saadaan hallittua.

Märkätilaelementit, joissa paikalla ei tehdä mitään betonivaluja, ovat yleistyneet puukerrostalorakentamisessa. Märkätilaelementtien ehdottomia valtteja ovat mm.; työmaanaikaisten kosteustekijöiden väheneminen, hallituissa oloissa tehtyjen elementtien laatu sekä työmaa-ajan säästö.

Märkätiloja paikalla rakennettaessa, on hyvän suunnittelun lisäksi tärkeää työn laatu. Liitosten ja saumakohtien työn jäljen on oltava erityisen laadukasta. Hyvin suunniteltu märkätila on riskitön rakentaa.

### 4.3 Suunnittelun organisointi

Suunnitteluttamisen prosessiin tilaajan kannalta vaikuttaa hankemuoto. Liitteenä oleva tehtävävaihekaavio sekä tilaajan ”checklist” havainnollistavat prosessia.

Hankesuunnitteluvaiheen alussa tarvitaan arkkitehdin lisäksi konsultoimaan eri alojen suunnittelijoita, ellei arkkitehdillä (tai tilaajalla) ole aikaisempaa kokemusta puukerrostalon suunnittelusta. Rakennejärjestelmien eri vaatimukset, talotekniikan järjestyminen, energiatalousasiat sekä ääni- ja palotekniset haasteet on hyvä ottaa huomioon jo varhaisessa vaiheessa. Jos rakennejärjestelmää ei ole heti alussa jo valittu, tulee kohde suunnitella luonnosvaiheessa niin, että se on mahdollista toteuttaa kaikilla runkovaihtoehtoilla. RunkoPES-järjestelmä antaa mahdollisuuden siihen, ettei suunnitelmia tarvitse muokata tarjouskierroksen jälkeen. RunkoPES:n mukaan suunniteltu kohde antaa tarjoajille mahdollisuudet tarjota tasapuolisesti ja kustannustehokkaasti kohteen eri järjestelmillä. Luonnossuunnittelu voi jossain määrin olla haastavaa RunkoPES:nkin kanssa ja pitää ymmärtää, että lopullisen runkojärjestelmän valinnan jälkeen voidaan joutua muuttamaan alkuperäisiä suunnitelmia. Rakennejärjestelmän valinta tulisi tehdä siksi jo mahdollisimman varhaisessa vaiheessa, viimeistään ennen rakennusluvan hakemista.

Suunnittelun organisoinnissa on tärkeää, että eri alojen suunnittelijat keskustelevat riittävästi keskenään. Pienten workshop-tyyppisten palaverien pito tasaisin väliajoin auttaa pitämään koko projektin läpi kaikki suunnittelijat ajan tasalla. Tietomallin tehokas käyttö palaverien lisäksi takaa laadukkaan lopputuloksen. Vaikka palaverihin ja tietomallin tekemiseen kuluu enemmän aikaa, ovat ne laadun sekä kustannusten kannalta hyvä tapa toimia puukerrostaloprojektissa. Hyvin suunniteltu on tehokas rakentaa ja helppo valvoa.

Puukerrostalohankkeisiin vaaditaan lähes poikkeuksetta rakennesuunnittelun osalta kolmannen osapuolen tarkastus.

### Haastateltujen ajatuksia suunnittelusta

Rakennuttaja 1 :

*Arkkitehtiä ei saa päästää yksinään liian pitkälle, pitää ottaa energiasuunnittelija ja rakennesuunnittelija aikaisessa vaiheessa mukaan. Lähtökohta ei ole, mikä on "helpoin", vaan elinkaari mietittävä, koska maksetaan tulevaisuudessa huoltoja, korjauksia.*

*Rakennusfysiikka on osattava.*

*Korkea elementointiaste → hyvin suunniteltu on helppo rakentaa.*

Rakennuttaja 2 :

*Pitää olla puurakenteen tuoteosatoimitus, toimittajalle suunnitteluriski.*

*Selkeät vastuut jo tarjousvaiheessa*

*Vastuunjako päärakennesuunnittelun ja tuoteosasuunnittelun välillä mm. rakennuksen jäykistysratkaisun valinnassa.*

*Suunnittelun vastuuajakotaulukko !*

*Tilaelementtien suunnittelussa kaiken oltava lukittuna hyvin aikaisessa vaiheessa suunnitteluprosessissa, mm. rasiat ja reiät.*

Rakennuttaja 3 :

*Kaikki läpiviennit porrashuoneisiin (ääniongelma huomioitava).*

*Asunnoista mahdollisimman vesitiivis laatikko, vesivahingon rajoittaminen.*

*Puuta pitäisi jättää enemmän näkyviin (määräyksiä muutettava sallivammaksi).*

Tuoteosatoimittaja 1 :

*Tilaelementeillä pitää olla kuukausia ennen aloitusta jo kaikki suunniteltuna -> sopiiko suomalaiseen rakennuskulttuuriin? (v: ei sovi ☺)*

*kantavien rakenteiden tilavaraukset jo ARK suunnittelussa*

*palotekniset rajapinnat (esim. välipohjat märkätilojen kohdalla (huoneistojen välissä))*

Tuoteosatoimittaja 2 :

*Luottamus toimittajaan kehitettävä ja kumppani valittava alkuvaiheessa. Sitouduttava aiesopimuksella tmv.*

*Valmiiden järjestelmien käyttö!*

Tuoteosatoimittaja 3 :

*Ei ole runkojärjestelmää, jolle olisi yleistä tarjontaa olemassa. Siksi, jos runkotoimittaja ei valita ajoissa hankkeeseen, on riski turhan suunnittelutyön tekemisestä.*

Rakennusliike :

*Tilaa KVR:nä! Älä suunnitteluta itse!*

*Suunnittelun aikataulun hallinta ja jaksotus erilainen. Rakennesuunnittelu pitää aloittaa ja tehdä normaalia aiemmin, siltikin helposti "laahaa perässä". Jännemittaraja -5m betonikerrostaloihin nähden (n. 7m vs. n 12m).*



## 5 Rakentamisvaihe

Standardoitu: **SFS 5978: Puurakenteiden toteuttaminen.**

### 5.1 Aikataulutus

Puurakennushankkeen aikataulu hankepäätöksestä rakennuksen käyttöönottoon on tyypillisesti yhtä pitkä kuin betonirakenteisessa talossa. Osittain harjaantumisen puutteen, osittain vakioratkaisujen puutteen ja osittain laajemman suunnittelusällön takia hankkeen suunnitteluvaihe kestää perinteistä hanketta pidempään. Varsinainen rakentamisvaihe on betonirakenteisen talon rakentamisvaihetta lyhempi.

Työmaa-ajan säästö riippuu valittavasta rakennejärjestelmästä ja työmaan ohjauksesta. Tilaelementtirakenteisessa talossa työmaa-aika on saatavissa ennätyskellisen lyhyeksi, koska suurin osa työstä voidaan tehdä jo tilaelementtien valmistusvaiheessa. Toisaalta tilaelementtijärjestelmän suunnittelussa on huomioitava se, että hankkeen suunnittelu on tehtävä detaljitasolle asti täysin valmiiksi ennen tilaelementtien valmistusta. Tämä aiheuttaa suunnitteluajataululle normaalia suuremman haasteen.

Suurelementtijärjestelmällä rakennettaessa työmaan aikasäästön tavoite on saavutettavissa hyödyntämällä kuivatus- ja odotusaikojen lyhyys ja vaiheistamalla työvaiheita tiukemmin päällekkäin. Tiukempi vaiheistus asettaa myös työmaan johdolle kovan vaatimuksen aikataulun suunnittelusta ja seurannasta. Toisaalta etenkin suurelementtijärjestelmällä rakennettaessa aikataulun vaiheistus on sama kuin betonikerrostalossakin, vain vaiheiden kestot eroavat toisistaan.

#### Haastateltujen ajatuksia aikataulusta

Rakennusliike :

*Eriäinen rytmi sisätöissä, sisätöihin päästään 3kk normaalihanketta aiemmin ja useampia vaiheita samaan aikaan menossa. Aliurakoitsijoiden johtaminen tärkeää aikataulun hallinnassa, ettei menetä aikatauluetua.*

*Mm. Kohteessa X käytössä menettely, jossa kokoonnutaan työmaatoimistolle ja jokainen aliurakoitsija asettaa/aikatauluttaa omaa työtään tarralapuilla fyysiselle aikataululle. Tällä saadaan keskinäiset riippuvuudet viestittyä ja sovittua helpoiten.*

Rakennusliike :

*Kohde Y nyt 4 vkoa jäljessä aikataulusta; 2 vkoa elementtituotannosta johtuen ja 2 vkoa työmaasta johtuen.*

*Kohteen aikataulu perustuu 1 vko/talo/kerros tahtiin säävarauksineen. Asennuspäivinä nostettu 2-4- tilaelementtiä. Parhaimmillaan talven kuivilla keleillä vauhti ollut 2 kerrosta/viikko.*

*Kohteen rakentamisaika 13 kk, mikä on 4-6 kk nopeampi kuin perinteisellä tavalla tehtynä. □ säästöt työmaan 8-9 litteroista. Rakennuttajan säästö mm. rahoituskuluissa (tosin nyt korko jopa negatiivinen...). Suurelementtitekniikalla on sama rakentamisnopeus kuin tilaelementtitekniikalla.*

Tuoteosatoimittaja :

*Hankkeen aikataulu suunnittelun alusta sama kuin betonirakenteisella talolla, ellei voida hyödyntää vanhoja suunnitelmia. Normaalisti suunnitteluvaihe n. 6kk pidempi, rakentamisvaihe n. 6kk lyhempi.*

*Toisaalta esim. Kohde 1 ja Kohde 2 nyt: n. 11 kk hankesuunnittelun alusta sisään muuttoon. Vakiotuotanto, hankeajan säästö n. puoli vuotta. Vakiointi rakennustasolle*

*tehostaa eniten!*

*Kohde 3: Suunnittelu elokuussa puhtaalta pöydältä uusiksi -> toukokuussa sisään muutto.*

## 5.2 Kosteudenhallinta

Kosteudenhallintasuunnitelman tulee sisältää koko "kuivaketju" elementtitehtaan valmistuksesta valmiiseen rakennukseen asti.

Puurakennuksen kosteudenhallinnan suunnittelussa ratkaisee paljon päälinjaus siitä, rakennetaanko talo teltassa vai elementtikohtaisella suojausjärjestelmällä. Molemmat suojaustavat ovat hyväksyttäviä ja tehtävissä laadukkaiksi. Koko rakennuksen suojaamisen puolesta puhuu mm. viestinnällinen helppous ja rakentamisen keskeytymättömyys tasaisten työmaolosuhteiden syntymisen kautta. Toisaalta telttasuojausvaatimus aiheuttaa vaikeuksia raskaiden elementtien nostamiselle, eli hankaloittaa erityisesti tilaelementtirakentamista.

Puurakennuksen kosteudenhallinnan lisäksi on suunniteltava mm. betonirakenteiden kuivatus ja työmaan olosuohdehallinta esimerkiksi jatkuvan sisäilman kosteuden- ja lämpötilaseurannan muodossa.

Kosteudenhallinnan checklist rakennuttajalle:

- Vaaditaanko telttasuojaus vai sallitaanko muu kokonaissuojaustapa?
- Elementtitehtaan tuotantoon, tuotannon valvontaan ja elementtitoimitukseen liittyvät asiat:
  - Tuotteiden (runkotavara, villat) kuljetus ja varastointiolosuhteet, oikean käyttökosteuden varmistaminen
  - Elementtien paketoitintapa, puskurituotannon varastointi mahdollisesti ulko-olosuhteissa
  - Säilytyspakettien kondenssikosteuden hallinta
  - Erityiset kuljetuksen aikaiset suojaustavat
- Työmaan toteutukseen liittyvät asiat:
  - Asennuksen olosuohderajat (tuuli ja sade) asennus- ja kosteudenhallintasuunnitelmaan
  - Rakennuksen sisäilmaolosuhteiden hallinta
- Vastaanottoon/luovutukseen liittyvät asiat:
  - Olosuohdehallinnan mittauspöytäkirjojen/työmaapäiväkirjan merkintöjen tarkastaminen

### **Haastateltujen ajatuksia aikataulusta**

Rakennusliike :

*Teltassa rakennetaan. Kosteudenhallintasuunnitelma on tehtävä kunnolla, myös mm. kuivumisen ja sisäilmaolosuhteiden hallinta. Kosteudenhallintasuunnitelma tulee viimeistään lupaehdona.*

Tuoteosatoimittaja 1 :

*Työmaan kosteudenhallinta elementtitoimituksen kannalta: Kuljetuspakkaukset hu-pussa + elementtikohtainen suojaus + lisäsuojaus elementin päälle.*

*Lisäkerrosrakentamisen hankkeissa: kohdekohtaisen kosteudenhallintasuunnitelman vaatimus*

Tuoteosatoimittaja 2 :

*Teltan alla suurelementteinä. Tilaelementtitoitannossa koppikohtainen pressutus. Rakennuksen monimuotoisuus voi kustannuslisan lisäksi haitata myös sääsuojausta.*

### 5.3 Laadunvalvonta

#### **Tuoteosatoimittajan ja/tai tuotetoimittajan laadunvalvonta, erityisesti puutuoteosatoimittaja:**

- Tehtaan laatujärjestelmän mukainen toiminta
- Mallielementti- ja malliasennuskatselmusten ym. järjestäminen
- Kosteudenhallintasuunnitelma
- Elementtiin käytettävien tuotteiden CE-merkintöjen/tuotehyväksyntöjen kerääminen
- Elementtituotteen CE-merkintä tai tuotehyväksyntä

#### **Pääurakoitsijan laadunvalvonta:**

- Urakoitsijan laatujärjestelmän auditointi ja laatujärjestelmän mukainen toiminta.
- Kohteen laatusuunnitelma ja sen toteutumisen seuranta.
- Työmaan puhtauden hallinta.

#### **Rakennuttajan laadunvalvonta:**

- Urakoitsijan laatusuunnitelmien vaatiminen ja toteutumisen seuranta.
- Ulkopuolisen valvojan palkkaaminen ja tehtävien määrittely. Erityisvaatimukset kosteudenhallinnan ja rakennusfysiikan osaamiselle.
  - Valmiin kohteen mittaukset
    - Ilmatiiveysmittaukset
    - Lämpökamerakuvaukset
    - Ääneneristävyysmittaukset
  - Työmaan puhtauden ja siisteyden hallinta

#### **Rakennuslupaviranomaisen laadunvalvonta:**

- Rakennuslupan erityisehdot esim. kosteudenhallinnan ja/tai laatusuunnitelman osalle
- Katselmukset

#### **CE-merkinnät ja tuotehyväksynnät:**

- Rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimisvelvollisuuteen kuuluu rakennuskohteessa käytettävien rakennustuotteiden kelpoisuuden toteaminen
- Ennen aloituskokousta rakennushankkeeseen ryhtyvän tulee nimetä tuotekelpoisuuden kokonaisuudesta vastaava henkilö sekä eri rakennustuotteiden kelpoisuuden tarkastuksesta vastaavat henkilöt
- Vastuhenkilöt varmentavat rakennustuotteiden kelpoisuuden rakennustyön tarkastusasiakirjan liitelomakkeelle

- CE-merkintä ei ole mahdollinen kaikille elementtituotteille. Rakennustuotteiden kelpoisuutta on helpointa arvioida eurooppalaisen CE-merkinnän avulla:
  - Mikäli tuote ei kuulu CE-merkinnän piiriin, voidaan kelpoisuutta arvioida kansallisen tyyppihyväksynnän, varmennustodistuksen tai valmistuksen laadunvalvonnan avulla
    - Mikäli tuote ei kuulu näidenkään piiriin, tulee kelpoisuus osoittaa rakennuspaikkakohtaisen asiantuntijalausannon avulla
  - Asiaankuuluvalla hyväksynnällä voidaan osoittaa että rakennustuote täyttää EU:n rakennustuoteasetuksen ja kansallisen rakennuslainsäädännön olennaiset vaatimukset

### **Haastateltujen ajatuksia laadunvalvonnasta**

Rakennusliike :

*Oma valvonta -> Esimiesvalvonta -> Ulkopuolinen valvonta*

*Kriittisten kohtien tunnistaminen*

*Rakennesuunnittelijan mukanaolo*

*3. osapuolen tarkastus määrätään herkästi puukerrostalokohteisiin*

Tuoteosatoimittaja 1 :

*Elementtien laadunvalvonta:*

*- Materiaalien kootut tuotehyväksynät / DoP-dokumentit (=suoritustasoilmoitukset)*

*- Elementtituotteen tuotesertifikaatti VTT:ltä, hankitaan CE-merkintä, kun se on mahdollista*

*- VTT valvoo elementtien ja kattoristikoiden valmistusta*

*- DNV valvoo talotehtaan kokonaistoiminnan*

Tuoteosatoimittaja 2 :

*Kelpoisuuden osoittaminen ja tuotehyväksyntä/CE-merkintä on työläs tehtävä. Rakennusvalvonta vaatii joka tapauksessa.*

*Auditoitu laatujärjestelmä tehtaalla*

*Tilaajan oma toimittaja-arviointi: Mallielementtikatselmukset, Asennuskatselmukset*

## 6 Puukerrostalo käyttöaikana

### 6.1 Huolto- ja ylläpitokustannukset

Käytönaikaiset kokemukset ovat vielä pääosin lyhyeltä ajanjaksolta, mutta huoltokustannukset ovat olleet samalla tasolla kuin betonirunkoisilla rakennuksilla. Puukerrostalojen käytöstä on käynnissä tutkimuksia, joissa kerätään kohteiden käytönaikaisia kokemuksia.

Käytönaikaisia huoltokustannusten vertailututkimuksia ei ole ollut vielä käytettävissä. Haastatteluiden perusteella kokemukset ovat olleet, ettei puu runkomateriaalina vaikuta huoltotarpeeseen. Julkisivumateriaalina puuverhous vaatii huoltoa enemmän kuin betonijulkisivut. Julkisivun puuverhouksessa on tärkeää käyttää riittävän paksua julkisivuverhousmateriaalia pitkäaikaiskestävyyden parantamiseksi.

#### Haastateltujen ajatuksia huolto- ja ylläpitokustannuksista

Rakennuttaja :

*Puujulkisivun huoltokustannukset ovat suuremmat kuin betonijulkisivun. Julkisivuissa käytetyn puuverhouksen pitää olla massiivista materiaalia 30-40mm ja paneelissa tulee olla kunnan pontit.*

### 6.2 Vakuutukset

Puukerrostalon vakuuttaminen ei haastatteluiden kautta saatujen tietojen mukaan ole ollut ongelma. Puukerrostalojen sprinklaus ja sitä kautta parempi paloturvallisuus on joissain vakuutusyhtiöissä huomioitu edullisempina vakuutusmaksuina, kuin betonirunkoisen kerrostalon vakuutukset.

### 6.3 Asukastyytyväisyys

Asukkaiden kannalta puukerrostalossa asuminen on tutkimuksen (Asukastyytyväisyyskysely, 2011, FWR) mukaan erittäin hiljaista: naapurista tulevia häiriöääniä on vähemmän kuin muissa vastaavissa taloissa. Puukerrostalojen ilmastoinen eristys on erityisen hyvä monikerroksisten rakenteiden ansiosta. Puukerrostalojen äänimaailmalle ominaista on, että korkeat äänet, kuten pianon soitto tai lapsen itku, eivät juuri kuulu. Samoin rakennuksen runkoa pitkin johtuvia ääniä, kuten poraamisesta aiheutuvaa ääntä, ei esiinny. Sen sijaan puukerrostalossa voi esiintyä esimerkiksi raskaista askelista aiheutuvia matalia "tumpsahavia" askelääniä.

Samaisen tutkimuksen mukaan myös asuntojen ilmanlaatuun ollaan tyytyväisiä. Lisäksi asukkaiden turvallisuuden tunnetta kasvattaa korkeampi paloturvallisuuden taso.



**Kuva 8.** Puukerrostalossa viihdytään hyvin.

## 7 Yhteenveto

Puukerrostalorakentaminen helpottui 2011 palomääräysten uudistuessa. Tämän jälkeen kaavoitus on edennyt nopeasti puukerrostaloalueiden osalta. Tällä hetkellä toteutettuja puukerrostaloja on 40 kappaletta, joissa on 811 asuntoa. Tällä hetkellä puun markkinaosuus kerrostalorakentamisessa on noin 5%. Työ- ja elinkeinoministeriön alaisuudessa toteutettavan Metsäalan strategisen ohjelman pitkän tähtäimen tavoitteena on nostaa suomalaisten puukerrostalojen markkinaosuus kerrostalojen uudisasunto-tuotannossa noin kahteenkymmeneen prosenttiin. Tämä tarkoittaa noin sadan puukerrostalon rakentamista vuosittain. Puuteollisuuden mukaan puukerrostalojen vahvuuksia ovat esimerkiksi materiaalin ekologisuus, kotimaisuus sekä rakentamisen nopeus. Puukerrostaloksi luokitellaan talot, joiden kantavat rakenteet ovat pääosin puuta. Julkisivuverhouksessa voidaan käyttää puuta, mutta se voi olla myös muutakin materiaalia. Yleistyessään puu tuo hyvän vaihtoehdon perinteiselle betonirungolle.

Puu on kotimainen uusiutuva materiaali. Puun käytön lisäämisellä on kansantaloudellisesti ja aluetaloudellisesti positiivisia vaikutuksia. Puu on rakennusmateriaalina ekologinen vaihtoehto. Se on vähähiilinen ja toimii koko käyttöiän tehokkaana hiilivarastona. Käyttöikänsä lopussa se on helposti hyödynnettävissä esimerkiksi energiantuotantoon.

Rakentamisessa puumateriaalin etuja ovat keveys ja rakentamisen nopeus. Näitä puun hyviä ominaisuuksia tulee oppia hyödyntämään tehokkaasti tulevaisuuden rakentamisessa. Puusta voidaan tehdä teollisesti pitkälle jalostettuja korkealaatuisia rakennusosia.

Puurakentamisen kehitystilanne ja suhteellisen suppea ja lyhytaikainen kokemus puunkäytöstä kerrostalorakentamisesta tekee jokaisesta hankkeesta vielä osittain koerakentamislouheista. Monissa hankkeissa ollaan osaltaan vielä kehittämässä rakentamisen ratkaisuja. Kokemattomuus lisää riskejä, mutta riskejä pystytään hallitsemaan huolellisella hankkeen valmistelulla, suunnittelulla ja toteutuksella.

Puukerrostalorakentamisen määrän kasvaessa puurakentamisen kilpailukyky paranee. Rakentamisen ratkaisut ja tuotantomallit kehittyvät. Toimintaan syntyy vakiintuneita ratkaisumalleja, jotka helpottavat puukerrostalohankkeen toteuttamista. Tuotannon volyyymi ja alan toimijoiden määrä on kasvussa, mikä tehostaa ja lisää kilpailua sekä alentaa kustannuksia ja hintoja.

Puurakentaminen poikkeaa perinteisestä betonirakentamisesta olennaisesti. Puumateriaalin ominaisuudet korostavat sääsuojauksen merkitystä ja puu vaatii palavana materiaalina sprinklauksen aina toteutettavaksi. Myös talotekniikan ratkaisuihin on huomioitava puun asettamat vaatimukset. Puurakentamisessa kuivumisaikojen puuttuminen antaa mahdollisuuden merkittävästi nopeampaan rakentamiseen. Tämä vaatii totuttujen työmaakäytäntöjen uudistamista, jotta tämä mahdollisuus pystytään täysimittaisesti hyödyntämään.

Puukerrostalorakentamisen koerakentamislouheisuus johtaa vielä tällä hetkellä yleisimmin KVR-muotoiseen toteutukseen. Tällöin hankkeen suurimmat riskit ovat rakennusliikkeellä. Alan kehittymisen ja kilpailukyvyn parantumisen kannalta tilaajien olisi hyvä miettiä myös muiden hankintamuotojen mahdollisuuksia. Tilaajan ottaessa suuremman roolin hankkeen vastuista, myös pienempien toimijoiden mahdollisuudet kerrostalorakentamiseen kasvavat.

Puukerrostalojen laatu ja asumismukavuus on todettu hyväksi. Puun ominaisuudet luovat asuntoihin miellyttävät asumisolosuhteet. Asuntojen ääneneristävyys on todettu hyväksi. Käytönaikaisten kokemusten perusteella puurunkomateriaalin ei ole todettu aiheuttavan erityisiä huoltokustannuksia. Puukerrostalorakentamisen kehitys nähdään yleisesti positiivisena ja markkinaosuuden uskotaan kasvavan tulevaisuudessa 10-15%:n uudisrakentamisessa asuinkerrostalojen määrästä. Toivomme tämän oppaan rohkaisevan tilaajatahoja tutkimaan avoimesti ja ennakkoluulottomasti puurunkovaihtoehtoja sekä edistää puukerrostalojen rakentamista.

## 8 Lähteet

- [1] Suomalainen puukerrostalo, Janne Tolppanen, Puuinfo, Helsinki 2014
- [2] Puukerrostalo-esite, Puuinfo,
- [3] Keronen, A. & Kylliäinen, M. 1997. Sound insulating structures of beam-to-column framed wooden apartment buildings. Tampere, Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Publication 77. 23 s. ja 44 liites.
- [4] Keronen, A. & Kylliäinen, M. 1998. Structural solutions to improve sound insulation in timber frame houses. COST Action E5 workshop "Acoustic performance of medium-rise timber buildings". Dublin, December 3-4, COST Action E5: Timber frame building systems.
- [5] Kylliäinen, M. & Hongisto, V. 2007. RIL 243-1 – Rakennusten akustinen suunnittelu: Akustiikan perusteet. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- [6] Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista. Suomen säädöskokoelma, nro 998/1992.
- [7] Törnqvist, J. ja Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working papers 50. Espoo: VTT. 46 + 33 s.
- [8] Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamista ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo: VTT. 50 s. + liitt. 15 s.
- [9] Talja, A. ja Saarinen, A. 2009. Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. Esiselvitys. VTT Tiedotteita 2468. Espoo: VTT. 56 + 11 s.
- [10] Talja, A., Vepsä, A., Kurkela, J. ja Halonen, M. 2008. Rakennukseen siirtyvän liikennetärinän arviointi, VTT tiedotteita 2425. 95+69 s.
- [11] Talja, A. 2011. Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT Tiedotteita 2569. Espoo: VTT. 35 + 9 s.
- [12] Vesa Ijäs 2013, Puukerrostalojen rakentamisen esteet ja mahdollisuudet
- [13] Kouvola Innovation, FMC 2014, Puukerrostalon rakennejärjestelmät
- [14] [www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi)



## 9 Liitteet

Liite 1, Tehtävävaihekaavio

Liite 2, Tilaajan Check-lista

Liite 3, Haastattelumuistiot (ei julkinen)