

Miten talo rakennetaan siirrettäväksi?

Virpi Palomäki, Tampereen yliopisto

Mikko Nevala, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

CE Wood –hanke

Kirjallisuuteen perustuva selvitystyö 2020

Miten talo rakennetaan siirrettäväksi?

Sisältö

1. Rakennusten siirrettävyys ja purettavuus – uutta rakentamisessa

- A. Miksi siirrettäviä ja purettavia rakennusratkaisuja tarvitaan?
- B. Millaisiin rakennuksiin siirrettäviä ja purettavia ratkaisuja halutaan?
- C. Tulevaisuuden näkymiä
- D. Siirrettävyyden taloudelliset vaikutukset

2. Siirrettävän hirsimoduulirakenteen ratkaisuja

- A. Moduulin kokoon vaikuttavat tekijät
- B. Moduulien liitännäsratkaisuja
- C. Moduulirakentamisen kustannustehokkuus

3. Nykyajan pystyhirsirakentaminen

- A. Pystyhirsirakentamisen menetelmä
- B. Profiilin muoto ja verhoilumahdollisuudet
- C. Tekniset ratkaisut pystyhirsimoduulin rakentamisessa

4. Siirrettävien elementtien teknisiä ratkaisuja

- A. Vertailu tehdashallissa rakennettavien ja työmaalla rakennettavien siirrettävien elementtien välillä
- B. Väliseinäratkaisut ja siirron mahdollistavat liitännät
- C. Kattoelementtiratkaisut
- D. Erilaisten perusratkaisujen eroja ja hyötyjä
- E. Elementtien koon vaikutus kustannustehokkaisuun kuljetusratkaisuihin
- F. Elementtien/moduulien tuentaratkaisut kuljetuksen aikana

5. Moduuli- ja elementtirakentaminen vertailu

6. Yhteenveto ja johtopäätöksiä

1. Rakennusten siirrettävyys ja purettavuus – uutta rakentamisessa

Yhdysvalloissa yritykset alkoivat jo 1950-luvun alkupuoliskolla markkinoida halpaa ja yksinkertaista siirrettävää asumismuotoa, joka voisi loma-asumisen lisäksi olla myös pidempiaikainen asumisen muoto. Suositujen kaupunkien ympärille alkoi kehittyä liikkuvien rakennusten asuinalueita. Yhdysvalloissa ja Kanadassa siirrettävät talot ovat olleetkin asumiskäytössä jo vuosikymmenten ajan.

Elementtirakentaminen yleistyi Suomessakin jo 1960-luvulla, ja rakennustyömaalla rakentaminen väheni huomattavasti. Elementit on helppo rakentaa tehtaan suojaisissa tiloissa, jolloin vältetään rakennusaikaista sääsuojasta. Nykyään elementtirakentamisen rinnalle on tullut moduulirakentaminen. Moduulit ovat siirrettäviä ja niistä tehdään pysyviä tai siirrettäviä rakennuksia. Siirrettäviä rakennuksia voidaan käyttää myös väliaikaisesti, ja ne voidaan siirtää toiseen paikkaan tarpeen mukaan. (Keisu 2016)

Tällä hetkellä Suomessa uusimmat rakentamisen innovaatiot liittyvät rakennusten siirrettävyyteen. Ensimmäisen nykyaikaisen siirrettävän talon Suomen markkinoille toi Teijo-Talo Oy vuonna 2007, jolloin yritys esiteli rekka-autoilla erikoiskuljetuksena tuotavan täysin muuttovalmiin talon. Talo laskettiin sorapedille, ja asennukseen tarvittava aika oli yrityksen mukaan vain muutama tunti. (www.teijotalot.fi)

Siirrettävien talojen tulevaisuus näyttää lupaavalta Suomessa. Tyypillinen siirrettävä rakennus on tilaelementtinä rakennettu talo, jota on helppo kuljettaa rekka-auton lavoilla ilman poikkeuksellisia kuljetusjärjestelyitä. Valmis siirrettävä talo on yleensä yhden tai kahden moduulin levyinen, tarvittaessa moduuleita voi lisätä myös enemmän. (Puumies 10/2018, Keisu 2016, www.teijotalot.fi)

A. Miksi siirrettäviä ja purettavia rakennusratkaisuja tarvitaan?

Asukasluvun nopea kasvu tai toisaalta asukasluvun pieneneminen osassa kunnista aiheuttavat ongelmia rakentamisen tarpeen arvioinnissa. Päiväkoteja, kouluja ja sote-tiloja tarvitaan lisää nopeasti kasvaviin lähiöihin, jolloin siirrettäviä tiloja käytetään ehkäisemään tilaongelmia. Siirrettäviä tiloja käytetään esimerkiksi koulutilojen ja terveyskeskuksien tilanpuutteen vuoksi.

Monilla paikkakunnilla asukkaiden väheneminen on alkanut vaikuttaa julkisiin rakennusratkaisuihin. Viholan (2019) selvityksen mukaan koulurakentaminen on monissa kunnissa ylimitoitettua. Kuitenkin monissa kunnissa on suuria kouluhankesuunnitelmia. Koulujen tilankäyttöä koskevan selvityksen mukaan suuret koulut ovat nyt jo vajaakäytöllä, mikä ei puolla isojen koulujen rakentamista. Pitäisikin tarkastella kokonaisuutta eikä vain yhtä rakennusta ja tehdä kattavia elinkaarianalyyskejä. Siirrettävät kouluratkaisut ja moduulirakentaminen ovat ratkaisuja myös pieneneviin oppilasmääriin, koska koulun voi tarvittaessa siirtää tai vähentää käytössä olevia tiloja.

Ihmisen käyttäytyminen ja liikkumisen logiikka ovat nyky-yhteiskunnassa erilaisia kuin aiemmin. Ihmisten toiminta on vähemmän staattista kuin aikaisemmillä sukupolvilla, mikä vaikuttaa modernin arkkitehtuurin soveltamismahdollisuuksiin. Nykyaikaisen rakennuksen suunnittelulogiikka onkin alkanut vastata loppukäyttäjien vaatimukseen joustavammasta ja mukautuvammasta arkkitehtuurista. (De Berardinis, et al. 2017)

Yksi uusi menetelmä ratkaista tilaongelmia on esivalmistettu monitoimimoduuli, joka vastaa moniin tarpeisiin. Se on joustava ja modulaarinen rakennusrakenne, jonka perusmoduuli voidaan yhdistää muihin, mikä mahdollistaa koon kasvun käyttäjien tila- ja toiminnallisten vaatimusten mukaisesti. Modulaarisuus on joustava ratkaisu yritysten ja julkisten rakennusten muuttuviin vaatimuksiin. (www.teijocon.com, De Berardinis, et al. 2017).



Kuva 1. Teijo-talojen moduulit siirretään perustuksineen. Kuva: www.teijotalot.fi

Moduulirakentaminen sopii myös hallittuun purkamiseen irrotettavien modulaaristen komponenttien vuoksi. Moduulirakentaminen on joustavaa, sillä tiloja voidaan jakaa toiminnan ja käyttäjien tarpeiden mukaan. Moduuleista voidaan myös rakentaa useampia kerroksia. Tuloksena on monitoiminen, helposti kuljetettava, palautuva ja modulaarinen tuote, jolle on ominaista innovatiivinen muotoilu ja edistykselliset teknologiset ratkaisut. (De Berardinis, et al. 2017)

Viime aikoina esiin tulleet kosteus- ja homevauriot ovat nostaneet rakentamisen riskit esiin. Rakentamiseen liittyy omistamisen riskejä, joita ei aiemmin ole huomioitu eikä arvioitu. Riskejä voidaan ulkoistaa erilaisilla sopimuksilla mm. elinkaarirakentaminen, jossa rakentaja on sopimuksen mukaan vastuussa rakennuksen kunnosta tietyn ajan. Koulurakennus tai sen osia voidaan myös vuokrata, jolloin riski on rakennuksen omistajalla. Vuokraamisessa käytetään mm. modulaarisia rakenteita, joita voidaan siirtää, vähentää ja lisätä tarpeen mukaan. (Vihola 2019)

Siirrettävyyteen vaikuttaa rakennuksen paino. Siirrettäviä rakennuksia onkin alettu valmistaa erityisesti puusta, joka on muita materiaaleja kevyempää. Massiivipuuta on alettu suosia myös sen tuoman huoneen lämpömukavuuden ja tasaisen lämpötilan tunteen vuoksi. Puu säätelee myös sisäilman kosteutta tehokkaammin. Rakennusten kosteusvahingot ovat yksi kriittisistä syistä huonolle sisäilman laadulle ja niihin liittyviin terveysongelmiin, kuten astmaan ja hengityselinten häiriöihin. (Niemeläinen 2019)

Asunnolta vaadittavat ominaisuudet muuttuvat elämäntilanteiden mukaan. Nuorena haetaan pientä, edullista yksiötä. Sen jälkeen muutetaan kaksioon, ja myöhemmin tarvitaan lisää tilaa esimerkiksi perheenisäyksen takia, työtilaksi tai harrastusta varten. Muuttuvat tarpeet eivät enää automaattisesti merkitse asunnon vaihtamista. (www.teijocon.com) Kun ihmiset eivät ole valmiita ottamaan riskiä talokaupoissa, siirrettävät rakennukset lisäävät investoinnin turvallisuutta ja monikäyttöisyyttä. Talo voidaan viedä sinne, missä sitä kulloinkin tarvitaan. Kun tarvetta ei enää ole, talo voidaan siirtää tai myydä uuteen paikkaan ja vaikka uuteen tarkoitukseenkin.

B. Millaisiin rakennuksiin siirrettäviä ja purettavia ratkaisuja halutaan?

Tilapäiset siirrettävät rakennukset

Tarve tilapäisiin, siirrettäviin kouluihin ja luokkatiloihin syntyi lisääntyneestä tarpeesta korvata homeongelmaisia tai muuten korjaustarpeessa olevia kouluja tilapäisillä siirrettävillä rakennuksilla. Peruskorjauksien tarve on synnyttänyt painetta väliaikaisten tilojen tarjoamiseen ja tarpeeseen on vastattu konttikouluilla, jotka nähdään helppoina ja halpoina ratkaisuin. Väliaikaisuutta ei nähdä mahdollisuutena vaan ongelmana. Konttikoulu on siirrettävän rakennuksen tyyppi, joka on rakennettu tarjoamaan väliaikaisia luokkahuonetiloja koululle, joissa on tilojen puutetta. Ne ovat suunniteltu siten, että ne voidaan poistaa heti, kun lisätilojen puute vähentyy koulun uuden osan, toisen koulun aukeamisen tai oppilaiden määrän vähentymisen vuoksi. Nämä rakennukset ovat usein parakkityyppisiä. (Cederlöf 2016, Keisu 2016)

Vertaillen konttikouluja ja modulaarisia elementtejä voidaan todeta, että konttikoulut eivät yleensä sovellu hyvin opetuskäyttöön. Sen sijaan modulaarinen suurelementtirakennus toimii hyvin uudenlaisena muuntojoustavana oppimisympäristönä. (Cederlöf 2016)

Siirrettäväksi suunnitellut pysyvät rakennukset

Kiinnostus siirrettäviä tiloja kohtaan on lisääntynyt viime vuosina, ja nykyään ollaankin siirtymässä väliaikaisista siirrettävistä tiloista pysyviä rakennuksia vastaaviin tiloihin, jotka voidaan tarvittaessa siirtää. Rakennustekniikan kehittyessä samassa ajassa pystytään rakentamaan uudet, tarpeita vastaavat ja energiatehokkaat tilat, jotka rakennetaan pysyvän rakennuksen rakennusmääräyksillä. (<https://elementit.fi> 2019)

Opetustiloihin tulee Suomessa kohdistumaan lähitulevaisuudessa suuria muutospaineita. Koulujen opetustoiminta tulee muuttumaan tulevaisuudessa yhä enemmän interaktiivisempaan ja avoimempaan suuntaan. Oppimisesta halutaan tehdä aktiivista ja käytännönläheistä. Uusien opetustilojen toivotaan olevan muuntojoustavia ja käyttäjiensä mukana kehittyviä. Nykyiset koulut tukevat kuitenkin oppimisympäristön kehityksen tavoitteita huonosti ja tarvittaisiin täysin uusia ja innovatiivisia tiloja tulevaisuuden koulun tarpeisiin. (Cederlöf 2016)

Kouluista, päivä- ja hoivakodeista halutaankin nykyään muuntojoustavia ja siirrettäviä. Tarvitaan muunneltavia oppimisympäristöjä, jotka räätälöidään pedagogisiin painotuksiin kuten liikuntaan ja taiteeseen ym. Tilat rakennetaan tukemaan uutta opetussuunnitelmaa, ja ne ovat nykyaikaisia ja terveellisiä. Modulaariset ja muuntojoustavat tilat ovat avattavia ja suljettavia luokka- ja tiimityötiloja. Pedagogisesti harkitut oppimisympäristöt mahdollistavat joustavuuden ajan, paikan, oppimissisältöjen ja toteutustapojen ja suhteen. (<https://hoivatilat.fi> 2019) Siirtokelpoinen rakennus voi olla yksi- tai kaksikerroksinen, ja se voidaan siirtää paikasta toiseen. Siirtokelpoisissa tiloissa on myös mahdollisuus lisätä tai supistaa jo olemassa olevia tiloja. Rakennus voidaan rakentaa siten, että käyttöominaisuudet, energiatehokkuus tai ulkonäkö eivät paljasta siirrettävyyttä. (www.parmaco.fi 2019) Laadukkaan ja ekologisen koulun elementtejä ovat: energiatehokkuus, älykäs lämmitysjärjestelmä ja valaistus, joustava ja monikäyttöinen tilasuunnittelu, päästöttömät ja ympäristöystävälliset materiaalit ja älykäs talotekniikka.



Kuva 2. Parmaco Oy:n rakentama siirrettävä kaksikerroksinen koulurakennus Espoossa. Koulu vastaa uusien oppimisympäristöjen vaatimuksia; tilat ovat avoimia, muunneltavia ja sisältävät erikokoisia oppimisalueita vaihtuviin tarpeisiin. Kuva: www.parmaco.fi

Asuinrakennuksen tarve muuttuu asukkaiden elämäntilanteen muuttuttua. Työpaikka voi siirtyä nopeastikin toiselle paikkakunnalle, ja ei haluta sitoutua kiinteään asuinpaikkaan. Muuttuvat tarpeet eivät enää kuitenkaan automaattisesti merkitse asunnon vaihtamista. Myös asuinrakennuksista voidaan tehdä siirrettäviä, jolloin ne voidaan siirtää uuteen käyttökohteeseen. Kun ihmiset eivät ole valmiita ottamaan riskiä talokaupoissa, siirrettävät rakennukset lisäävät investoinnin turvallisuutta ja monikäyttöisyyttä. Talo voidaan viedä sinne, missä sitä kulloinkin tarvitaan. Kun tarvetta ei enää ole, talo voidaan siirtää tai myydä

uuteen paikkaan ja vaikka uuteen tarkoitukseenkin. Myös tilan käyttötarkoitus voi muuttua, joten talotekniikka pitää suunnitella muuntojoustavaksi, mikä lisää rakennuksen käyttöikää. (www.teijocon.com 2019)

C. Tulevaisuuden näkymiä

Liikkuvien rakennusten kehitys suomalaisessa rakennuskulttuurissa on ollut merkittävää viimeisten vuosien aikana. Rakennusstandardit ovat tehneet kilpailuasetelman yritysten välille, joten kuluttajille rakentaminen on halvempaa ja nopeampaa. Siirrettävät rakennukset ovat tulevaisuutta ja antavat kiireiselle elämäntyylille hyvän vaihtoehdon oman talon hankintaan.

Vaihteleva palvelun tarve, sisäilmaongelmat ja toiminnaltaan vanhentuneet tilat ovat haasteita opetuksen ja varhaiskasvatuspalvelujen järjestäjän arjessa. Yritykset ovat alkaneet tarjota näihin tilanteisiin ratkaisuna esim. päiväkotipalveluna –malleja, joissa yritys huolehtii rakentamiseen liittyvistä velvoitteista luvusta rakentamiseen ja omistamiseen (<https://hoivatilat.fi>, www.parmaco.fi). Kunta voi vuokrata tilat tai palvelun voi tuottaa yksityinen taho. Palvelu voidaan tuottaa myös erilaisilla elinkaari palveluilla.

Hirsirakentamisen suosio kasvaa jatkuvasti julkisessa rakentamisessa raaka-aineen hyvien rakentamisominaisuuksien vuoksi. Erityisesti kosteusvaurioiden sekä ekologisen ja energiatehokkaan rakentamisen vuoksi massiivipuurakentamisen suosio on nousussa. (<https://hoivatilat.fi>). Luontaisesti hengittävänä materiaalina hirsi takaa hyvän ja laadukkaan sisäilman, joka on tärkeää herkille kohderyhmille esim. lapsille. Hirsiseinät tasaavat ilmankosteuden vaihteluita ja pitävät näin sisäilman kosteuden terveyden ja viihtyisyyden kannalta optimaalisena. Asiakkaat pitävät hirsirakentamisesta nimenomaan sisäilman takia, mutta myös siksi, että hirsirakennus on kaunis ja tunnelmallinen.

Ekologisuus on nousemassa yhä tärkeämmäksi tekijäksi rakennusmateriaalia valittaessa. Hirsirakennuksessa kaikki kantavat rakenteet tehdään puusta. Tilaaja odottaa myös, että tuotannon ympäristöasiat on huomioitu esim. tuotannon aiheuttama hiilijalanjälki ja tuotantotilojen energiaratkaisut. <https://elementit.fi/toimintamalli/>

D. Siirrettävyyden taloudelliset vaikutukset

Vaikutukset rahoitukseen – pankin näkökulma

Talon rakentamisen positiivinen rahoituspäätös perustuu pankin näkökulmasta aina ensisijaisesti maksuvara (tulot, menot, varat, velat jne.), mutta pääsääntö on, että lainalla on aina oltava myös vakuus. Vakuuksista puhuttaessa yhtenä keskeisenä rahoituspäätökseen vaikuttavana osa-alueena mietitään mikä on vakuuden todellinen arvo. Pankkitermein puhutaan käyvästä arvosta. Todellisuudessa arvo määräytyy aina lopulta vasta markkinoilla: asuntokaupan yhteydessä, joten arvon määrittäminen voi

olla haasteellista. (Pankin konsultointi 2019)

Vakuuden sijainti haja-asutusalueella tai taajaman ulkopuolella tekee käyvän arvon määrittämisestä hankalampaa ja se vaikuttaa kohteen vakuusarvoprosenttiin. Normaalisti pankista riippuen vakuusarvoprosentti on taajamassa sijaitsevalle hyväkuntoiselle talolle tai asunnolle n. 70-80 % käyvästä arvosta. Tämä siis tarkoittaa asiaa yksinkertaistaen, että esimerkiksi 100 000 euron arvoista asuntoa kohti voi saada maksimissaan 70 000 – 80 000 euroa lainaa, jos lainalle ei ole antaa muita vakuuksia asunnon lisäksi. Jos vakuus on haja-asutusalueella, normaalisti pankista riippuen vakuusarvostusprosentti on n. 50-60 % käyvästä arvosta, joten omarahoitussuutta tai muita vakuuksia on oltava enemmän.

Pankin näkökulmasta siirrettävällä ja 'mukaan otettavalla' talolla voisi olla positiivinen vaikutus lainan saantiin ja ehtoihin, koska sijainti on yksi merkittävä tekijä talon arvoa määritettäessä. Talon siirtäminen nostaa kuitenkin muutamia uusia kysymyksiä. Voidaanko talon luottaa pysyvän "hyvänä" siirron ajan ja luottaa, että tonttien hinnat eivät karkaa. Muitakin muuttujia voi tulla esiin. Siirto on pankillekin iso riski, jos sen yhteydessä rikkoutuu jotain. Toisaalta tämä voisi tuoda vakuutusyhtiöille uutta toimintaa myymällä vakuutuksia siirtojen ajaksi. Muuttujana nousee esiin myös paljonko uudesta tontista täytyy maksaa, ja saako uudelle tontille viedä siirrettävän talon. Jos siirto yleistyisi, niin vaikuttaisiko se suoraan tai epäsuorasti tonttien hintoihin.

Aihe on erittäin mielenkiintoinen ja voisi olla jopa todella mullistava, jos toiminnallisuus on varma ja prosessi riittävän edukas ja kokonaisuutena kätevä. Pankin näkemys on, että on olemassa jonkin verran perheitä, jotka lykkäävät rakentamista, koska asuvat ja haluaisivat asua muuttotappioalueella, mutta miettivät, että valmiina talon arvo ei välttämättä ole suhteessa rakennuskustannuksiin. (Pankin konsultointi 2019)

Vaikutukset rahoitukseen – asukkaan näkökulma

Siirrettävien rakennuksien ostaminen on vähemmän riskialtista, sillä usein ihmiset joutuvat muuttamaan töiden perässä uusille paikkakunnille, jolloin velaksi ostettu talo jää ongelmaksi entiselle paikkakunnalle. Liikkuvien rakennusten ansiosta talo voidaan ottaa mukaan uudelle paikkakunnalle, jolloin koko omaisuus muuttaa oman talon sisällä helposti uudelle paikkakunnalle. Siirrettävä talo voidaan ehkä tulevaisuudessa vaihtaa isompaan ja uudempaan samalla periaatteella kuin autokaupassa auto vaihdetaan uuteen.



Kuva 3. Elementit-E Oy:n rakennukset ovat 100 % teknisesti kierrätettäviä ja siirrettäviä. Kuva: elementit.fi/toimintamalli/

Rakennuksen siirto on usein edullisempaa kuin purku ja asiakkaalla on siirron jälkeen käytössään edelleen hyvät tilat. Muuntautuvat ja modernit rakennukset ovat 100 % teknisesti kierrätettäviä ja siirrettäviä. Tarvittaessa myös käyttötarkoituksen muutos onnistuu joustavasti. Näin vähennetään myös rakentamisesta syntyvää jätekuormaa. <https://elementit.fi/toimintamalli/>

2. Siirrettävän hirsimoduulirakenteen teknisiä ratkaisuja

A. Moduulin kokoon vaikuttavat tekijät

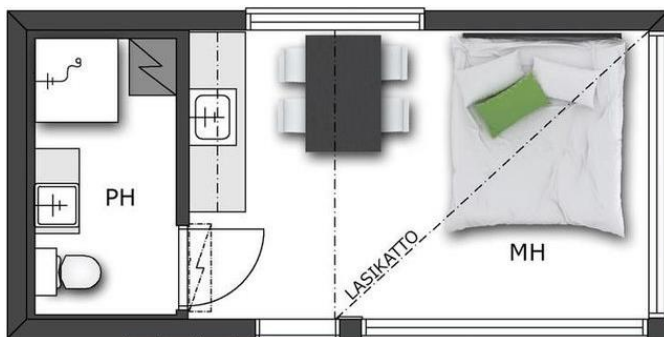
Moduulin kokoon vaikuttaa erityisesti kuljetuskalusto ja sallittava kuljetuksen pituus ja leveys. Esimerkiksi Skoha Ab:n versio siirrettävästä talosta kootaan kahdesta moduulista ja kattoelementeistä. Moduulit ovat 9,7 metriä pitkiä ja 3,3 metriä leveitä. Talo on mahdollista pakata kolmeen rekkaan ja siirtää uudelle paikkakunnalle. Talossa on 49 neliötä, ja se on suunniteltu senioreille, sinkuille ja pienperheille, jotka eivät kaipaa turhaa tilaa. (www.skoha.fi/ 2019) Niistä on mahdollisuus koota myös kokonaisia seniorikylä. Tämä tarkoittaa kokonaisuutta, jossa talot muodostaisivat 20–40 talon kokonaisuuden, joiden keskele sijoitettaisiin yrittäjävetoinen palvelukeskus.

Olokoto on Ilmari Mäenpään suunnittelema hirrestä valmistettu moduuli. Olokoto julkistettiin Seinäjoen asuntomessuilla heinäkuussa 2016 ja sen jälkeen Olokoto-moduuleja on toimitettu ympäri Euroopan. Mäenpään mukaan Olokotoja on ostettu Lapin matkailukohteisiin sekä Pohjois-Norjaan ja Ruotsiin. (www.maaseuduntulevaisuus.fi) Olokoto on modulaarisesti laajennettava, siirrettävä ja täysin valmiina toimitettava minikoti. Olokodon moduulin asuinpinta-ala on 21 m².



Kuva 4. Hirrestä rakennettu Olokoto-konsepti soveltuu mm. asuntoloiden toteuttamiseksi www.kontio.com/fi-FI/olokoto 2019

Perusyksikön ulkomitat ovat 3500 × 7000 mm ja rakennus on modulaarisesti laajennettavissa. Olokodon paino on noin 7000 kg, riippuen varustuksesta. Suunnittelussa on huomioitu energian omavaraisuus ja minimaalinen jätevedentuotto. Olokoto koostuu määrämittaisista moduuleista, joita voi yhdistää vapaasti asiakkaan toivomusten mukaisesti siten, että niistä voi rakentaa myös suuremman kokonaisuuden. Kohtuuhintaisten siirrettävien rakennusten suosio kasvaa jatkossa entisestään, ja Olokoto-konsepti soveltuu erinomaisesti esimerkiksi väistötilojen tai asuntoloiden toteuttamiseksi (www.kontio.com/fi-FI/olokoto 2019)



Kuva 5. Olokodon pohjakuva (www.kaleva.fi)

CLT-seinäelementeistä rakennettaessa elementin korkeus määrittyy rakennuksen kerroskorkeuden mukaan ollen yleensä noin 3 m. Seinäelementtien leveydet puolestaan määräytyvät huoneistojaon kautta siten, että elementin leveys on huoneiston leveys (yleensä enintään 8 m). Välipohjalaatat ovat yleisesti 1,8 m leveitä ja rungon syvyisiä, kuitenkin enintään 8,5 m tai välituen kanssa 12 m. CLT-levyistä valmistettujen tilaelementtien tyypillinen koko on reilu huoneen koko. Pieni yksio voi koostua yhdestä tilaelementistä, kaksio vaatii kaksi elementtiä, jne. Siirrettävät rakennukset suunnitellaan usein siten, että

niitä voidaan kantaa yhdeltä sivulta ja nostaa rekan päälle ja päältä pois nosturin avulla. (Huuhka 2018)

Eco School -konsepti eroaa tyypillisestä tilaelementtirakentamista. Konseptin siirrettävät moduulit ovat suuria ja niiden kuljetuksessa ei ole huomioitu tavanomaisen kuljetuskaluston pituutta ja leveyttä. Eco School perustuu noin 600 m²: n koulumoduuliin, jonka kapasiteetti on noin 100–150 oppilasta tai 5-8 luokkaa. Moduuli on suunniteltu nykyaikaisen suomalaisen opetussuunnitelman mukaisesti, mutta on myös erittäin mukautettavissa erityyppisiin koulutustarpeisiin. Suuren koulumoduulin koko mahdollistaa samanaikaisen käytön eri ikäryhmille ja luokille, joilla on erilaiset oppimistarpeet. Avoin suunnitelma helpottaa avointa toimintaa, viestintää ja ryhmäopetusta. (Niemeläinen 2019)

Eco School –konseptissa rakennusmateriaaleina on CLT (cross laminated timber), LVL (laminated veneer lumber) sekä kylkipaneelit ja liimatuotteet, kuten palkit ja pilarit. Lattiankorkeus ja huonekorkeus ovat vaihtelevia, ne eivät välttämättä rajoitu yksittäisen puuseinäelementin korkeuteen (2,95 metriä). Katon muoto, keskushallit ja yksittäiset huoneiden ulkoasut jätetään suunnittelussa avoimiksi. Ne voidaan määrittää yksilöllisesti vastaamaan käyttäjän tai asiakkaan erityistarpeita. (Niemeläinen 2019)



Kuva 6. Eco School –konsepti Aleksin Niemeläisen esityksessä Seinäjoella pidetyssä Ilmastoviisasta rakentamista –seminaarissa 24.10.2019.

Eco School –konseptiin kuuluu myös ns. minimoduuleita. Avoimen suunnitelman oppimisympäristöissä ne tarjoavat akustisesti ja visuaalisesti erillisen tilan. vapaasti sijoitetut minimoduulit tarjoavat suljetut alueet esimerkiksi hiljaiseen opiskeluun tai musiikin kuunteluun. Moduulien akustinen suorituskyky tulee ottaa huomioon, ja se vaihtelee niiden käytön mukaan. Ne voivat olla esimerkiksi eristettyjä tai eristämättömiä. Rakenteellisesti ne on suunniteltu ei-kantaviksi väliseinäjärjestelmiksi. (Niemeläinen 2019)

Talon voi tehdä tehtaalla valmiiksi myös perustuksineen. Esimerkiksi Teijo-talot rakennetaan betoniperustukselle, mutta ne voidaan nostaa tunkeilla rekan kyytiin ja kuljettaa rakennuspaikalle. Näin talo on myöhemmin tarvittaessa helppo siirtää uudelle rakennuspaikalle.



Kuva 7. Teijo-Talojen moduulirakenteinen, osittain kaksikerroksinen koulu. Kuva Teijo-Talot Oy, Mika Leikkosen esityksessä 9.5.2019 seminaarissa.

Esimerkiksi Järvenpään kaupunki tilasi Teijo-Taloilta 2100 m² koulun 288 oppilaan tarpeisiin. Koulu muodostuu 30 tilaelementtimoduulista. Luokkien lisäksi koulussa on avara ja korkea aulatila ja se on osittain kaksikerroksinen. (Puumies 10/2018, Leikkonen 2019)

TeijoTilat siirretään kokonaisina tilamoduuleina betoniperustuksineen sekä kiintokalusteineen. Siirrettävän talon perustus voidaan tehdä myös kierrepaaluperustusten päälle, perinteiselle valettavalle sokkelille tai tasaisella ja painumattomalla alustalla harkkojen päälle.

Siirrettävät rakennukset valmistetaan yleensä tehtaan sisätiloissa, jolloin ne eivät altistu missään vaiheessa kosteudelle tai muille säävaihteluille. Näin saadaan myös minimoitua rakennustyömaalla käytettävä aika, joka lisää rakentamisen tehokkuutta (Mantila 2019).

B. Moduulien liitännätäratkaisuja

Elementtien väliset liitokset toteutetaan tavallisesti naulaliitoksina vastaavasti kuin paikallarakentamisessa. Suurin haaste on liitosten toteuttaminen niin, että niistä saadaan lämpöä eristävät ja tiiviit. Uudelleenkäyttöä ajatellen elementtitekniikalla rakennettu talo jakautuu kerralla purettaviin ja uudelleenkäytettäviin osiin. Naulaliitokset voivat kuitenkin olla tiheitä, jolloin liitoksen purkaminen voi olla yhtä työlästä kuin paikalla rakennettujen rakenteiden. (Huuhka 2018)

Seinissä käytettävät pien- ja suurlevyt ovat yleensä seinän korkuisia. Molempien leveys seuraa yleensä 3M-moduulimitoitusta (mitoitus 300 mm välein). Pienlevyt ovat tyypillisesti enintään 1200 mm leveitä, mutta leveämmätkin elementit ovat mahdollisia. Suurlevyt puolestaan ovat koko rakennuksen tai seinän mittaisia, ja niiden käsittelyyn tarvitaan niiden painon vuoksi jo nosturia. Pienlevyjen etu suurlevyihin nähden onkin helppo käsiteltävyys kahden henkilön voimin ja pohjaratkaisujen joustavuus, haittapuoli taas liitoskohtien määrä. Nämä edut ja haitat säilyvät samana myös mahdollisessa uudelleenkäytössä. Toisaalta pienlevyjen suurempi liitoskohtien määrä voi myös merkitä suurempaa riskiä rakenteiden

käytön aikaiselle vaurioitumiselle, jos liitoksista ei alun perin ole onnistuttu saamaan tiiviitä. (Huuhka 2018)

Massiivipuulevyjä käytettäessä rakennejärjestelmä on nk. kantavat seinät –järjestelmä, jossa rakennuksen välipohjat ja vaakarakenteet tukeutuvat kantavien seinälinjojen päälle samaan tapaan kuin betonielementtirakennuksissa. Massiivipuulevyt toimivat sekä rakennusrungon kantavina että jäykistävinä osina. Jäykistäviä rakenteita ovat yleensä lattiat ja osa seinistä. Puisten välipohjarakenteiden jännevälit ovat noin 7–8 metrin mittaisia. Tästä johtuen kantavia linjoja ovat tavallisesti rakennuksen ulkoseinät ja osa väliseinistä (tavallisesti huoneistojen väliset seinät). Massiivipuulevyihin voidaan tehdä melko vapaasti aukotuksia, mikä mahdollistaa monimuotoisten julkisivujen rakentamisen. Niillä voidaan toteuttaa myös tilaelementtejä. Käytännössä kaikki Suomen CLT-rakenteiset puukerrostalot onkin toteutettu tilaelementteinä. (www.puuinfo.fi: teollinen-hirsi-uudistaa-monisatavuotisen-hirsirakentamisen-perinnettä)

Massiivipuiset rakennusosat liitetään toisiinsa mekaanisesti. LVL-puulevyjen liitokset ovat yleensä ruuviliitoksia. CLT-levyrakenteissa levyjen väliset liitokset on toteutettu teräsosien avulla. Lisäksi liitoksissa on käytetty tiivistysteippiä ja tiivistysnauhaa rakenteen ilmatiiviyden saavuttamiseksi. (Stora Enso 2012).

Liitos voidaan toteuttaa pontattuna tai levyllä peitettynä liitoksena. Lisäksi liitoksissa voidaan käyttää piilotettuja liitososia.



Kuva 8. Esimerkki massiivipuulevyjen kiinnityksestä Pauli Paintolan esityksestä Puurakentaminen – kiinnikkeet ja liittimet tapahtumapäivässä 29.10.2019 Ähtärissä. Kuvassa Rothoblaasin kiinnikkeitä.

Suunnittelutoimisto Toni Kekki kertoi moduulirakentamisen liitostyypeistä Puurakentaminen – kiinnikkeet ja liittimet tapahtumapäivässä 29.10. 2019 Ähtärissä. Kekki on ollut suunnittelemassa mm. Jyväskylään rakennettuja palkittuja Puukuokka-puukerrostaloja. Talot on tehty moduuleista, ja Kekin mukaan näin saadaan tasaisempi laatu kuin työmaaolosuhteissa rakennettaessa. Hänen mukaansa moduuleista

rakentaminen on teollinen prosessi – ei rakentamisprosessi. Laatu on helpompi valvoa mm. liitoksia, ilmatiiveyttä ja materiaalin laatua, koska moduulien esivalmistus on teollisessa prosessissa viety pitkälle.



Kuva 9. Esimerkki puurakenteiden kiinnityksestä Konepuristin Oy:n Antero Kujalan esityksestä Puurakentaminen – kiinnikkeet ja liittimet tapahtumapäivässä 29.10.2019 Ähtärissä. Kuvassa piiloon jääviä liitososia.

Moduulit kiinnitetään toisiinsa yleensä vaaka- ja pystyliitoslevyillä, jotka voivat olla metallia tai puuta. Rakennuksessa, jossa on useampia kerroksia, moduulien kiinnittämisessä pitää olla sekä horisontaalisia että vertikaalisia levykiinnityksiä, koska rakennukseen kohdistuvat voimat pitää saada siirrettyä perustuksille kaikista moduuleista. Liitoksissa on mahdollista käyttää myös tappiratkaisuja. Liitoksien pitää olla 'löysiä', että äänenieristys saadaan toimimaan. Tähän käytetään kumieristeitä. Myös tärinäkumikaistoja tai kitkaeristeitä käytetään moduulien liitoksissa estämään tärinää.

Jianmei et al. (2017) vertasi erilaisten puurakenteiden purettavuutta ja purkamiseen kuluvaan aikaa. Palkkipilari rakenteen todettiin olevan nopein purkaa. Siinä on vähemmän rakenteellisia komponentteja ja liitokset on usein tehty esim. pulteilla, jotka on helppo ja nopea purkaa. Rankarakenteinen rakennus on vaikein purkaa, koska siinä on paljon pienempiä komponentteja ja paljon ruuveja, joita on hidas ja vaikea purkaa. Levytyyppinen rakenne on sen sijaan helppo purkaa. Tutkimuksen perusteella annetaan muutamia ohjeita purettavaksi suunniteltavan rakenteen suunnitteluun. 1. Valitse oikea rakenneratkaisu 2. Minimoi pienien komponenttien määrä 3. Suunnittele liitokset siten, että ne ovat helppoja purkaa ja korjata 4. Käytä standardoituja ja uudelleen käytettäviä liitoksia vähentääksesi purettavuusaikaa.

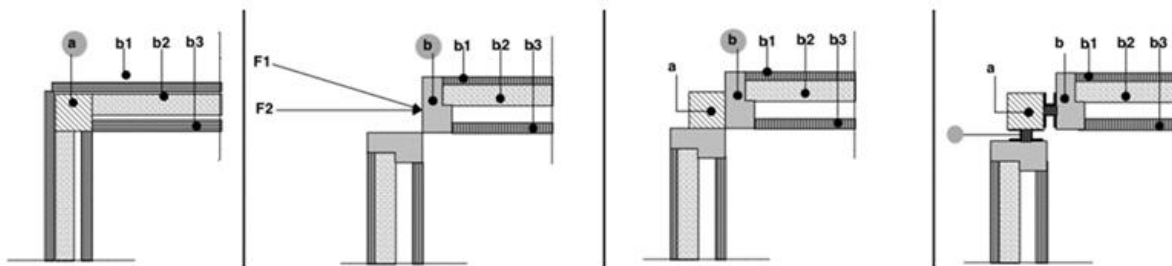
Purettavista rakenteista ja liitoksista

Pien-, suur- ja tilaelementtirakenteisissa rakennuksissa purkaminen voi helpottua, jos elementtejä ei pyritäkään purkamaan osikseen, vaan ne irrotetaan rungosta kokonaisina uudelleenkäyttöä varten. Teoriassa myös paikalla rakennettuja rankaseiniä voitaisiin yrittää purkaa elementin kaltaisina osina, jolloin ne tulisi ensin tukea tilapäisesti siirtoa varten. Uudemmissa rakennuksissa kattojen naulalevyristikoita ei kannata purkaa osiin, vaan ne voidaan irrotuksen jälkeen nostaa pois kokonaisina.

Naulalevyristikoiden irrotuksen ja kuljetuksen haasteena on ristikkojen osien pitkälle viety optimointi, mikä tekee ristikoista herkkiä rikkoontumiselle ja asettaa täten vaatimuksia niiden käsittelylle. (Huuhka 2018)

Hallirakennusten liimapuiset pilari-palkkirakenteet ja kehät ovat selkeitä purettavia. Niiden liitokset ovat usein verrattain yksinkertaisesti irrotettavia pulttiliitoksia. Pilarin perustusliitos osoittautuu todennäköisesti näiden rakenteiden vaikeimmaksi purkaa. Perustusliitos sisältää lähes aina betoniin upotettuja teräksisiä liitososia, jolloin alkuperäisten liittimien säästäminen edellyttäisi betoniperustuksen purkamista murtamalla. Purkaminen voidaan tehdä myös leikkaamalla, jolloin liitos tulee uudessa käyttötarkoituksessa suunnitella uudelleen.

Massiivipuulevyistä kootut rakenteet ovat periaatteessa selkeästi purettavissa. Liitokset ovat tyypillisesti ruuviliitoksia, joskin liittimien määrä on yleisesti suuri. Massiivipuulevyjen liitoksissa käytetyt ruuvit ovat pitkiä, mikä voi lisätä riskiä mm. ruuvien katkeamiselle liitosta purettaessa. Selkein purkutapa myös massiivipuulevyrakenteille on rakenteen leikkaaminen liitosalueen vierestä, jolloin kuitenkin uudelleenkäyttöön saatava rakenneosa lyhenee. (Huuhka 2018)



Kuva 10. Purettavia liitosrakenteita Satu Huuhkan pitämässä esityksessä 9.5.2019 Purettavuus, siirrettävyys ja kierrätys – tulevaisuuden rakentamista –seminaarissa Seinäjoella.

C. Moduulirakentamisen kustannustehokkuus

Parhaimmillaan tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna moduulirakenteinen puurakennus vähentää rakennusaikatauluja, työmaan yleiskustannuksia ja taloudellisia hallintokustannuksia. Projektin lyhentynyt rakennusaika tuotantovaiheessa on yksi suurimmista puun kannustimista rakentamisessa. Jopa 30 % nopeampi rakennusaika voidaan saavuttaa verrattuna työmaaintensiivisempiin vaihtoehtoihin. Moderni CNC-prosessointitekniikka mahdollistaa räätälöitävien paneelien valmistuksen, mikä mahdollistaa joustavan, mutta kustannustehokkaan suunnittelun ja rakentamisen. (Niemeläisen 2019)

Lakea Oy on kehittänyt puumoduulirakentamiseen oman Sydänpuu-konseptin, jolle on haettu patenttia. Konseptissa puurakenteiset tilamoduulit kootaan betonisten märkätilamoduulien ympärille. Konsepti säästää rakentamisen kustannuksia ja mahdollistaa asuntojen muunneltavuuden myöhemmin. Kosteat tilat on toteutettu kuivien tilojen tilaelementeistä erillisillä, ilman erillistä runkoa päällekkäin asetettavissa olevilla tilaelementeillä. (Mantila 2019)

Mantilan (2019) mukaan tulevaisuudessa ilmastopolitiikka ajaa energiatehokkaaseen ja hiilineutraalimpaan rakentamiseen. Hiilijalanjälkilaskelmat ovat tulossa osaksi rakentamismääräyksiä ja vastuullisuus korostuu asiakkaiden hankinnoissa. Mantila korosti erityisesti teollisen rakentamisen kehittämisen välttämättömyyttä kilpailukyvyyn kannalta. Hänen mukaansa ainoa tapa nostaa rakennusalan kustannustehokkuutta on teollisen rakentamisen kehittäminen. Tehdasolosuhteissa tehokkuutta voidaan parantaa ottamalla käyttöön autoteollisuudessa käytössä olevia toimintamalleja eli 'liukuhihnatyypistä' toimintaa, jossa moduulit liikkuvat asennusvaiheesta toiseen. Rakennustyömaalla toimintaa ei ole mahdollista enää tehostaa.

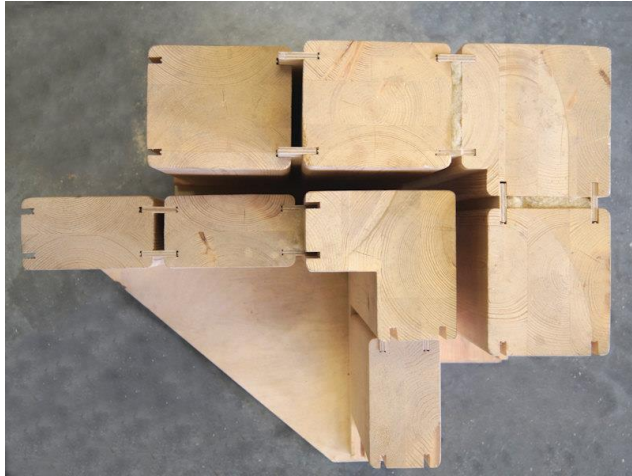
Kekin (2019) mukaan teollinen valmistaminen nopeuttaa aikatauluja, koska rakentaminen voidaan aloittaa jo ennen kuin varsinainen työmaa avataan. On kuitenkin huomioitava, että suunnitelmat pitää olla valmiina ennen tuotannon aloittamista. Muutoksia ei voi tehdä enää työmaalla. Kekin mukaan teollistaminen tuo tehokkuutta ja volyymin kasvaessa etu vielä lisääntyy.

Betonirakenteeseen verrattuna puun käyttö vähentää merkittävästi rakennuksen painoa johtaen vähentyneisiin perustarpeisiin. Kevyemmät puuelementit voidaan asentaa kevyemmällä nosturilla raskaiden ja kalliiden torninosturien sijasta. Puuelementit kuljetetaan työmaalle valmiiksi työstettyinä tai koottuina. Kevyemmät kuormat alentavat kuorma-autojen kokonaismäärää, joka alentaa kustannuksia (Niemeläinen 2019).

3. Nykyajan pystyhirsirakentaminen

A. Pystyhirsirakentamisen menetelmä

Perinteisellä tavalla toteutettu hirsitalo ei ole soveltunut tehdashallissa tehtäväksi. Hirsielementeistä voi kuitenkin koota pystyhirsirakennuksen. Menetelmänä on kasata hirsii vaakasuoraan kuten tähänkin saakka, jonka jälkeen rakennelma kaadetaan kyljelleen. Näin muodostuu tilaelementti, jossa on kaksi seinää, lattia ja katto. Elementin lattian ja katon liitokset ovat lujia, koska ne vastaavat perinteisen talon hirsiseinien nurkkia. Näin saadaan painumaton ja erittäin stabiili pystyhirsimoduuli. Päätyseinät lisätään moduuliin valmiina elementteinä. Tätä hirsitalojen valmistusmenetelmää käyttäen talon voi rakentaa tilaelementteinä tehtaalla. Lähes asumiskelpoisiksi valmistettuja moduuleita voi kuljettaa kuorma-autolla tontille liitettäväksi toisiinsa. (Puumies 10/2018, www.pystyhirsi.fi)



Kuva 11. Pystyhirsirakenteen eristäminen ja profiilin muoto. Kuva: www.pystyhirsi.fi

Vaakahirsirakenteessa ongelmina ovat puun painuminen ja tiiveysongelmat, erityisesti nurkkarakenteissa. Hirsi painuu vaakasuunnassa 0,5 - 2 cm seinän korkeusmetriä kohden, riippuen hirren laadusta. Pyöröhirsi painuu eniten ja lamellihirsi vähiten. Puu ei painu pystysuunnassa, joten pystyhirsirakennus on painumaton rakenne. Lamellihirrestä valmistetussa pystyhirsirakenteessa puun kosteuselämisestä johtuvat tiiveysongelmat ovat eliminoitu. Seinät pysyvät suorina ja tiiviinä, säilyttäen hirsiseinän hyvät ominaisuudet, kuten ylivertaisen kosteuskäyttäytymisen sekä sisäilman laadun. Pystyhirsirakentamisessa lohenpyrstöliitoksin varustetut hirret ladotaan päällekkäin, tapitetaan ja sidotaan vielä yhteen nurkistaan terästangoihin tukevaksi rakenteeksi. (Puumies 10/2018, www.pystyhirsi.fi)

Pystyhirsi mahdollistaa myös monimutkaisten pohjaratkaisujen toteuttamisen. Rakenne on yksinkertainen ja ehkäisee siten rakennusvirheet tehokkaasti. Rakennustapa luo mahdollisuudet monenlaisiin tilasuunnitelmiin. Talosta tulee kestävä ja sitä voidaan rakenteensa puolesta myös siirtää. (Puumies 10/2018)

B. Profiilin muoto ja verhoilumahdollisuudet

Pystyhirsirakennus rakennetaan lamellihirrestä, jossa puun kosteuselämisestä johtuvat tiiveysongelmat ovat eliminoitu. Pystyhirsitalo sopii useisiin erilaisiin kohteisiin niin asuinrakennuksiksi kuin toimistorakennuksiksikin. Se sopii sellaisenaan myös kaava-alueille, jossa julkisivuksi vaaditaan peittomaalattu lauta.



Kuva 12. Seinän alareunan rakenne. Kuva: www.pystyhirsi.fi

Moduulin tai seinäelementin hirren paksuus voidaan valita eristystarpeen mukaan. Lisäeristykseksi riittää toinen hirsikerta, siis toiset seinät ulkoseinien sisäpuolelle. Väliin voi jättää ilmatilan tai täyttää sen esim. luonnonmukaisella eristeellä.

C. Tekniset ratkaisut pystyhirsimoduulin rakentamisessa

Tällä hetkellä rakennettavien pystyhirsimoduulien leveys on yleensä 3,5 metriä, korkeus kolme metriä ja pituutta tarpeen mukaan 12 metriin saakka. Moduuli painaa 10–20 tonnia, joten avuksi tarvitaan autonosturi nostamaan tilaelementit perustuksille. Talot kootaan tehtaalla, ja tontilla tehdään vain perustuksille lasku ja osien liittäminen toisiinsa.

Tämän kokoisen moduulin voi kuljettaa kuorma-autolla tai rekalla ilman saattueita ja erikoislupia. Ne voidaan toimittaa myös erikoiskuljetuksina, jolloin moduulit voivat olla jopa kuusi metriä leveitä ja viisi metriä korkeita. Kuljetuskustannukset kasvavat näin, mutta joskus isojen moduulien kuljettaminen voi olla tarpeen.

Hirsirakennuksen perustus voidaan valita rakennuspaikasta ja talon koosta riippuen joko kierrepaaluista, betonipalkeista tai sen voi tehdä siirrettävänä betoniperustuksena. Ideana on, että rakennukset voidaan siirtää myöhemmin. (Puumies 10/2018)

Pystyhirsirakennus on nopeampi rakentaa kuin vaakahirsirakennus tai lautaverhoillut rakennukset. Rakennuspaikalla pystytettäessä se on mahdollista koota myös yksin, koska hirret ovat mittansa ansiosta kevyitä ja helppoja käsitellä. Pystyhirsirakennus on mahdollista pystyttää ilman nostureita, joten se on

hyvä valinta hankaliin paikkoihin. Se on mahdollista pystyttää myös valmiina seinäelementteinä.
(www.pystyhirsi.fi)



Kuva 13. Rakennuspaikalla pystytettäessä se on mahdollista koota myös yksin, koska hirret ovat mittansa ansiosta kevyitä ja helppoja käsitellä. Kuva: www.pystyhirsi.fi

4. Siirrettävien elementtien teknisiä ratkaisuja

A. Vertailu tehdashallissa rakennettavien ja työmaalla rakennettavien siirrettävien elementtien välillä

Rakennuksia voidaan rakentaa monella eri tavalla, halutessaan voi rakennuksen rakentaa ”pitkästä tavarasta” eli tilata materiaalit työmaalle paikan päälle, missä ne käsitellään ja asennetaan paikalleen. Tällöin saadaan juuri halutunlainen rakennus tekemällä yhteistyötä arkkitehdin kanssa, jolloin lopputulos on aina uniikki. Rakentaminen tällä tavalla on hidasta ja tapahtuu rakennuspaikalla sään armoilla. Tarvittavat työkalut siirretään rakennustyömaalta toiselle. Pitkästä tavarasta rakennetut rakennukset rakennetaan pysyviksi rakennuksiksi ja niitä on hankala tehdä siirrettäviksi.

Pre-cut menetelmässä esivalmistuksen osuus on vähäistä. Ainoastaan sahatavara on esikatottua ja lovettua. Määrämittaan katkottuna työmaalle toimitetaan kantavan ja ei-kantavan rungon osat ja pohjamaalatut ulkoverhouslaudat. Menetelmä helpottaa työtä rakennustyömaalla, mutta muistuttaa muuten pitkästä tavarasta rakentamista työmaapainotteisuudellaan.

Vaihtoehto pitkälle tavaralle on elementeistä rakentaminen. Elementit valmistetaan tehtaalla valmiiksi, joista rakennus kasataan työmaalla. Elementtirakentamisen edut ovat selvät, sillä elementit rakennetaan tehtaalla sisällä kuivissa olosuhteissa linjassa, jolloin rakennuttajayritys saavuttaa materiaalihankinnoissa ja työn jouhevuudessa merkittäviä skaalaetuja ja työ voidaan tehdä halvemmalla kuin saman työn tekeminen pitkästä tavarasta maksaisi. Tehdasolosuhteissa rakennettaessa tarvittavia työkaluja ei tarvitse siirrellä ja rakentamista voidaan myös automatisoida. Elementtien rakennuslaatu on kasvanut merkittävästi viime vuosikymmeninä. Elementeistä rakentaminen on erittäin järkevä vaihtoehto, mikäli ei vaadi rakennuksen olevan täysin ainutlaatuinen pohjarakenteeltaan. Elementtirakentamisen kehittymisen myötä myös uniikimmat rakennukset voidaan nykyään toteuttaa elementeillä. Elementtirakentamiseen on usein valittavana kattavasti optioita tarpeiden mukaiseen rakentamiseen. Elementit voidaan suunnitella purettaviksi ja siirrettäviksi.

Elementit voidaan toteuttaa pienenlementteinä, suurelementteinä tai tilaelementteinä. Pienenlementit voidaan pystyttää miesvoimin. Pienenlementit ovat vakioituja ja ne ovat 300-1200 mm leveitä. Suurelementit ovat kokonaisten seinien levyisiä tai suurempien kohteiden tapauksessa käsiteltävyyden ja kuljettamisen vuoksi maksimissaan 10 metriä leveitä. Tilaelementit ovat katon, seinät ja lattian sisältäviä viimeisteltyjä kokonaisuuksia, jotka ovat myös valmiiksi varusteltuja. Suurelementtien ja tilaelementtien nostamiseen ja asentamiseen tarvitaan nosturi.



Kuva 14. Pienelementtien pystytys. Kuva Harri Lyytinen 2012.

Hirsirakentamisella on Suomessa pitkät perinteet, mikä on perustunut hyvään raaka-aineeseen, käsityötaitoon ja hirsirakennuksen soveltuvuuteen suomalaiseen vaativaan ilmastoon. Uusi teollinen hirsimateriaali, valmistusteknologia ja sisäilmavaatimukset ovat lisänneet mielenkiintoa uudelleen hirsirakentamista kohtaan.

Teollisen hirren käyttömahdollisuudet ovat laajat ja se on vallannut markkinoita sekä yksityisessä talorakentamisessa että julkisessa rakentamisessa kuten kouluissa ja päiväkodeissa. Hirsirakentaminen kiinnostaa yhä enemmän myös suunnittelijoita ja arkkitehtejä, joille teollinen hirsimateriaalina antaa uusia mahdollisuuksia. Kun aiemmin hirsimateriaali oli etupäässä vapaa-ajan rakentamisen materiaali, sitä käytetään kasvavassa määrin jatkuvaan käyttöön tarkoitetuissa rakennuksissa.

Hirsitalot rakennetaan yleisimmin hirsikerrallaan, mutta myös hirsiseinät voidaan kasata tehtaalla valmiiksi seinäelementeiksi. Hirsiseinät rakennetaan tavalliseen tapaan tapittaen, puristetaan hydraulipuristimella tiiviisti yhteen ja kiinnitetään lopuksi toisiinsa kierretangoilla. Hirsiseinäelementit kiinnitetään rakennuksen nurkkapilareihin Sherpa-kiinnikkeillä. Tällä tavalla saadaan myös automaattisesti kaupunkirakentamiseen sopiva city-nurkka aikaiseksi.

Hirsiseinää muistuttava seinäelementti voidaan rakentaa myös käyttämällä CLT-levyä, johon on jysitty hirsikuvio. Nämä pystytetään normaalin CLT-rakennuksen tapaan.



Kuva 15. HOISKO-hirsi. Kuva: www.hoisko.fi



Kuva 16. Moderni hirsitalo painumattomalla hirrellä ja nollanurkalla. Kuva: www.honkatalot.fi

B. Väliseinäratkaisut ja siirron mahdollistavat liitännät

Väliseinät ovat asunnon sisäisiä ja huoneistoja erottavia seiniä. Huoneistojen välisiltä seiniltä vaaditaan useimmiten parempaa palonkestävyyttä ja ääneneristävyyttä kuin asunnon sisäisiltä väliseiniltä. Väliseinä voi olla rungoltaan yksinkertainen, kaksinkertainen tai erilliskorkeinen (ns. siksak-runko). Onnistunut lopputulos edellyttää, että valitaan toteutustavaltaan selkeä runkorakenne, siihen oikein toimivat ja keskenään yhteensopivat rakenteet sekä rakenteisiin edulliset ja tarkoituksenmukaiset materiaalit. Nykyisin vallitsee kaikilla mainituilla tasoilla runsauden pula. Uusia vaihtoehtoja syntyy kaiken aikaa.

Huomattavin osa pientaloista ja varsinkin yksittäisistä omakotitaloista, sekä paikalla rakennettavista, että elementtirakenteisista tehdään edelleenkin puurunkoisina, joissa ulko- ja väliseinät ovat ns. rankarunkorakenteita. Nykyään yleistyvissä CLT-taloissa väliseinät voivat olla CLT:n sijaan myös rankarunkoisia. Myös hirsitaloissa väliseinät voidaan toteuttaa rankarunkoisina, umpiherren sijaan. Hirsitaloissa väliseinien rakentamisessa otetaan huomioon hirsiseinien painuma, mikäli ei käytetä painumatonta hirttä ulkoseinämaterialina.

Kevyet väliseinät ovat helppoja rakentaa ja purkaa, mutta siirrettävyyttä silmällä pitäen väliseinät on tarkoituksenmukaisinta rakentaa elementtirakenteisina. Valmiit väliseinäelementit kiinnitetään muihin rakenteisiin tarkoituksenmukaisilla helposti purettavilla kiinnikkeillä. Yksinkertaisimmillaan väliseinäelementit kiinnitetään lattiaan, kattoon ja muihin seiniin ennalta merkittyihin kohtiin ruuvaamalla ne elementteihin jätetyistä kiinnityskoloista.

Väliseinien kiinnittämiseen on kehitetty myös erilaisia kiinnikkeitä, joista yleisimmin käytetään teräslevystä valmistettuja monileikkeisiä kiinnikkeitä. Monileikkeiset kiinnikkeet kiinnitetään valmiiksi seiniin ja lattioihin. Väliseinät, joissa on valmiit kolot kiinnikkeitä varten, nostetaan paikalleen ja kiinnitetään itseporautuvilla vaarnatapeilla. Hienostuneempi kiinnikeratkaisu on Sherpa-kiinnikkeet, jossa seinään kiinnitetään Sherpan ”naaraspuoli” ja väliseinän pätyyn Sherpan ”urospanpuoli”. Väliseinää paikalleen asennettaessa kiinnikkeen sisäkkäin menevät osat kiinnittävät väliseinän oikeaan paikkaansa. Kumminkin näistä kiinnikeratkaisuista ovat purettavia ja sopivat hyvin siirrettäväksi suunniteltuihin rakennuksiin. (Kujala 2019)

Väliseinän lähtöhirsiseinään voidaan tehdä lohenpyrstöliitoksella, jolloin sisänurkkarakentamisesta tulee tiivis ja toimiva ilman erillisiä kiinnikkeitä. Väliseinä voi olla rankarakenteinen tai hirsirakenteinen. Rankarakenteisen väliseinän kanssa pitää ottaa huomioon mahdollinen hirsisen ulkoseinän painuminen. (www.pellonpuu.fi)

C. Kattoelementtiratkaisut

Perinteisessä rakennuksen vesikaton asennuksessa on monta vaihetta työmaalla. Vuodenaika, rakennuksen koko ja aikataulu asettavat omat rajoituksensa.

Rakennettaessa rakennuksia elementeistä, niiden seinien pystyttäminen on nopeaa. Jotta hyödyt kuivissa tehdasoloissa rakennetuissa elementeissä säilyisivät pitää ne saada myös nopeasti säältä suojatuksi. Myös vesikatto on järkevää valmistaa elementteinä, jolloin rakennukset saadaan nopeasti säältä suojaan. Markkinoilla on monia erilaisia nopean rakentamisen mahdollistavia elementtiratkaisuja, jotka soveltuvat erilaisiin rakennuskohteisiin.

VETOKATTO® on tehtaalla kustannustehokkaasti valmistettu ristikkonippu, johon on asennettu valmiiksi päättelementit, räystäät, aluskate, tuuletusrimat ja ristikkovälin määrittävät tukielimet eli linkut. VETOKATTO® kuljetetaan työmaalle, nostetaan hallitusti seinien yläjuoksujen päälle ja avataan nopeasti ja turvallisesti vetomoottorin vetämänä ja erityisten kitkakelkkojen avulla. Avauduttuaan se muodostaa välittömän sääsuojan. Vetokatto® jää pysyväksi osaksi kattorakennetta ja se soveltuu monimuotoisiin kattoihin. VETOKATTO® soveltuu erinomaisesti omakoti- ja rivitaloihin.



Kuva 17. VETOKATTO®a asennetaan. Kuva: www.rakennuslehti.fi

Ristikkorakenteiset kattoelementit voidaan kasata valmiiksi isoiksi kattolohkoiksi, jotka nostetaan paikalleen nosturilla. Tehtaalla kattolohkojen elementeiksi kasaamisen hyötynä on rakentaminen kuivissa sisätiloissa sekä materiaalien säilytys kuivissa sisätiloissa rakennustyömaahan sijaan.



Kuva 18. Kattoelementin nosto omakotitaloon. Kuva: www.abc-service.fi

Suurempiin rakennuskohteisiin, kuten tuotantohalleihin, myymälöihin, liikuntahalleihin, maalarakennuksiin ja asuinrakennuksiin, katto voidaan asentaa puurakenteisista kattoelementeistä, jotka nostetaan kantavien rakenteiden varaan. Nämä kattoelementit ovat normaalisti 8 – 21 metriä pitkiä ja noin 2,5 metriä leveitä. Ne sisältävät valmiiksi lämmöneristeet, höyrynsulun, LVI-S läpiviennit, alapinnan ja materiaalista riippuen myös vesikatemateriaalin. Pelti- tai tiilikatemateriaalit asennetaan työmaalla. Elementit rakennetaan kuivissa tehdastiloissa, pakataan säänkestäviin nippuihin ja kuljetaan työmaalle asennettavaksi. Elementtien asennus on nopeaa, yhden työpäivän aikana voidaan asentaa yli 100 neliötä kattoelementtejä. Tällöin aikaa vaativa, huonoille sääoloille altis ja vaarallinen kattotyö jää työmaalla minimiin, eikä työmaalla tarvitse varastoida suurta määrää katon tekemiseen tarvittavia rakennusmateriaaleja. (www.seikat.fi)



Kuva 19. Kattoelementtien asennus on nopeaa. Kuva: www.termater.fi

Myös välikattoeristeisten rakennusten vesikatto voidaan rakentaa elementeistä. Vesikaton lappeet valmistetaan tehtaalla valmiiksi elementeiksi ja nostetaan paikalleen kantavien rakenteiden varaan. Asennus on nopeaa ja rakennus on nopeasti suojattu säältä.



Kuva 20. Kattolape-elementin asennusta. Kuva: www.simons.fi

D. Erilaisten perustusratkaisujen eroja ja hyötyjä

Perustusrakenteet jäävät yleensä piiloon maan pinnan alapuolelle ja tästä johtuen niiden merkitys usein unohtuu omakotiprojektia suunniteltaessa. Perustus on kuitenkin rakennuksen tukijalka, johon kaikki yläpuoliset rakenteet tukeutuvat ja jonka toimivuus ja luotettavuus ovat ensiarvoisen tärkeää rakennuksen kestävyys ja käyttöänsä kannalta. Etenkin rakentaminen pehmeiköille hienorakeisten ja eloperäisten maakerrosten alueilla vaatii asiantuntemusta. Riittävien pohjatutkimusten perusteella voi asiantunteva pohjarakennussuunnittelija valita perustamistavan, joka vastaa rakenteen ja pohjamaan vaatimuksia.

Perustukset käsittävät tavallisesti rakennuksesta maaperään kuormia välittävän anturan, perusmuurin (joskus pilarit) ja näihin liittyvät kosteuden kulkua säätelevät kerrokset ja lämmöneristeet. Rakennusten perustukset on suunniteltava huolellisesti, sillä perustusten virheellisestä toteutuksesta aiheutuneet vauriot aiheuttavat yleensä myös vaurioita muissa rakenteissa. Niiden korjaaminen on erityisen vaikeaa ja kallista. Perustukset ryhmitellään niiden alapinnan korkeusaseman perusteella kahteen pääryhmään: matalaperustuksiin ja syväperustuksiin.

Matalaperustus

Matalaperustus tarkoittaa sitä, että perustukset jäävät kokonaan routarajapinnan yläpuolelle. Maaperän jäätyminen perustusten alta estetään riittävällä routaeristyksellä.

Maanvarainen perustus

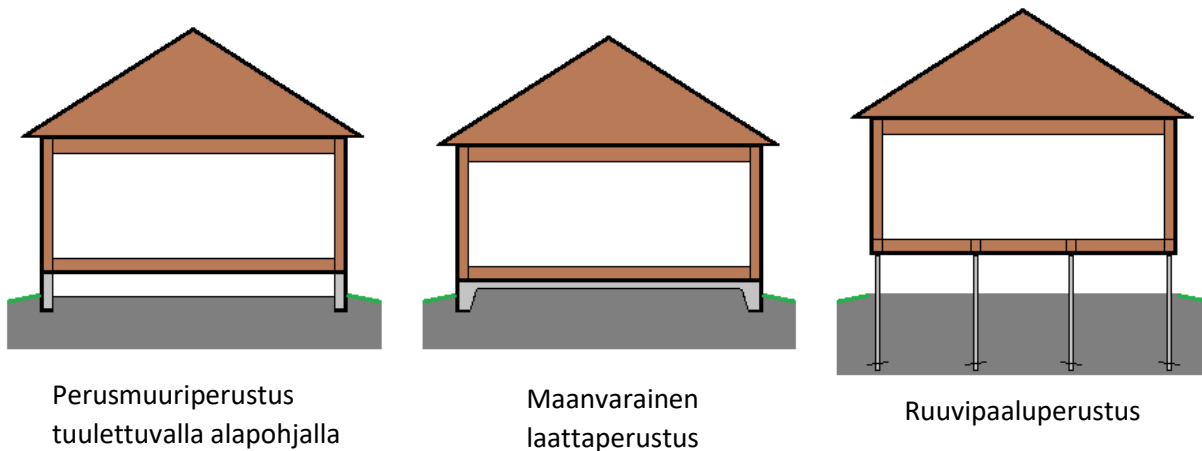
Pientalojen yleisin perustusratkaisu on maanvarainen perustus. Maanvarainen alapohja on edullisinta rakentaa silloin, kun rakennuspaikan korkeuserot ovat pienet.

Maanvaraisessa perustuksessa anturan päälle rakennetaan sokkeli eli perusmuuri. Perusmuuri voidaan tehdä muottiin betonista valamalla tai harkoista muuraamalla. Perusmuurin sisäpuoli täytetään kokonaan kiviaineksella, asennetaan eristeet ja valetaan betonilattia eristeiden päälle. Toinen maanvarainen perustamistapa on reunavahvistettu laatta. Siinä nimensä mukaisesti valetaan betonilaatta maan päälle, mutta laatan ulkoreunat tehdään paksummiksi. Tässä perustamistavassa ei tehdä erillistä anturaa tai sokkelia. Näitä molempia ratkaisuja kutsutaan maanvaraisiksi alapohjiksi. Alapohjasta puhuttaessa tarkoitetaan yleensä lattian ja siihen liittyvien rakenteiden muodostamaa kokonaisuutta

Tuulettuva alapohja

Tuulettuvaksi alapohjaksi kutsutaan alapohjarakennetta, jossa maan ja lattiarakenteen väliin jätetään minimissään 80 cm tilaa. Tällainen alapohjarakenne voidaan tehdä rakentamalla yhtenäisen jatkuvan

sokkelin päälle kantava lattiarakenne. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi kantavalla palkistolla. Tällaista alapohjaa kutsutaan ryömintätalilliseksi alapohjaksi eli rossipohjaksi. Lattian ja maan väliin jäävän ryömintätilan tuuletuksesta on muistettava huolehtia sokkeliin tehtävillä tuuletusaukoilla. Tuulettuva alapohja voidaan toteuttaa myös pilariperustuksena. Siinä rakennuksen alle pystytetään sopivin välimatkoin pilareita, joiden päälle rakennetaan kantava lattiarakenne.



Kuva 21. Erilaisia perustusratkaisuja. Kuva: <https://rkntkn.blogspot.com>

Integroitu maanvarainen betoniperustus

Teijo-Talot on kehittänyt ainutlaatuisen tuotanto- ja siirtomenetelmän, jota voidaan soveltaa kaikessa uudisrakentamisessa. Kaikissa rakennuksissa on aina maanvarainen teräsbetoniperustus kiinteästi mukana. Tämän ansiosta rakennukset valmistuvat nopeasti ja voivat sijaita elinkaarensa aikana useassa eri paikassa. Rakennukset valmistetaan alusta loppuun kuivissa ja tarkoin valvotuissa tehdasolosuhteissa, joten ne pysyvät kuivina koko rakennusprosessin ajan vuodenaikasta riippumatta.

Teijo-Talot-tilaratkaisut rakennetaan tehtaalla jämerän teräsbetoniperustuksen päälle. Tämä maanvarainen konseptiperustus kulkee kiinteästi rakennuksen mukana tehtaalta tontille. Rakennukset rakennetaan tehtaalla jämerän teräsbetoniperustuksen päälle. Tontilla rakennusmoduulit lasketaan betoniperustuksineen sorapedille, liitetään toisiinsa sekä tehdään yhdyskuntatekniikan liittymien kytkennät. Tarvittaessa rakennus voidaan siirtää seuraavalle sijoituspaikalle, jolloin tontille jäävät jäljelle vain tiivistetty tasattu sorakenttä sekä yhdyskuntatekniikka. (www.teijotalot.fi)



Kuva 22. Teijo-Talot moduulien asennusta sorapedille. (Teijo-Talot esitys Seinäjoella 9.5.2019)

Syväperustus

Syväperustuksella tarkoitetaan rakennuksen massasta aiheutuvien kuormien viemistä pilareiden tai perusmuurien välityksellä routarajan alapuolelle.

Paalutus

Tontit ovat yhä useammin kaavoitettu pehmeikköalueille, joissa maapohjan kantavuus ei riitä maanvaraisille perustuksille. Perustamisratkaisu on tällöin paaluperustus. Paalutustapoja ja paalutyyppejä on monia. Oikean paalutyyppin ja paalutusmenetelmän valinta riippuu rakennuspaikan pohjasuhteista ja ympäröivistä rakenteista. Perinteisten teräsbetonisten lyöntipaalujen lisäksi voidaan käyttää myös lyötäviä tai porattavia teräspaaluja. Teräspaalujen paalukokoja on erityisesti pientalojen perustamiseen. Teräspaalujen asennukseen tarvittava asennuskalusto on kevyttä. Kevyt kalusto mahdollistaa alhaiset kustannukset, operoimisen ahtaillakin tonteilla ja vähäiset ympäristövaikutukset.

Paaluille perustettu rakennus ei painu vaikka ympäröivä maa painuisikin. Paaluperustusten yhteydessä käytetään kantavaa alapohjaa. Maata vasten rakennettujen kantavien alapohjien alle muodostuu helposti tuulettumaton tyhjä tila painuvan maanpinnan ja tukevasti paalulle perustetun kantavan alapohjan väliin.

Tuulettamaton tila rakennuksen alla on lämmin ja kostea homepesä, joka on riski sekä rakenteille että asukkaiden terveydelle. Tästä syystä alapohja tulisi tehdä hyvin tuulettuvaksi ryömintätilalliseksi rakenteeksi.

Ympäröivän maan painuminen on otettava huomioon erityisesti liittyviä rakenteita, kuten viemäreitä ja vesijohtoja sekä pihan rakenteita suunniteltaessa. Painuminen saattaa aiheuttaa esteettisiä virheitä ja putkivetojen rikkoontumisia, mikäli mahdollisia painumaeroja ei oteta rakenteissa huomioon.

Paaluperustusjärjestelmät

Paaluperustuksia voidaan käyttää paitsi pehmeikköalueilla myös kantavilla maapohjilla ratkaisuisissa, joissa paalut liitetään suoraan rakennuksen kantavaan runkoon ilman erillisiä anturoita ja sokkelirakenteita. Tällä perustamisratkaisulla perustukset valmistuvat nopeasti, mikä lyhentää koko rakennuksen valmistumisaikaa. Paalut voidaan ulottaa maanpinnan yläpuolelle ja paalujen päälle asennetaan palkisto ja edelleen esimerkiksi perinteinen rossipohja. Tällöin ei tarvita anturarakenteiden muotituksia, raudoittamista ja betonin kovettumisen odottelua muuttien purkamisesta puhumattakaan. Routasuojausta ei välttämättä tarvita lainkaan, mikäli paalut ulotetaan riittävän syvälle routarajan alapuolelle ja tarvittaessa injektoidaan. Suuria maanrakennustöitä ei tarvita. Ympäristö säilyy ehjänä, mikä sopii erityisesti tonteille, joissa halutaan suojella alkuperäisluontoa. Anturarakenteiden salaojitusta ei tarvita, jos kallistukset riittävät ryömintätilan kuivana pitämiseen. Perustustyöt voidaan tehdä mihin vuodenaikaan tahansa, myös talvella. Porattavat teräspaalut voidaan myös purkaa suuria jälkiä ympäristöön jättämättä ja käyttää uudelleen. (www.rakennaoykein.fi)



Kuva 23. Ruuvipaaluperustuksen päälle pystytetty hirsikehikko. Kuva: www.paalupiste.com

E. Elementtien koon vaikutus kustannustehokkaisuun kuljetusratkaisuihin

Kuljetuksen kustannuksiin vaikuttavat kuljetusmatkan pituus, kuljetuskaluston määrä ja erikoiskuljetusten tarve. Rakennukseen tarvittavat elementit ovat järkevintä valmistaa siten, että kuljetuskalustoa tarvitaan mahdollisimman vähän. Toisin sanoen, kun yhteen kuormaan saadaan pakattua mahdollisimman paljon elementtejä, kustannukset vähenevät. Jos kuljetuskaluston määrää voidaan vähentää, silloin myös kuljetettu kilometri/rakennus vähenee. Jos elementit ovat niin suuria, että tarvitaan erikoiskuljetuskalustoa, myös kuljetuskustannukset nousevat. Suurille elementeille myös nostokaluston pitää olla järeämpää. Kuljetuksen ja käsittelyvyyden vuoksi suurelementtien pituus onkin rajattu 10 metriin. (www.puuinfo.fi: Woodfocus Oy - avoin puurakennusjärjestelmä – elementtirakenteet)

F. Elementtien/moduulien tuentaratkaisut kuljetuksen aikana

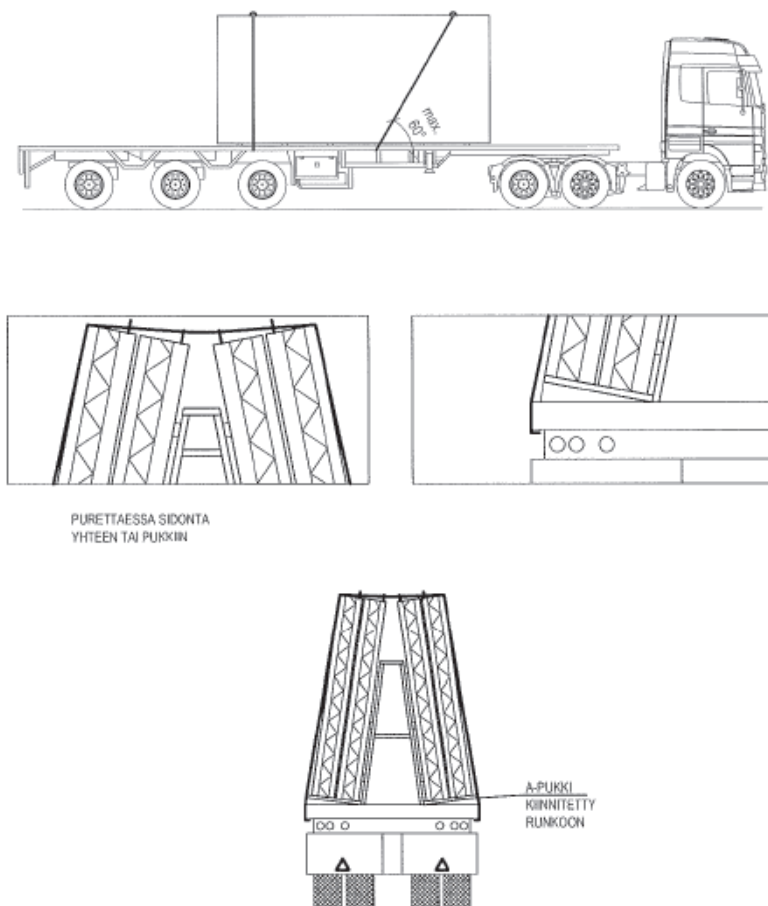
Elementtien kuljetuksissa noudatetaan voimassaolevia lakeja, asetuksia ja viranomais määräyksiä. Maantiekuljetuksia koskevia lakeja, asetuksia ja määräyksiä on paljon. Kuorman käsittelyä ja ajoneuvoa koskevat mm. seuraavat lait ja asetukset:

- Tieliikennelaki
- Asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä (4.2.1992/1257)
- Tiekuljetussopimuslaki
- Asetus autojen ja perävaunujen rakenteesta ja varusteista (1248/2002)
- Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista (1715/1992)
- Liikenneministeriön päätös ajoneuvojen kuormakoreista, kuormaamisesta ja kuorman kiinnittämisestä (940/1982)
- Työturvallisuuslaki

Ajoneuvossa oleva kuorma ei saa siirtyä, kaatua tai pudota siten, että se voi haitata ajoneuvon liikenneturvallista käyttöä. Kuorma ei saa oleellisesti liikkua, kun kuormaan vaikuttaa eteenpäin voima, joka vastaa kiihtyvyyttä 10 m/s² tai sivulle tai taaksepäin voima, joka vastaa kiihtyvyyttä 5 m/s².

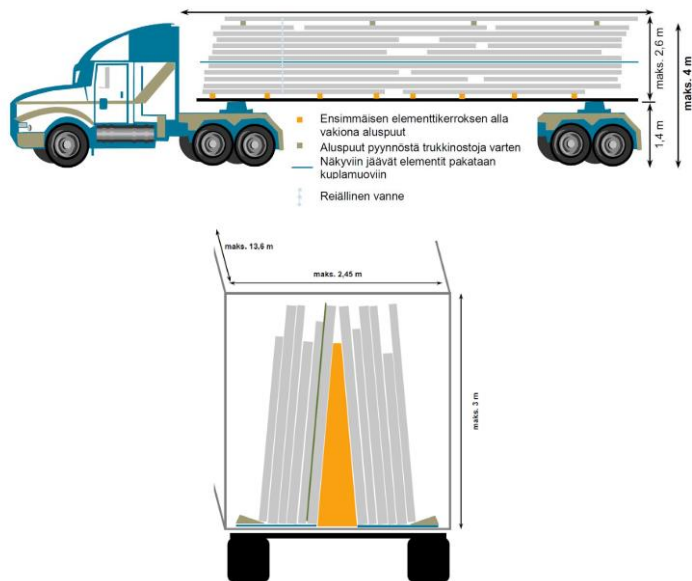
Elementit tulee siten sitoa eteenpäin kuorman painon suuruiselle voimalle ja sivulle sekä taaksepäin 50%:lle kuorman painosta.

Korkeat seinäelementit kuljetetaan kuljetuspukkeihin tuettuina. Pituussuuntaan kuljetuspukki sidotaan ketjuilla kuljetusalustaan tai alusta varustetaan toppareilla, joihin pukki tukeutuu. Elementit sidotaan toisiinsa yläpäästään nostolenkeistä. Suositeltava sidontakulma pituussuunnassa on enintään 60°. Kuorman toispuolisen purun mahdollistamiseksi on kuljetuspukit aina kiinnitettävä sivusuunnassa kuljetusalustaan.

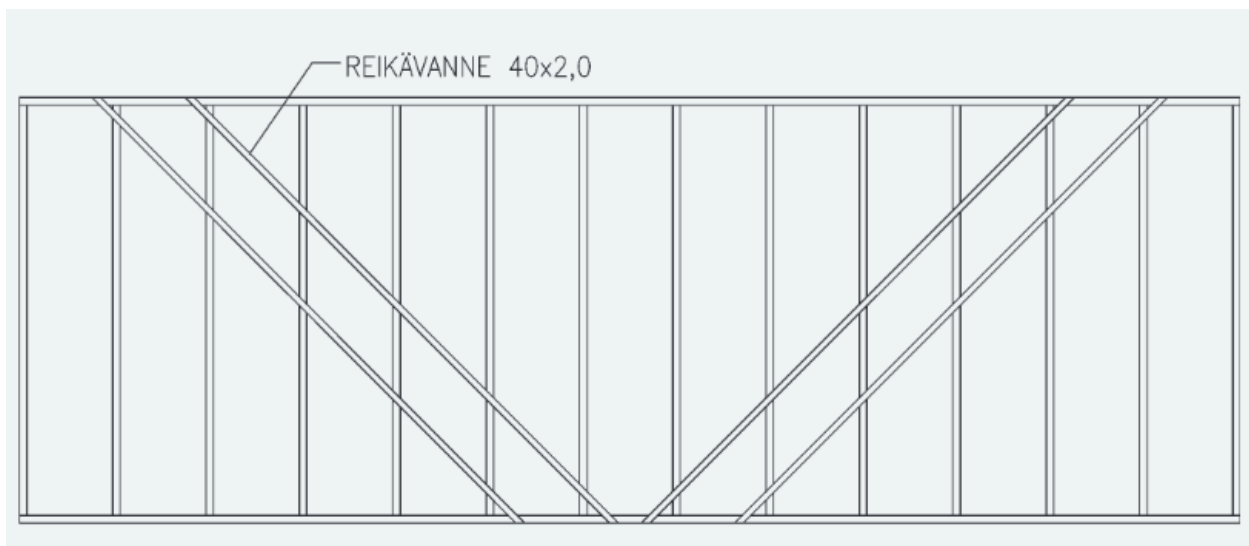


Kuva 24. Elementtien tuenta A-pukkeihin kuljetuksessa. kuva: www.elementtisuunnittelu.fi

Elementit ovat teollisesti mittatarkasti valmistettu tiettyä rakennusta varten. Kuljetuksen ajaksi rankarunkoiset elementit tulee tukea ristiin mittatarkkuuden ja laadun säilymiseksi. Runkoelementtien jäykisteinä voidaan käyttää esimerkiksi teräksisiä reikävanteita. Valmiiksi levytetyt elementit tuetaan ikkuna- ja oviaukoista purettavilla puisilla ristikkäistuilla. CLT-elementit ovat ristiin laminoinnin ansiosta itseään tukevia, joten niihin ei tarvita purettavia ristikkäistukia. CLT-elementit voidaan kuljettaa pystyssä tai lappeellaan päällekkäin pinottuna.



Kuva 25. CLT-elementit kuljetuksessa. Kuva: www.puuinfo.fi



Kuva 26. Seinäelementin teräksiset reikävannejäykisteet. Kuva: www.puuinfo.fi (Woodfocus Oy - avoin puurakennusjärjestelmä – elementtirakenteet)

5. Moduuli- ja elementtirakentamisen vertailua

Rakennusalan suunnittelijat ja rakentamisen ammattilaiset korostavat moduulirakentamisen nopeutta, laadun valvonnan helpoutta sekä kustannustehokkuutta. Moduulien rakentaminen on teollinen prosessi, ja sitä pystytään tehostamaan parantaen näin kustannustehokkuutta. Työmaalla prosessia ei pystytä enää tehostamaan nykyisestä. Puurakentamisen kannattavuuden parantaminen edellytyksenä on asiantuntijoiden mukaan teollisten prosessien kehittäminen. Myös laatua on helpompi valvoa mm. liitoksia, ilmatiiveyttä ja materiaalin laatua, koska moduulien esivalmistus on teollisessa prosessissa viety pitkälle.

Kaikki Suomessa valmistuneet uudet puukerrostalot ovat moduulirakenteisia. Ilmeisesti rakentamisen nopeus ja helppous korostuvat erityisesti moduulirakentamisessa. Tällä hetkellä moduulien rakentajista on Suomessa pulaa, mikä hidastaa ja vähentää puukerrostalojen rakentamista.

Elementtirakentaminen on eräänlainen välimuoto työmaalla rakentamisen ja moduulirakentamisen välillä. Elementit valmistetaan tehdasolosuhteissa, mutta kokoaminen tehdään työmaalla. Esimerkiksi Eco School –konseptissa käytettävien suurten moduulien voidaan ajatella olevan välimuoto elementtirakentamisen ja moduulirakentamisen välillä. Konseptissa puhutaan moduuleista, mutta moduulit ovat niin suuria n. 600 m², joten niitä ei voida kuljettaa kokonaisina työmaalle vaan ne pitää koota työmaalla.

Moduulirakentamista ja elementtirakentamista yhdistelemällä voidaan rakentaa arkkitehtonisesti näyttäviä puurakennuksia. Näitä rakentamistapoja ei tulisi asettaa vastakkain vaan käyttää molempien parhaita puolia hyväksi. Molemmat näistä rakennustavoista ovat teollista rakentamista, jotka lyhentävät työmaalla tapahtuvaa rakentamisaikaa, vähentävät kustannuksia ja ovat helpommin hallittavissa työmaalla tapahtuvaan rakentamiseen verrattuna.

6. Yhteenveto ja johtopäätöksiä

Siirrettävyys ja muuntojoustavuus

Erityisesti kouluista, päivä- ja hoivakodeista halutaan nykyään muuntojoustavia ja siirrettäviä. Siirrettävät ratkaisut ja moduulirakentaminen ovat nykypäivän ratkaisuja sekä suureneviin että pieneneviin oppilasmääriin, sillä koulun voi tarvittaessa siirtää tai vähentää ja lisätä käytössä olevia tiloja. Koulujen tai niiden osien siirto on jo nykypäivää Suomessa. Myös koulujen vuokraus on tullut vaihtoehdoksi oman rakennuksen rakentamisen sijaan, jolloin rakennukset ovat siirrettäviä.

Koulujen opetustoiminta on muuttumassa interaktiivisempaan ja avoimempaan suuntaan. Oppimisesta halutaan tehdä aktiivista ja käytännönläheistä, ja oppimisympäristöt räätälöidään pedagogisten painotusten mukaan. Uusien opetustilojen halutaan siksi olevan muuntojoustavia ja käyttäjiensä mukana kehittyviä. Modulaariset ja muuntojoustavat tilat ovat avattavia ja suljettavia luokka- ja tiimityötiloja. Pedagogisesti harkitut oppimisympäristöt mahdollistavat joustavuuden ajan, paikan, oppimissisältöjen ja toteutustapojen ja suhteen.

Siirrettävät rakennukset ovat lisääntymässä myös sekä asumisessa että matkailualueilla. Siirrettävyys lisää investoinnin turvallisuutta ja monikäyttöisyyttä, koska rakennus voidaan viedä sinne, missä sitä kulloinkin tarvitaan. Asuinrakennusten siirto on Suomessa uutta, ja siinä tarvittavista käytännön ratkaisuisuista ja siirron onnistumisesta ei ole vielä laajempaa kokemusta.

Moduulirakentaminen

Kaikki rakentamisen ja rakennussuunnittelun asiantuntijat korostivat v. 2019 pitämässään seminaariesityksissä moduulirakentamisen nopeutta, laadun valvonnan helppoutta sekä kustannustehokkuutta.

1. Moduulit rakennetaan sisätiloissa ja se vaikuttaa laatuun. Laatu on tasaisempaa ja kosteusolosuhteet ovat täysin hallinnassa. Laatua on helpompi valvoa mm. liitoksia, ilmatiiveyttä ja materiaalien laatua.
2. Moduulien rakentaminen on teollinen prosessi, ja sitä pystytään tehostamaan parantaen näin kustannustehokkuutta. Työmaalla prosessia ei pystytä enää tehostamaan nykyisestä. Puurakentamisen kannattavuuden parantaminen edellytyksenä on teollisten prosessien kehittäminen.
3. Moduulirakentaminen on nopeaa. Tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna moduulirakenteinen vähentää rakennusaikatauluja, työmaan yleiskustannuksia ja taloudellisia hallintokustannuksia. Projektin lyhentynyt rakennusaika tuotantovaiheessa on yksi suurimmista puun kannustimista rakentamisessa. Teollinen valmistaminen nopeuttaa aikatauluja myös, koska rakentaminen voidaan aloittaa jo ennen kuin varsinainen työmaa avataan.

Pystyhirsirakentaminen

Pystyhirsirakentaminen on vanha menetelmä, mutta se on tällä hetkellä uudistumassa ja siirtymässä sisällä tehtävään moduulirakentamiseen. Nykyaikaisessa pystyhirsirakentamisessa rakentaminen voidaan tehdä lähes kokonaan sisällä tehdashallissa. Ideana on kasata hirsii ensin vaakasuoraan, jonka jälkeen rakennelma kaadetaan, ja näin muodostuu tilaelementti. Elementin lattian ja katon liitokset ovat lujat, sillä ne ovat samanlaiset kuin perinteiset hirsiseinien nurkat. Moduulista tulee näin painumaton ja stabiili. Päättyneinä lisätään moduuliin valmiina elementtejä.

Hirsimoduulin voi kuljettaa kuorma-autolla tai rekalla ilman erikoislupia, mikäli sen leveys on maksimissaan 3,5 m. Rakennuspaikalla pystytettäessä pystyhirsirakennus on mahdollista koota yksin, koska hirret ovat mittansa ansiosta kevyitä ja helppoja käsitellä. Pystyhirsirakentaminen on liiketoimintana uutta, ja sen kannattavuutta tai pääsyä laajemmille markkinoille ei pysty vielä arvioimaan.

Elementtirakentaminen

Myös elementtirakentamisessa korostuu rakentamisen nopeus, laadun valvonnan helppous sekä kustannustehokkuutta.

1. Elementit rakennetaan sisätiloissa ja se vaikuttaa laatuun. Laatu on tasaisempaa ja kosteusolosuhteet ovat täysin hallinnassa. Laatua on helpompi valvoa mm. liitoksia, ilmatiiveyttä ja materiaalien laatua.
2. Elementtien rakentaminen on teollinen prosessi, ja sitä pystytään tehostamaan parantaen näin kustannustehokkuutta.
3. Elementtirakentaminen on nopeaa. Tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna elementtirakentaminen vähentää työmaa-aikaa ja työmaan yleiskustannuksia.

Hirsirakentaminen

Hirsirakentamisen kilpailukyky perustuu esivalmistukseen, rakennusten pitkäikäisyyteen ja arvon säilymiseen. Hirsirakentaminen on ilmastoteko, jota tulisi edistää julkisen vallan toimin sekä julkisella rakentamisella että verokannustimin. Myös iduillaan oleva vihreän rakentamisen rahoittaminen on hyvä keino puurakentamisen edistämiseksi osana ilmastomuutoksen torjuntaa. (Puuinfo 2018)

Lähteet:

De Berardinis, P., Marchionni, C & Capannolo, L. (2017) MOB: OM: A multifunctional prefabricated and flexible module. Int. J. Comp. Meth. and Exp. Meas., Vol. 5, No. 4 (2017) 522–531

Cederlöf, N. (2016). Tulevaisuuden koulu: siirrettävä moduulikoulu uuden oppimisympäristön pilottina

Huuhka, S., Köliö, A., Annala, P., & Poti, A. (2018). Puurakenteiden uudelleenkäyttömahdollisuudet. (Muuttuva rakennettu ympäristö; Nro 4), (Rakennetekniikka. Tutkimusraportti.; Nro 165). Tampere: Tampere University of Technology.

Jianmei Wu, Liping Liu, Hongpeng Xu, (2017). Evaluation Method For Wooden Buildings Disassemblability and Case Verification, UIA 2017 Seoul World Architects Congress

Keisu, S. (2016). Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.

- Kekki, T. (2019). Esitys Puurakentaminen – kiinnikkeet ja liittimet –tapahtumapäivässä 29.10.2019.
- Kujala, A. (2019). Esitys Puurakentaminen – kiinnikkeet ja liittimet –tapahtumapäivässä 29.10.2019.
- Leikkonen, M. (2019). Esitys Purettavuus, siirrettävyys ja kierrätys – rakentamisen tulevaisuutta – seminaarissa 9.5.2019 Seinäjoella.
- Mantila, T. (2019). Esitys Ilmastoviisasta rakentamista –seminaarissa Seinäjoella 24.10.2019.
- Niemeläinen, A. (2019). Esitys Ilmastoviisasta rakentamista –seminaarissa Seinäjoella 24.10.2019.
- Puumies 10/2018. TeijoTube – uusi innovaatio pystyhirsimoduulien valmistukseen.
- Stora Enso (2012). A Shell Construction (4/2012). Saatavissa: <http://www.clt.info/wp-content/uploads/2015/10/Shell-construction-EN.pdf>
- Vihola, J. (2019). Esitys Kuntamarkkinoilla 2019.
- <https://hoivatilat.fi/ratkaisut/koulu/>
- <https://elementit.fi/toimintamalli/>
- <https://www.kaleva.fi/teemat/koti/asuntopuntari/vessa-lasikatto-keittokomero-ja-huone/769377/>
- <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/olokoto-tuotanto-kontiolle-turistit-pitavat-lasikattoisista-rakennuksista/7686d137-857c-445a-9f58-c5a0bb52dbce>
- <https://www.kontio.com/fi-FI/olokoto>
- <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/rakentaminen/artikkeli-1.406762>
- <http://olokoto.fi/fi/tietopaketti/>
- <http://www.parmaco.fi/>
- <http://www.pellopuu.fi/www/rakenneratkaisuja/>
- <http://www.pystyhirsi.fi>
- <https://www.puuinfo.fi/tiedote/teollinen-hirsi-uudistaa-monisatavuotisen-hirsirakentamisen-perinnett%C3%A4>
- <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/avoin-puurakennusjarjestelma-elementtirakenteet/elementtirakenteet.pdf>
- <https://www.rakennaoikein.fi/perustaminen-paaluille-91278/uutiset.html>
- <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/12045/pohjatytot.htm>

<https://www.rudus.fi/kotipolku/perustukset-ja-runkotyot/apua-suunnitteluun/valmistele-perustukset-kerralla-kuntoon>

<https://www.seikat.fi/onni-kattoelementti/>

<http://www.teijocon.com>

<https://www.teijotalot.fi/toimintatapa/>

Liite 1. Catarina Thormark (2001): Design for disassembly and recycling.*Recycling Potential and Design for Disassembly in Buildings*

Table 7.1 Guidelines for design for disassembly and reuse/recycling in building design.

Guideline	Reasons for the guideline
Choice of materials	
Choose recycled materials. Choose recyclable materials.	Stimulates the recycling market. Reduces waste to landfill. Increases the value of the product when it will be replaced.
Parts containing hazardous materials should be easy to remove.	Facilitates elimination of hazardous parts.
Minimise the number of different materials if they constrain the recycling process.	Simplifies dismantling and sorting.
Make inseparable parts from the same material or a material that does not constrain the recycling process.	Reduces the need for dismantling and sorting.
Code and mark all materials.	Simplifies the sorting and recycling process.
Design of construction	
Reduce number of parts.	Simplifies dismantling.
Modular designs will be easier to reuse.	Facilitates service and exchange.
Pay attention to stability during dismantling.	Dismantling is a reversed building process.
Design for serviceability.	Decreases disposal of non-functioning products.
Choice of Joints & Connections	
If two parts cannot be recycled together, make them easy to separate.	Simplifies the recycling process.
Design to enable use of common hand tools for disassembly.	Special tools may not be identified or available.
Avoid adhesives unless compatible with both the parts joined together.	Adhesives often cause contamination of materials.
Minimise the number of fasteners and joints.	Simplifies dismantling.
Fasteners and joints should be easy to locate, access and remove.	Facilitates the planning of dismantling and the dismantling process.
Try to use joints and fasteners of material compatible with the parts connected.	Enables disassembly operations to be avoided
Pay extra attention to the consequences of joints and fasteners if the goal is design for reuse.	Increases the amount suitable for reuse.
Modular designs will be easier to reuse.	Facilitates service and exchange.
Pay attention to stability during dismantling.	Dismantling is a reversed building process.