



RAPORTTI

FCLT-HANKE | CLT-LIITOSRATKAISUJA

8.8.2017

Paloturvallisuus

CLT:n kaltaisen massiivisen puulevyn on todettu kestävän tulipalossa tavallista puuta paremmin. Syynä tälle on CLT:n tiheys ja kosteuspitoisuus. CLT-levyissä kosteutta on noin 12 % ja syttyäkseen kosteuden on ensin kokonaan haihduttava CLT-levyn sisältä. Palotilanteessa CLT-levy ei pala, vaan sen pinta alkaa hiiltä. Hiiltyminen suojaa levyn sisempiä kerroksia vaurioitumasta ja näin estää rakennetta romahtamiselta. Itävaltalainen Holzforschung Austria on Stora Enson toimesta testannut CLT:n palonkestävyyttä eurokoodien mukaisesti ja tuloksena CLT:n palonkestävyys on todettu erinomaiseksi. (Pulkkinen 2016, 19.)

Rakennukset jaetaan kolmeen paloluokkaan (TAULUKKO 1). Palomääräysten perusteella puu- ja CLT-rakenteiset kerrostalot kuuluvat luokkaan P2. Suomen palomääräykset vaativat, että yli 2-kerroksisten puukerrostalojen on kestettävä paloa 60 minuuttia, eli ne kuuluvat paloluokkaan P2. Määräysten mukaan rakennuksien paloturvallisuutta on parannettava laitteiden ja pintaosien avulla, jolloin kaikkiin yli 2-kerroksisiin puukerrostaloihin on asennettava automaattinen palonsammutusjärjestelmä eli sprinkleri-järjestelmä. Tämä tekee puurakenteisesta kerrostalosta yhä paloturvallisemman. (Pulkkinen 2016, 19.)

TAULUKKO 1. Rakennuksen paloluokat (Pulkkinen 2016, 20.)

Paloluokka P1	Rakennuksen kantavien rakenteiden oletetaan kestävän palossa sortumatta. Rakennuksen kokoa ja henkilömäärää ei ole rajoitettu.
Paloluokka P2	Rakennuksen kantavien rakenteiden vaatimukset mahdollisesti edellisen luokan tasoa matalammat. Turvallisuustaso saavutetaan asettamalla vaatimuksia pintaosien ominaisuuksille ja paloturvallisuutta parantaville laitteille. Rakennuksen koko ja henkilömäärä rajoitetut.
Paloluokka P3	Rakennuksen kantavilla rakenteilla ei palonkestävyyden suhteen erityisvaatimuksia. Turvallisuustaso saavutetaan rajoittamalla kokoa ja henkilömääriä.

Rakennuksissa esim. seinien paloluokat ilmoitetaan Eurokoodeilla REI 60, REI 90 ja REI 120. Rakennusosat jaetaan näihin luokkiin sen perusteella, miten ne kestävät paloa. Kirjaintunnus REI ilmoittaa rakenteen kantavuuden, tiiveyden ja eristävyysajan kestämisen. Kirjainyhdistelmän perässä oleva luku ilmoittaa palonkestävyysajan minuutteina. (Pulkkinen 2016, 20.)

Stora Enson nettisivuilta löytyvissä paloturvallisuuden tutkimusraporteissa todetaan, että esim. paloluokan REI 60 saavuttamiseen seinärakenteessa, riittää ainoastaan 100 mm paksu CLT-levy. Paloluokkaan REI 120 pääseminen vaatii 100 mm paksun CLT-levyn lisäksi noin 40 mm paksun mineraalivillan sekä 12,5 mm paksun palonsuojalevyn. Välipohjissa paloluokkaan REI 90 pääseminen edellyttää raporttien mukaan esim. 140 mm paksun CLT-levyn, 40 mm paksun mineraalivillan ja 12,5 mm paksun palonsuojalevyn. Myös 160 mm paksu CLT yksinään välipohjassa täyttää paloluokan REI 90 vaatimukset. (Pulkkinen 2016, 20.)

Suomen rakentamismääräyksissä rakennusmateriaalit jaetaan vielä erikseen eri luokkiin niiden vaikutuksesta palon syttymiseen ja leviämiseen, savuntuottoon ja palavaan pisarointiin. Kirjain A-F kuvaa tarvikkeiden osallistumista paloon, s1-s3 kuvaa savun tuottoa palossa ja viimeinen d0-d2 palavan materiaalin tuottamia palavia pisaroita tai osia. Esimerkkinä betoni kuuluu luokkaan A1 ja kipsilevy luokkaan A2. Rakennuspuutavara kuten CLT-levyt kuuluvat luokkaan D. CLT:n luokka kokonaisuudessaan on D-s2, d0. Tämä tarkoittaa materiaalia, jonka osallistuminen paloon on hyväksyttävissä, savuntuotto on vähäistä ja palavia pisaroita tai osia ei esiinny. (Pulkkinen 2016, 20.)

Paloturvallinen pinta

CLT:n on testattu olevan hyvin paloturvallinen materiaali. Peittämällä tai pinnoittamalla rakenteen sisäpinnalle tuleva CLT-levy, saadaan aikaan yhä paloturvallisempi pinta. Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa esitetään vaatimukset sisä- ja ulkopuolisten pintojen paloluokista. CLT-rakenteisten kerrostalojen kuuluvan paloluokan P2. P2-paloluokan 1-2-kerroksisissa rakennuksissa sisäpuoliset pinnat on verhoiltava B-s1, d0 luokkaan kuuluvalla rakennustarvikkeella. Yli 2-kerroksisissa rakennuksissa on lisävaatimuksia eli CLT-rakennuksen tapauksessa vaaditaan lisäksi automaattinen palosammutusjärjestelmä. Myös ulkoseinissä P2-luokan rakennuksissa puu ulkoverhouksen ensimmäinen kerros sekä uloskäytävien ja varateiden ylä- ja alapuoliset pinnat on tehtävä vähintään B-s1, d0-luokan rakennustarvikkeesta. B-s1, d0 tarkoittaa luokkaa, jossa tarvikkeiden osallistuminen paloon on hyvin rajoitettu, savuntuotto on erittäin vähäistä ja palavia pisaroita tai osia ei esiinny. (Pulkkinen 2016, 35.)

Yleisimmin seinärakenteessa CLT-levyt peitetään kipsilevyllä. Tämä on tutkitusti paloturvallisuuden kannalta CLT:n paras palosuoja. Pinnoitteiden osalta on olemassa erilaisia palonsuoja-aineita, joita voidaan käyttää niin sisä- kuin ulkotiloihin tulevien puisten rakennustarvikkeiden suojaamiseen. Esimerkiksi Multiprotect palonsuoja-aineet soveltuvat sisä- ja ulkokäyttöön sekä ovat ympäristöystävällisiä, myrkyttömiä ja värittömiä. Multiprotect palonsuoja-aineet ovat tarkoitettu nimenomaan puisten rakennustarvikkeiden teolliseen sekä työmaalla tapahtuvaan palonsuojaukseen. Stora Enso käyttää puutuotteidensa suojaukseen nimenomaan multiprotect palonsuoja-aineita. Lisäksi on olemassa mm. Woodstain palosuojapetsejä, joiden avulla saadaan B-s1, d0 palonsuojaluokitus sekä mm. Teknosafe 2407-maalausyhdistelmä, jolla vaadittu palonsuojaluokitus saadaan myös täytettyä. (Pulkkinen 2016, 35-36.)

Ääneneristävyys

Äänitekniset ominaisuudet

Puurakenteisen asuinrakennuksen äänieristys poikkeaa kivirakenteisen asuinrakennuksen äänieristyksestä. On tutkittu, että puurakenteisessa rakennuksessa erityisesti matalataajuiset äänet kuuluvat voimakkaampina kuin kivirakenteisessa. Tämä on usein suurin haaste puukerrostalon äänieristysteknisyyttä suunniteltaessa. Sen sijaan korkeataajuiset äänet kuten puhe, saadaan puurakenteisessa rakennuksessa tehokkaasti eristettyä. Tämän seurauksena äänimaailmaa puurakenteisessa asuinrakennuksessa kuvaillaankin usein miellyttäväksi. (Pulkkinen 2016, 15.)

Äänieristys

Hyvien rakenne-, kosteus- ja lämpöominaisuuksien lisäksi CLT:tä markkinoidaan hyvät äänieristysominaisuudet omaavaksi rakennusmateriaaliksi. CLT yksinään on puun tapaan melko kevyt materiaali ja sen äänieristys ei ole kovinkaan hyvä. Puun paksuus ei vaikuta äänieristykseen, vaan äänen heijastuminen johtuu puun tiiviistä, ääntä heijastavasta rakenteesta. Puurakentamisessa suurimpana haasteena on usein riittävän äänieristuksen saavuttaminen ja värähtelyn ehkäiseminen. Erityisesti asutuissa monikerroksisissa puutaloissa haasteena on riittävän askeläänieristuksen saavuttaminen ja yleisesti, etteivät asuinhuoneiston äänet erityisesti välipohjan kautta kuuluisi viereiseen tai alla olevaan huoneistoon. (Pulkkinen 2016, 15-16.)

Ratkaisu puurunkoisen asuinrakennuksen äänieristuksen toteutumiseen on saatu käyttämällä monikerrosrakenteita. Seinärakenteeseen on lisätty jokin huokoinen materiaali esim. lämmöneriste ja näin saatu aikaan ääntä vaimentava kerros. Lämmöneriste vaimentaa ääntä resonoinnin eli oman värähtelynsä avulla. Myös rimoitusta ja rei'itystä on käytetty puupinnoille äänen vaimennuksen saamiseksi. (Pulkkinen 2016, 16.)

Rakennusten äänimaailmaa voidaan arvioida kahden tunnusluvun avulla. Ilmanäänieristysluvulla R_w tai R_w' mittaustavasta riippuen, tarkoitetaan rakenteen kykyä eristää ääntä tilojen välillä. Rakentamismääräysten mukaan ilmanäänieristysluvun tulee olla asuinhuoneiston ja sitä ympäröivien tilojen välillä vähintään 55 desibeliä (dB). Toinen lukuarvo, jonka avulla rakenteen ääniominaisuuksia tutkitaan ja arvioidaan, on askeläänieristys L_n , w tai L'_n , w asuinhuoneistojen välisissä välipohjissa. Askelääni on ääntä, joka aiheutuu esim. lattialla kävelemisestä tai tavaroiden siirtelystä. Rakentamismääräysten mukaan askeläänitasoluku asuinhuoneistossa saa enimmillään olla 53 dB. Askeläänieristystä suunniteltaessa ja tehdessä on kuitenkin suositeltavaa pyrkiä mahdollisimman hyvään askeläänieristävytyteen. (Pulkkinen 2016, 16.)

CLT:tä markkinoidaan sisäiseltä äänimaailmaltaan miellyttäväksi, mutta toisaalta riittävän äänieristuksen saavuttaminen on liitetty myös haasteeksi CLT-rakentamisessa. Jani Brännare on opinnäytetyössään laskenut ja analysoinut CLT:n äänieristysominaisuuksia rakentamismääräysten pohjalta ja tuloksena todennut, että vaikka CLT-levy väliseinissä tai välipohjassa olisi 300mm, on sen ilmaäänieristysluku kuitenkin vain noin 49 desibeliä (dB). Brännaren mukaan CLT:n paksuuden kaksinkertaistaminen ei myöskään riitä täyttämään rakentamismääräystä. Rakenteen jäykkyys, massa ja tiiveys vaikuttavat sen ääneneristystoimivuuteen. CLT-levy on rakenteeltaan massiivinen ja kuitenkin myös tiivis ja jäykkä, mutta siitä huolimatta se ei yksinään ole riittävä ääneneristäjä. CLT:n äänieristuksen tutkimisessa vertailuna voidaan käyttää esim. betoniseinää. Jo 180 mm paksun betoniseinän ilmaäänieristävyys on noin 58 dB. (Pulkkinen 2016, 16.)

Ratkaisuja, joiden avulla ilmanäänieristyslukua ja askeläänieristystä saadaan CLT-rakenteisessa talossa parannettua, ovat jonkin huokoisen eristeen esim. villan tai levyn lisääminen seinärakenteeseen. Välipohjissa kelluvat valulaatat betonista ovat yksi toimivaksi

todetuista ääneneristysratkaisuista. Niiden avulla saadaan lisää massaa välipohjaan, jolloin myös ääneneristävyys paranee. Toinen melko yleinen vaihtoehto on akustisen jousirangan lisääminen välipohjaan. Akustinen jousiranka toimii jousen periaatteella vaimentaen ylhäällä olevan välipohjan värähtelyä. Näiden ratkaisujen avulla saadaan CLT-rakenteiseen asuinrakennukseen toimiva äänieristys. (Pulkkinen 2016, 17.)

Värähtely

Värähtelyä eli resonanssia syntyy, kun ääniaalto kohtaa rakenteen. Värähtely synnyttää ääntä rakenteen toiselle puolelle ja värähtelyn suuruus riippuu värähtelevän rakenteen massasta. Raskas ja tiheä rakenne värähtelee kevyttä rakennetta vähemmän äänenpaineen ollessa sama, joten raskaat rakenteet kuten betoni ja tiili eristävät paremmin ääntä, kuin esim. puu, materiaaalipaksuuden ollessa sama. (Pulkkinen 2016, 17.)

Tavalliset puurakenteet ovat massaltaan kevyitä ja värähtely on puurakenteille ominaista. Värähtely onkin yksi suurimmista haasteista puurakentamisessa. CLT-levyt ovat rakenteeltaan massiivipuisia, joten niiden värähtelyominaisuudet ovat tavallista puuta parempia, mutta eivät riitä teräsbetonirakenteiden tasolle. Värähtelyä pyritään estämään mm. seinien erilaisten liitosten avulla. Tämä on helppo toteuttaa, kun elementti- ja tilaelementtirakentamisessa jokaisella elementillä on omat lattia- ja seinälevyt. Edellä mainittu akustinen jousiranka vaimentaa myös värähtelyä tehokkaasti välipohjissa. (Pulkkinen 2016, 17.)

Linkkejä

Paloturvallisuus

Puuinfo. 2016. Suojaverhous. Tekninen tiedote. Saatavissa: https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/TEKNINEN_TIEDOTE_Suojaverhous.pdf. Viitattu 8.8.2017.

Puuinfo. Mitoitusohjelmat. Eurokoodi 5:een perustuvia laskentaohjelmia. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/mitoitusohjelmat>. Viitattu 8.8.2017.

Stora Enso. 2013. Paloturvallisuus. Saatavissa: <http://www.clt.info/fi/tuote/tekniset-tiedot/paloturvallisuus/>. Viitattu 8.8.2017.

Ääneneristävyys

Lahtela, T. 2004. Ääneneristys puutalossa. Puurakenteisen asuinrakennuksen ääneneristävyyden suunnitteluohje. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohjeet/aaneneristys-puutalossa/koko-ohje.pdf>. Viitattu 8.8.2017.

CLT-liitosratkaisuja

Rothoblaas. 2017. Handbook for CLT buildings. Saatavissa: <https://www.rothoblaas.com/cross-laminated-timber>. Viitattu 8.8.2017.

KLH Massivholz GmbH. 2011. Component catalogue for Cross Laminated Timber structures. Saatavissa: http://www.klhuk.com/media/30351/klh_component%20catalogue%20for%20cross%20laminated%20timber%20structures_version%2001_2011.pdf. Viitattu 8.8.2017.

CLT-rakenneliitoksia

KLH Massivholz GmbH. 2012. Component catalogue for multi-storey residential buildings. Saatavissa: http://www.klh.at/en/download/public/Kreuzlagenholz/KLH_Residential_en.pdf. Viitattu 8.8.2017.

Puukerrostalon jäykistysesimerkkejä

Lepikonmäki, L. 2014. Puukerrostalojen jäykistysratkaisut käytännössä. Saatavissa: <http://2014.puupaiva.com/sites/default/files/Puukerrostalojen%20j%C3%A4ykistysratkaisut%20k%C3%A4yt%C3%A4nn%C3%B6ss%C3%A4.pdf>. Viitattu 8.8.2017.

Holopainen, J. 2016. Puurakenteisen rakennusrungon jäykistäminen puurakenteisilla tasoilla. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/107611/Holopainen_Jari.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Viitattu 8.8.2017.