

RT-KORTIN 82-11168 PÄIVITYS

HIRSITALON SUUNNITTELUPERUSTEET



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö
Rakennusmestari (AMK), Hämeenlinnan korkeakoulukeskus
syksy 2020
Taneli Lamminaho

Koulutus

Tiivistelmä

Hämeenlinnan korkeakoulukeskus

Tekijä Taneli Lamminaho

Vuosi 2020

Työn nimi Opinnäytetyön nimi

Ohjaajat Kalle Rohola

TIIVISTELMÄ

Työni tavoitteena oli Rakennustiedon suunnitteluohjeen Hirsitalon suunnitteluperusteet RT 82-11168, päivittäminen sekä muodostaa määritelmä painumattomalle hirsirakenteelle.

Suunnitteluohjeen päivitys on osa Rakennustietosäätiö STS sr:n laajempaa ohjekorttien muutosohjelmaa. Hirsitaloteollisuus ry sai hirsirakentamisen asiantuntijayhteisönä tehtäväkseen ohjekortin sisällön tarkastuksen, jonka kautta valikoiduin työn suorittajaksi.

Ohjekortin sisältöä muokattiin aikaisempaa paremmin hirsitalon suunnittelijan tarpeita vastaavaksi. Lainsäädännön muuttuminen, määräyksistä asetuksiin ja hirsirakentamisen kehityksen mukanaan tuomat muutokset, on nyt päivitettyinä hirsitalon suunnitteluperusteisiin. Painumattomalle hirsirakenteelle saatiin muotoiltua painumarajallinen määritelmä ja sille hirsitalotehtaiden hyväksyntä.

RT-kortin sisällön muokkaus vaati paljon asiaan paneutumista ja pohdintaa. Lopullisten sanamuotojen saavuttaminen on monien kommenttikierrosten tulos. Kiitän yhteistyöstä ja luottamuksesta, Hirsitaloteollisuus ry.

Avainsanat Hirsi, Painumaton hirsirakenne, Suunnitteluohje

Sivut 31 sivua

Author Taneli Lamminaho

Year 2020

Subject Updating Instructions in RT 82-11168 Designer Principles of a Log House

Supervisors Kalle Rohola

ABSTRACT

The aim of this thesis was to bring the RT-kortti (RT 82-11168) Designer Principles of a Log House up to date and to define incompressible log wood construction.

The RT 82-11168 update was part of an extensive modification of log construction designer guidelines. The log construction experts in The Finnish Log House Industry Association were asked to inspect the contents of the updates made to the RT 82-11168 principles and therefore I was chosen to execute this task.

The contents of RT 82-11168 were adjusted to meet log construction designers' needs better than before. Changing legislation with all the new codes and guidelines as well as the changes in log wood construction are now brought up-to-date in the Designer Principles of Log House. We were able to define the incompression of a log wood construction and managed to get it accepted by log wood building companies.

The modification of the Instructions in RT 82-11168 Designer Principles of a Log House required a lot of pondering and immersing oneself in the subject of matter. To reach the final phrasing is a result of many rounds of comments. I want to thank The Finnish Log House Industry Association for their trust and collaboration.

Keywords Designer principles, incompressible log wood construction, log wood

Pages 31 pages

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	Tilajaorganisaatiot	2
2.1	Rakennustieto	2
2.2	Hirsitaloteollisuus ry	3
3	Hirsi.....	4
3.1	Hirsirakentaminen Suomessa	4
3.2	Hirsi rakennusmateriaalina	5
3.3	Hirsirakennuksen erityisominaisuudet	6
3.3.1	Hirren kosteuskäyttäytyminen.....	6
3.3.2	Hirren painumat	7
3.3.3	Hirsirakenteen ilmatiiveys.....	8
3.3.4	Hirsiseinän suojaus.....	9
3.3.5	Energiatehokkuus.....	10
3.3.6	Palonkesto	12
3.3.7	Ääneneristävyys	14
4	Hirsitalon suunnitteluperusteiden päivitys	16
4.1	Lähtötilanne	16
4.2	Toteutustapa	17
4.3	Toteutus	17
4.3.1	Lainsäädännön muutokset.....	17
4.3.2	Asiasisällön muutokset.....	22
4.3.3	Painumaton hirsirakenne	27
5	Yhteenveto	29
	Lähteet.....	30

Taulukot

Taulukko 1. Hirsiseinien palonkestävyyssajat.....	13
Taulukko 2. Eristämättömien hirsien ilmaääneneristysluvut.....	15
Taulukko 3. Päivitetyt energiamuotojen kertoimet.....	19
Taulukko 4. Massiivipuurakennuksen E-luvun raja-arvot.....	20

1 Johdanto

Rakennustiedon julkaisemat RT-kortit toimivat Suomessa rakentamista ohjeistavina julkaisuina. Ohjekorteissa on tiiviissä muodossa esitetty rakennusalan ammattilaisilta mahdollisimman laaja-alaisesti kerätty tieto. Kun rakennusalan sopimuksissa veloitetaan hyvän työtavan mukaista suoritusta, usein viitataan RT-korttiin, jonka ohjeiden mukaisesti työ tulee toteuttaa. Ei olisikaan väärin todeta RT-korttien määrittävän rakennusalan standardit. Tämän vuoksi ohjekortista tulee löytyä viimeisin ja paikkansa pitävin tieto.

Ohjekortti Hirsitalon suunnitteluperusteet RT 82-11168 on päivitetty viimeksi vuonna 2014. Tämän jälkeen on rakentamista ohjaavassa lainsäädännössä tapahtunut muutoksia. Tuona aikana myös hirsirakentaminen on kokenut monia muutoksia, esimerkiksi uusien innovaatioiden muodossa. Näistä syistä johtuen, oli tullut aika ajantasaistaa ohjekortin sisältö.

Tässä työssä päivitetään RT-kortin 82-11168 sisällön hirsitalon suunnittelijan tarpeita vastaavaksi. Työssä tuodaan esiin hirsirakennuksen erityisominaisuudet sekä niiden huomioimisen tarve hirsirakentamisessa. Ohjekortin sisältöä tarkastellaan sekä lainsäädännön että asiasisällön näkökulmasta. RT-kortin sisältämä lainsäädäntö tulee ajantasaistaa nykyisiä asetuksia vastaavaksi. Muutosehdotuksia varten tutustun Suomen säädöskokoelmaan, muuhun lähdekirjallisuuteen ja käyn läpi omaa työkokemustani. Tämän jälkeen hyväksytän tekemäni muutokset hirsirakentamisen ammattilaisten kommentointikierröksellä.

Hirsirungon painuminen on rajoittanut hirren käyttöä korkeiden rakennusten runkomateriaalina. Lisäksi suurten lasiaukkojen ja eritasoperustusten toteuttaminen on ollut sitä käyttäen haasteellista. Lääkkeeksi tähän ongelmaan hirsitalotehtaat ovat kehitelleet painumattoman hirren, jonka painumat ovat muuta puurakentamista vastaavia. Painumattoman hirren profiilit vaihtelevat eri hirsivalmistajien mukaan, kuten myös tapa koota niistä painumaton hirsirakenne.

Hirsitaloteollisuus on kokenut epäloogisena käsitteen yksittäisestä painumattomasta hirrestä, kun niistä kuitenkin aina kootaan rakenne, yleensä hirsiseinä. Heidän mielestään painumattoman hirren sijaan tulisi käyttää termiä painumaton hirsirakenne. Terminä painumaton hirsirakenne on kuvaava, ei absoluuttinen totuus, sillä kuormituksen alla sekin painuu. Paljonko painuma saisi enimmillään olla, jotta siitä saa käyttää termiä painumaton hirsirakenne? Tähän kysymykseen

pyrin työssäni saamaan vastauksen. Painumattoman hirsirakenteen ja sen painumarajan määrittelemiseksi lähetän hirsitalotehtaille kyselyn, jonka vastausten pohjalta saisi määritelmän muotoiltua. Työni tavoitteena on painumattoman hirsirakenteen määritelmä ja sen lisääminen osaksi suunnitteluohjetta.

2 Tilaajaorganisaatiot

2.1 Rakennustieto

Suomalaisen rakentamisen ohjeistusta on koottu RT-kortistoksi vuodesta 1942 alkaen. Tuolloin Suomen Arkkitehtiliiton Jälleenrakennustoimiston nimellä toimintansa aloittanut Rakennustieto sai alkunsa. Perustajina toimivat Suomen arkkitehtuurin suurnimet Alvar Aalto ja Viljo Revell. RT-kortisto syntyi tyydyttämään sodan aiheuttaman jälleenrakennuksen standardisoinnin ja ohjeistuksen tarvetta. Ensimmäisen kortiston perusta, 70 standardin sarja, valmistui 1943. Alvar Aalto määritteli uuden kortiston laatutavoitteiksi ajantasaisuuden, helppokäyttöisyyden, arvovaltaisuuden sekä sisällön täydellisen kattavuuden. Näihin arvoihin pohjautuvaa työtä on 1970-luvulta saakka jatkanut Rakennustieto. Rakennustieto muodostuu Rakennustietosäätiö STS sr:stä ja Rakennustieto Oy:stä. (Rakennustieto, 2020)

Rakennustietosäätiö STS sr on rakennusalan puolueeton vaikuttaja ja Rakennustiedon omistajayhteisö, joka vastaa koko yhteisön tutkimus- ja kehitystoiminnasta sekä huolehtii yhteiskuntasuhteista. Yleishyödyllisen säätiön tarkoituksena on edistää sekä hyvää kaavoitus- ja rakennustapaa että hyvää kiinteistönpitotapaa. Säätiötä ja sen toimintaa ohjaavat hallitus ja edustajisto, jossa koko rakennus- ja kiinteistöala on edustettuna 55 järjestön ja yhteisön kautta. (Rakennustieto, 2020)

Säätiö harjoittaa toimialansa tietopalvelutoimintaa ja hankkii suunnitteluohjeilleen eri osapuolien mahdollisimman laajan hyväksynnän. Säätiö laatii lisäksi toimialaansa liittyviä tutkimusohjelmia ja harjoittaa tutkimus- ja tuotekehitystoimintaa sekä kansainvälistä ja kotimaista yhteistyötä. Säätiö tukee myös toimialansa tiedettä ja taidetta. (Rakennustieto, 2020)

Rakennustieto Oy on Rakennustietosäätiö RTS sr:n omistama osakeyhtiö, joka toimii kiinteistö- ja rakentamisan tietopalveluiden ja julkaisujen kustantajana. Tietopalveluita ja alan kirjallisuutta tuotetaan rakentamisen, infran, talotekniikan, sisustamisen ja kiinteistönpidon tarpeisiin sekä alan ammattilaisille että kuluttajille. (Rakennustieto, 2020)

Rakennustiedosta löytyvät ajankohtaiset rakennusalan säännökset, ohjeet ja tuotetiedot sekä vastaukset rakentamisen teknisiin ongelmiin. Rakennustieto tiedottaa alan muuttuvista määräyksistä ja ajankohtaisista asioista. Tietotuotanto on ajantasaista ja alan tietotarpeista tehdään jatkuvaa selvitystyötä. Ajankohtaisen tiedon lisäksi Rakennustiedosta löytyy myös rakentamisen historiatietoa. (Rakennustieto, 2020)

2.2 Hirsitaloteollisuus ry

Hirsitaloteollisuus ry on alansa johtavien suomalaisten hirsitalotehtaiden yhteinen järjestö, jonka jäsenyrityksiä ovat:

- Suomen lomakoti Oy (Artichouse)
- Euro Loghouses Oy
- FINN-BOIS MTR Oy
- Den Finland Oy (Finnlamelli)
- Honkarakenne Oy (Honka)
- Oy Primapoli Ltd (Honkatalot)
- Huvila Seppälä Oy
- Kiirunatalot Oy
- Kontiotuote Oy (Kontio)
- Kuusamo Hirsitalot Oy
- Ollikaisen Hirsirakenne Oy
- Pellopuu Oy (Lapin Punahonka)
- Oy Timber Frame Ltd
- Pohjan Timber-Hirsi Oy
- Vaaran Aihkitalot Oy
- Vehasen Talot Oy

Yhdistyksen jäsenyritykset valmistavat yli 80 % kaikista Suomessa tehtävistä hirsirakennuksista ja tuotteita viedään yli 40 maahan. Viennin osuus tuotannosta on yli 20 %. Jäsenyritykset noudattavat suunnittelussaan ja tuotannossaan tarkasti rakentamisen määräyksiä ja toimituksissa alan yhdessä sovittuja ehtoja. (Hirsitaloteollisuus ry, 2020)

Yhdistyksen asioita hoitaa jäsenyritysten toimihenkilöistä koostuva hallitus, sekä yhdyskuntaryhmästä, vientiryhmästä ja EU-ryhmästä koostuvat asiantuntijaryhmät. Yhdistyksen viestinnästä vastaa toimitusjohtaja Seppo Romppainen. (Hirsitaloteollisuus ry, 2020)

3 Hirsi

3.1 Hirsirakentaminen Suomessa

Hirsirakentaminen on kehittynyt maapallon pohjoisella havupuuvyöhykkeellä, missä sille on ollut luontaiset edellytykset. Hirsirakentamisesta tuli luonteva tapa hyödyntää puuta lähellä sen alkuperäistä muotoa. Hirsi oli pääasiallinen rakennusmateriaali maassamme aina 1900-luvun alkuun saakka.

Rankarakenteiset puutalot alkoivat yleistyä 1920-luvulla ja ne syrjäyttivät hirsirakennukset lähes kokonaan sotien jälkeisellä jälleenrakennuskaudella 1940-luvulta alkaen. Hirsirakentamisen kulttuuri on kuitenkin jatkunut maassamme vahvana vapaa-ajan rakentamisessa ja hirsi on edelleen kesäasuntojen valtamateriaali. Hirsirakentaminen on kuitenkin viime aikoina vahvistanut asemaansa pientalojen, rivitalojen ja myös pienten julkisten palvelurakennusten kuten päiväkotien ja koulujen toteutuksessa. Moderniin kaupunkiympäristöön soveltuvia hirsitalomalleja on toteutettu maassamme viime aikoina jo kokonaisina kortteleina. Puu on uusiutuva rakennusmateriaali, ja sen suotuisat ympäristövaikutukset ja terveellisyys korostuvat yhä enemmän rakentajien valintaperusteissa.

Teollinen hirrenvalmistus yleistyi 1950-luvulta lähtien ja hirsirakentaminen muuttui nopeasti teolliseksi tuotantoprosessiksi. Hirsitalo kehittyi tuotteena voimakkaasti 1970- ja 1980-luvuilla, jolloin löydettiin uusia ratkaisuja tiiviyyteen, lämmöneristävyyteen, kutistumiseen ja rakenteiden

painumiseen liittyviin ongelmiin. Teollisen hirsitalon kehitystyö jatkuu edelleen ja uusia innovaatioita otetaan jatkuvasti käyttöön. Lähes 90 % suomalaisista uusista hirsitaloista on nykyisin teollisesti toteutettuja. Teollisten menetelmien yleistyessä suorakaideprofiloitu höylähirsi erilaisine muunnelmineen on syrjäyttänyt pyöröhirren sen jäädessä lähinnä vapaa-ajan rakennusten materiaaliksi. (RT 82-11168, 2014, s. 11)

Nykyaikainen tietokoneohjattu teollinen esivalmistus mahdollistaa mm. hirsien esikuivatuksen ja mittatarkkojen liitosrakenteiden valmistuksen. Tietokoneavusteinen suunnittelu (CAD) ja tietomallinnus (BIM) sopivat hyvin hirsirakentamiseen ja antavat mahdollisuuden tehokkaaseen ja joustavaan tuotanto- ja rakentamistapaan. Osien valmistuksessa voidaan soveltaa nykyaikaista automaatio- ja robottitekniikkaa (CAM) ja hyödyntää työstöissä tehokkaita CNC-työasemia. Hirsikehän pystytys tapahtuu työmaalla yleensä muutamassa päivässä ja talo saadaan nopeasti vesikaton alle. Hirsirakenteet ovat vankkoja, loogisia ja yksinkertaisia ja soveltuvat yhtä hyvin perinteiseen kuin moderniin arkkitehtuuriin. (RT 82-11168, 2014, s. 11)

Suomalaiset teolliset hirsitalot ovat herättäneet kiinnostusta myös ulkomailla ja vuonna 2009 hirsitaloja vietiin yli 60 maahan. Suomi on edelleen maailman johtavia teollisten hirsitalojen valmistajamaita. (RT 82-11168, 2014, s. 11)

3.2 Hirsi rakennusmateriaalina

Hirsi voidaan määritellä puumateriaalista veistämällä, höyläämällä tai sorvaamalla valmistetuksi rakennustarvikkeeksi. Hirsiä hyödynnetään pääsääntöisesti rakennusten seinärakenteena sekä joissain tapauksissa välipohja- ja kattorakenteiden kantavina palkkeina. Hirret voidaan valmistaa massiivipuusta tai puusoiroista liimaamalla, muodoltaan joko pyöreiksi tai kulmikkaiksi. Hirsituotteen valinnalla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen ulkonäköön sekä rakenteen ominaisuuksiin, kuten painumiseen ja palonkestävyyteen.

Yleisin hirren valmistusmateriaali on mänty, joka muodostaa hirsirakentamiseen sopivia, suoria ja vähäoksaisia runkoja. Myös kuusta voidaan käyttää hirsien valmistuksessa. Kuusipuun väri on

tasaisen vaaleaa, kun taas männyn sydänpuu erottuu pintapuusta selvästi tummempana. (Lakkala, Pihlajaniemi & Tiainen, 2017, s. 22)

Teollisesti valmistetut hirret voidaan jakaa kahteen eri hirsityyppiin, massiivi- ja lamellihirsiin.

Massiivihirsi valmistetaan yhdestä puukappaleesta. Valmistapoja on monia. Puusta voidaan työstää sorvaamalla pyöröhirsi, joka on poikkileikkausmuodoltaan ympyrä tai sitä lähellä oleva muoto. Sahaamalla ja höyläämällä valmistetaan kulmikas hirsi. Massiivihirren valmistusprosessi on lamellihirttä yksinkertaisempi, jonka vuoksi se on hinnaltaan edullisempi. Massiivihirsien dimensiot ovat sidoksissa saatavilla oleviin tukkipuihin, joten sen kokovalikoima on rajallinen. Suunniteltaessa massiivihirsistä rakennusta tulee huomioida hirsirakennuksen erityisominaisuuksien korostunut vaikutus.

Lamellihirsi on kahdesta tai useammasta puukappaleesta liimaamalla valmistettu hirsi. Lamelleina käytetään joko pysty-, vaaka- tai ristisaumoin toisiinsa liimattuja höylättyjä lankkuja, joita voidaan jatkaa sormijatkoksien. Rakenteensa ansiosta lamellihirsien kokovalikoima on laaja ja sen vääntyily sekä halkeilu ovat massiivihirttä vähäisempää.

3.3 Hirsirakennuksen erityisominaisuudet

Rakennuksen runkomateriaalina hirsi poikkeaa monelta osin ranka- ja kivirakenteista. Hirsirakennusta suunniteltaessa ja toteutettaessa on hyvä tiedostaa nämä hirsirakennuksen erityisominaisuudet.

3.3.1 Hirren kosteuskäyttäytyminen

Puun kutistuminen riippuu syyn suunnasta. Syyn pituussuuntainen kutistuminen on pieni toisiin suuntiin verrattuna. Puun kutistuessa kosteasta (kosteus noin 29 %) täysin kuivaksi kuivumiskutistuma on kehän suunnassa noin 8 % ja säteen suunnassa noin 4 % kuvan 15 mukaisesti. (RT 82-11168, 2014, s. 4)

Kehän suuntainen kutistuma on kaksinkertainen säteen suuntaiseen verrattuna, joten kuivumisen yhteydessä syntyy jännityksiä. Kun puun kuivumisesta johtuvat jännitykset ylittävät vetolujuuden, syntyy halkeamia. Halkeamien suuruuteen vaikuttavat hirren kosteus ja koko. Suuressa hirressä luonnollisesta kuivumisesta johtuvat halkeamat saattavat olla isoja. Halkeamilla ei ole haitallista vaikutusta lämmönjohtumis- tai lujuusarvoihin. (RT 82-11168, 2014, s. 4)

Puu ja puupohjaiset rakennusmateriaalit ovat hygroskooppisia aineita, jotka sitovat itseensä ympäröivän ilman vesihöyryä tai luovuttavat sitä takaisin, kun ympäröivän ilman suhteellinen kosteus vaihtelee. Hirsiseinä on massiivipuinen rakenne, johon voi helposti siirtyä ympäristöstä diffuusiolla vesihöyryä ja jossa vesihöyry voi sitoutua hygroskooppiseen aineeseen tai vapautua siitä ja siirtyä helposti takaisin ympäristöön. (RT 82-11168, 2014, s. 3)

Hirsirakenteella on suuri tehollinen kosteuskapasiteetti, jonka ansiosta se pystyy hyvin tasaamaan sisäilman suhteellisen kosteuden vaihteluita.

Kosteusvaihtelut tapahtuvat hirren molemmin puolin n. 5 cm:n paksuisessa kerroksessa, joten paksussa seinän sisäosassa kosteus pysyy lähes muuttumattomana vuodesta toiseen sen saavutettua tasapainokosteuden. (HTT RY, 2012, s. 3)

Vesihöyryn sitoutuminen tai vapautuminen hirsirakenteesta vastaa hyvin ajalliseen, mutta ei kausiluonteiseen tarpeeseen. Kuivan tai kostean ääritilanteen jatkuessa huoneilmassa useita vuorokausia, asettuu hirren pintaosan kosteus huoneilman kanssa tasapainoon, eikä ilmankosteuden tasausta tämän jälkeen tapahdu.

3.3.2 Hirren painumat

Hirsirunkoon käytettävien höylähirsien kosteuden tulee olla toimitettaessa 20 ± 4 % puun kuivapainosta ja pyöröhirsien 22 ± 4 % puun kuivapainosta. (RT 14-10436, 1990, s. 2)

Kuivattamisesta huolimatta yleensä hirressä on aina jonkin verran kosteutta, joka kuivuessaan aiheuttaa hirsiseinään painumista. Painumista aiheuttaa myös seinärunkoon kohdistuva kuormitus, jolloin hirsiseinä tiivistyy. Hyvin kuivatetut sekä huolellisesti työstetyt hirret ja niiden tarkka asentaminen pienentää hirsirakenteen painuman n. 10 mm:iin seinän korkeusmetriä

kohden. Hirsirakennuksen sisällä sijaitsevat hirsiset väliseinät painuvat kuivuessaan ulkoseiniä enemmän, koska niiden kosteuspitoisuus asettuu alle ulkoseinän pitoisuuden. Tämä erilainen kuivuminen on otettava huomioon suunnittelussa, jos hirsisen väliseinän päältä tuetaan ylä- tai välipohjarakenteita. Kuivaamattomasta puusta kosteana tehty metrin korkuinen hirsiseinä saattaa painua kuivuessaan jopa 50 mm. Kuitenkin perinteistä hirttä käytettäessä rakennuksessa on aina kohtia, joiden toteuttamisessa rungon painuminen on huomioitava. Painumattomia rakenteita ovat mm. rankarakenteiset väliseinät, hirsiseinän koolaukset, muuratut seinät ja tulisijat sekä hirsipalkkeja kannattavat pilarit. Ikkunoiden ja ovien asennus on tehtävä aukkojen pieliin painuman sallivien karapuiden avulla, samoin muuratun väliseinän liittyminen hirsirunkoon. Rankarakenteisten sekä muurattujen väliseinien yläpäähän on jätettävä painumavara välipohja- tai kattorakenteen painumista varten. Hormien läpivienneissä tulee myös väli- ja yläpohjan sekä vesikaton painuminen ottaa huomioon. (Hirsitaloteollisuus ry, n.d., s. 17)

3.3.3 Hirsirakenteen ilmatiiveys

Ilmavuodot ovat rakennuksen sisä- ja ulkopuolen paine-erojen aiheuttamaa ilman virtausta eli konvektiota rakennuksen vaipan läpi. Paine-erot aiheutuvat muun muassa ilmanvaihdosta, tuulesta, tulisijojen käytöstä sekä lämpötilaeroista. (Aho & Korpi 2009, s. 7)

Hyvän ilmanpitävyyden tärkeimpiä vaikutuksia on rakennuksen energiankulutuksen pieneneminen. Ilmatiiviissä rakennuksessa lämpö ei karkaa ilmavirtausten mukana ulos eikä kylmä ilma virtaa sisälle. (Aho & Korpi 2009, s. 7)

Hyvän ilmanpitävyyden yhtenä perusteena on asumisviihtyvyyden parantaminen. Vedon tunne aiheutuu kylmän ulkoilman virtaamisesta sisätiloihin. Hyvä ilmatiiviys parantaa sisäilman laatua vähentämällä mahdollisten homeiden, epäpuhtauksien ja haitallisten aineiden kulkeutumista sisäilmaan sekä vähentämällä vedon tunnetta. (Paloniitty 2012, s. 20)

Hirsirakenteen ilmanpitävyyden tulee olla yhtä hyvä kuin minkä tahansa muunkin rakenteen. Hyvällä rakennuksen vaipan ilmanpitävyydellä estetään hallitsematon vuotoilma rakenteiden läpi ja taataan hallittu ilmanvaihdon toiminta. Ilmanpitävyys estää myös vuotoilman mukana

haitallisesti kulkeutuvan vesihöyryn siirtymisen rakenteisiin. Teollisesti valmistettujen hirsien varauksien muotoilulla ja hirsien välisissä saumoissa käytettävillä tiivisteillä saavutetaan seinärakenteelle vaadittu ilmanpitävyys. (RT 82-11168, 2014, s. 4)

Koko rakennuksen tiiviyyteen vaikuttaa oleellisesti se, kuinka hirsirunkoon liitetään muut vaipparakenteet, kuten ala-, väli- ja yläpohjat, ikkuna- ja oviaukot sekä savupiiput. Ne on suunniteltava toimiviksi painuvan hirsirakenteen kanssa ja toteutettava huolellisesti. Myös rungon läpi vietävien johtovetojen reiät tulee tiivistää ilmapuotojen estämiseksi. (HTT RY, 2012, s. 16)

3.3.4 Hirsiseinän suojaus

Hirren säilyvyyteen vaikuttaa eniten puun kosteuspitoisuus. Lahottaja- ja homesienien kasvun ehtona on vähintään 20 %:n kosteus puussa ja +5 °C:n lämpötila. Puun kosteus nousee tämän arvon yläpuolelle vasta, kun ilman suhteellinen kosteus on pitkäaikaisesti yli 85 %. (RT 82-11168, 2014, s.5)

Hirsiseinä tulee suojata ulkopuolisilta kosteusrasituksilta, joko rakenteellisella- tai kemiallisella suojauksella, yleensä molemmilla. Rakenteellinen suojaus vähentää kosteuden ja auringonvalon vaikutuksia hirsirakenteeseen. Kemiallinen suojaus estää kosteuden imeytymistä ja suojaa puuta ultraviolettisäteilyltä.

Hirsiseinän rakenteellisia suojaustapoja:

- Korkea kivijalka, vähintään 400mm
- Kivijalan ja hirren väliin asennettava bitumikaista
- Hyvin tuulettuvat rakenteet
- Hirsien ulospäin viistot saumamuodot
- Pitkät räystäät ja katetut terassit

Kemiallinen suojaus toteutetaan yleensä joko kuultavalla tai peittäväällä pintakäsittelyaineella. Ennen pintakäsittelyä tulee hirsiseinä pohjustaa home- ja sienikasvua ehkäisevällä pohjusteella. Pohjustus ja pintakäsittely tulee tehdä mahdollisimman pian hirsikehikon pystytyksen jälkeen, näin tartuntaa heikentävien ultraviolettisäteiden ja sateiden vaikutus jää mahdollisimman vähäiseksi. Hirsipintojen käsittelyaineiden tulee olla hyvin vesihöyryä läpäiseviä, eli diffuusio-avoimia, sallien puun normaalit kosteusvaihtelut.

3.3.5 Energiatehokkuus

Uusien rakennusten energiatehokkuusvaatimukset on säädetty ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017). Kokonaisenergiankulutukselle on asetettu rakennuskohtaiset ylärajat. Kokonaisenergiankulutusta ilmaistaan E-luvulla, jonka yksikkö on kWh/m² vuodessa.

Vähäisen ympäristökuormituksensa ansiosta massiivipuuisille rakennuksille on asetettu muista poikkeavia vaatimuksia energiatehokkuuden suhteen.

Ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 § 4, massiivipuukurakennuksille sallitaan E-luku-vaatimusten ylittäminen luokassa 1 a* 20%:lla, 1 b - c* 15%:lla ja luokissa 1 d - 8* 10%:lla. Luokalle 9* ei ole määritelty E-luvun raja-arvoa.

Rakennusluokat:

Luokka 1: a-c: Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus d: Rivitalo ja enintään 2-kerroksinen asuinkerrostalo

Luokka 2: Vähintään 3-kerroksinen asuinkerrostalo

Luokka 3: Toimistorakennus, terveyskeskus

Luokka 4: Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälärakennus, lukuun ottamatta päivittäistavarakaupan alle 2000 m² yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera-, konsertti ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli

Luokka 5: Majoitusrakennus, hotelli, asuntola, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos

Luokka 6: Opetusrakennus ja päiväkot

Luokka 7: Liikuntahalli (lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia)

Luokka 8: Sairaala

Luokka 9: Muu rakennus, varastorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 2000 m² yksikkö, siirtokelpoinen rakennus

Lisäksi ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017, säädetään rakennuksen vaipan, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviö.

Rakennuksen vaipan lämpöhäviöiden raja-arvona käytetään lämmönläpäisykerrointa eli U-arvoa, jonka yksikkö on W/(m²K). Rakennuksen lämpöhäviö voi olla enintään yhtä suuri kuin vertailuarvoilla rakennukselle määritetty vertailulämpöhäviö. Rakennuksen lämpöhäviölle asetettu vaatimus koskee erikseen rakennuksen lämpimiä ja puolilämpimiä tiloja. Vaatimustenmukaisuus osoitetaan tasauslaskelmalla.

Massiivipuorakennuksille U-arvo-vaatimus on lievempi ulkoseinärakenteiden osalta.

1. Rakennuksen lämmin tila tai jäähdytettävä kylmä tila
Massiivipuuseinä, paksuus vähintään 180 mm: 0,40 W/(m²K)
2. Rakennuksen puolilämmin tila tai siirtokelpoinen rakennus
Massiivipuuseinä, paksuus vähintään 180 mm: 0,60 W/(m²K)
3. Loma-asumiseen suunniteltu pientalo, joka on tarkoitettu käytettäväksi vähintään 4 kk vuodessa
Massiivipuuseinä, paksuus vähintään 130 mm: 0,80 W/(m²K) (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017 § 24.)

3.3.6 Palonkesto

Hirsirakennuksen palonkestävyys poikkeaa muista materiaaleista tehdyistä rakennuksista vain seinien osalta. Julkisten rakennusten suunnitteluun hirrestä vaikuttaa se, että näkyvä puupinta luokitellaan sisä- ja ulkopinnoissa paloon osallistuvaksi tekijäksi. (RT 82-11168, 2014, s. 10)

Puu luokitellaan palavaksi materiaaliksi, jonka syttymislämpötila on 250–300°C.

Massiivipuorakenteet säilyttävät hyvin kantavuutensa palotilanteessa ja niiden kuormankestävyys on tarkasti ennakoitavissa. Palotilanteessa puun hiiltymisen suojaa puuta lämpötilan kasvamiselta ja hidastaa palon etenemistä. Tämän vuoksi hirsirakenne ei yleensä tarvitsisi erityistä palosuojausta, vaan rakenteen kantavuuden ja suojaavuuden säilyminen palotilanteessa voitaisiin varmistaa hiiltymämitoituksen avulla. Kantaviin puurakenteisiin liittyvät teräsosat tulee usein suojata, jos rakenteelle on asetettu vaatimuksia palonkestoajan suhteen. Teräsosat voidaan suojata esimerkiksi upottamalla kannat ja peittämällä ne puutapeilla. (Lakkala, Pihlajaniemi & Tiainen, 2017, s. 33)

Ympäristöministeriön asetuksessa rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, on esitetty rakennusten paloluokat P0, P1, P2 ja P3.

Paloluokkia P1, P2 ja P3 on käytettävä, kun rakennus suunnitellaan tämän asetuksen mukaisten luokkien ja lukuarvojen perusteella. Paloluokkaa P0 on käytettävä, kun rakennus suunnitellaan oleellisilta osin tai kokonaan käyttäen oletettuun palonkehitykseen perustuvaa menettelyä. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017 § 4.)

Luokkavaatimuksen täytyminen on osoitettava kokeellisesti, laskennallisesti, yhdistämällä koe- ja laskennalliset tulokset tai käyttämällä hyväksyttävää taulukkomitoitusta. Luokkavaatimuksen mukaisuus määräytyy standardisoidun lämpötila-aikakäyrän perusteella. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017 § 12.)

Rakennusmateriaalit jaetaan luokkiin sen perusteella, miten ne vaikuttavat palon syttymiseen, sen leviämiseen ja sekä savun tuottoon ja palavaan pisarointiin. Hirsi määritellään kuuluvan luokkaan D-s2,d0. Merkintä D tarkoittaa sitä, että materiaalin osallistuminen paloon on hyväksyttävissä, s2 sitä, että savuntuotto on vähäistä ja d0 sitä, että palavia pisaroita tai osia ei esiinny.

Rakennusosiin kohdistuvat vaatimukset kuvataan seuraavilla merkinnöillä:

R	kantavuus
E	tiiviyys
EI	tiiviyys ja eristävyys

Hirsiseinän palonkestävyysaika eri hirsipaksuuksilla sen toimiessa osastoivana rakennusosana (EI) (Taulukko 1). Kantavuustestit on suoritettu VTT:llä standardin SFS-EN 1365-1:1999 mukaisesti.

Taulukko 1. Hirsiseinien palonkestävyysajat.

Hirsityyppi	Palonkestoluokka			
Lamellihirsi	R30	R60	R90	R120
leveys x korkeus (mm ²)	92 x 170	138 x h ¹⁾	180 x h ¹⁾	-
sauman leveys(mm)	70	116	156	
	EI30	EI60	EI90	EI120
leveys x korkeus (mm ²)	92 x 170	148 x h ¹⁾	199 x h ¹⁾	-
sauman leveys (mm)	70	126	175	
¹⁾ h = 170...195 mm				
Pyöröhirsi	R30	R60	R90	R120
hirren halkaisija (mm)	150	236	-	-
sauman leveys (mm)	81	127		
	EI30	EI60	EI90	EI120
hirren halkaisija (mm)	150	236	-	-
sauman leveys (mm)	81	127		
Höylähirsi + eriste + hirsipaneeli	R30	R60	R90	R120
leveys x korkeus (mm ²)	b x 170 ^{2), 3)}	128 x 170 ³⁾	-	-
sauman leveys (mm)	b-22	106		
	EI30	EI60	EI90	EI120
leveys x korkeus (mm ²)	b x 170 ^{2), 3)}	128 x 170 ³⁾	-	-
sauman leveys (mm)	b-22	106		

²⁾ Leveys b normaalilämpötilamitoituksen mukaan

³⁾ Höylähirsiseinän tulen puolella lisäksi eriste ja hirsipaneeli testausselosteen RTE 4234/04 mukaisesti, kuorma keskeisesti hirteen nähden. (RT 82-11168, 2014, s. 10)

Lisäksi VTT:n testausselesteissa on määritelty paloluokille sallitut ponttisaumojen vähimmäiskorkeudet, tiivistemateriaalin vahvuus ja laatu sekä vaarnatappien enimmäisetäisyys toisistaan.

Kantavuustestin tuloksena voi todeta, että pyöröhirsirakenteella voidaan saavuttaa enintään R60 ja EI60 palonkestävyys ja verhoamattomalla lamellihirsirakenteella voidaan saavuttaa enintään R90 ja EI90 palonkestävyys. Hirren palonkesto voidaan parantaa suojaverhouksella. Näitä ovat levymäiset palonsuojaverhoukset ja siveltäen tai ruiskuttamalla levitettävät palonsuoja-aineet

Paloteknisesti vaativammassa kohteissa voidaan rakennuksen palotekninen suunnittelu toteuttaa oletettuun palonkehitykseen perustuvana toiminnallisena paloteknisenä suunnitteluna.

Toiminnallisessa paloturvallisuussuunnitelmassa esitetään tapauskohtainen arvio siitä, millaisia tulipalon uhkia voi kohteessa syntyä ja miten varmistetaan mahdollisessa palotilanteessa henkilöiden turvallisuus. Tätä menettelyä käyttäen, rakennuksen paloluokka on P0.

Toiminnallisella palosuunnittelulla voidaan saavuttaa normeihin perustuvaan palosuunnitteluun verrattuna huomattavia visuaalisia ja kustannuksellisia etuja, esimerkiksi verhottavien pintojen vähenemisellä.

3.3.7 Ääneneristävyys

Rakennuksissa esiintyviä ilmapäänen lähteitä ovat esimerkiksi puhe, musiikki, äänentoistojärjestelmät ja erilaiset tekniset järjestelmät. Ilmapäänet saavat tilan pinnat, kuten seinärakenteet sekä ylä- ja alapohjan, värähtelemään. Rakenteiden värähtely saa aikaan ilman värähtelyä rakenteiden toisella puolella, ja ääni siirtyy rakenteiden kautta tilasta toiseen. Ilmapääneneneristyksen tehtävänä on vähentää äänen siirtymistä tilasta toiseen. Mitä suurempi tilojen välinen ilmapääneneneristys on, sitä pienempi äänitaso syntyy tilaan, johon ääni siirtyy.

Tilojen välinen ääneneristys rakennuksessa muodostuu tiloja erottavan rakenteen ääneneristävyys ja siihen liittyvien rakenteiden kautta kulkevan äänen eli sivutiesiirtymien yhteisvaikutuksesta. Ääneneristävyys vaikuttavat myös rakennusosien välisten saumojen ja liitosten, sekä rakennusosien läpi menevien taloteknisten järjestelmien tiiviys ja eristävyys.

Ilmaääneneristävyys R kuvaa äänitehon siirtymistä tilasta toiseen. Laboratoriossa mitattavaa ilmaääneneristyslukua R_w käytetään ilmaisemaan yksittäisen rakennusosan, esimerkiksi väliseinän tai ikkunan, kykyä eristää ilmaääntä. Rakennusosan kyky eristää ääntä on sitä parempi, mitä suurempi on ilmaääneneristävyys R tai ilmaääneneristysluku R_w . (RT RakMK-21772, 2018, s. 19)

Ulkoseinän ääneneristysvaatimus voi perustua kaavamerkintään, jossa se ilmoitetaan ilmaääneneristyslukuina tieliikennemelua vastaan $R_w + C_{tr}$ tai raide- ja lentomelua vastaan $R_w + C$. Vähimmäisvaatimus on 30dB.

Eristämättömät hirsiseinät koostuvat yhdestä hirsikerroksesta. Akustisen toimintansa kannalta ne ovat yksinkertaisia rakenteita, joiden ilmaääneneristävyyden määrää erityisesti rakenteen massa [kg/m^2] sekä rakenteen koinsidenssin rajataajuus, joka riippuu rakenteen massasta ja jäykkyydestä. Taulukko 2. on esitettyä eristämättömien hirsien lasketut ilmaääneneristysluvut.

Taulukko 2. Eristämättömien hirsien ilmaääneneristysluvut.

HH= höylähirsi ja \emptyset = pyöröhirsi

	0	50	75	100	125	150
HH70	1,33	0,48	0,39	0,31	0,26	0,23
HH95	1,04	0,43	0,36	0,29	0,25	0,22
HH110	0,92	0,41	0,35	0,28	0,24	0,21
HH120	0,85	0,4	0,34	0,27	0,23	0,2
HH135	0,77	0,38	0,32	0,26	0,22	0,19
HH180	0,6	0,34	0,27	0,23	0,2	0,18
HH205	0,53	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17
HH270	0,41	0,27	0,24	0,2	0,18	0,16
\emptyset 130	0,89	0,4	0,32	0,26	0,22	0,19
\emptyset 150	0,79	0,38	0,3	0,25	0,22	0,19
\emptyset 170	0,72	0,36	0,29	0,24	0,21	0,18

Ø190	0,64	0,34	0,28	0,23	0,2	0,18
Ø210	0,58	0,33	0,27	0,23	0,2	0,17
Ø230	0,53	0,31	0,26	0,22	0,19	0,17

(Kylliäinen, 2008, s.2)

Hirsirakennuksessa äänitasoeroksi voidaan arviolta saavuttaa 28...30 dB, jos käytetään normaaleja ikkunarakenteita ja hirsityyppejä LH180...LH205.

Myös lisäeristetyllä hirsiseinärakenteella päästään vaadittavaan ääneneristykseen. Muiden rakenteiden ääneneristyskyky ei todennäköisesti ole riittävä. (RT 82-11168, 2014, s. 12)

Asuinhuoneiden ja asumiseen rinnastettavien huoneiden välisten seinien pienin sallittu äänitasoeroluku $D_{nT,w}$ on 55dB. Yksinkertaisena rakenteena toteutettu hirsiseinä ei keveytensä ja jäykkyytensä vuoksi tätä vaatimustasoa täytä. Ääneneristävyttä voidaan parantaa rungon pintaan asennettavalla huokoisella lisäeristeellä ja levyllä, tai toteuttamalla seinä kaksirunkorakenteena. Tällöin saavutetaan akustiselta toiminnaltaan kaksinkertainen rakenne, jonka toisistaan erillään olevat osat ehkäisevät tehokkaasti äänen kulkeutumisen seinän läpi. Ääneneristysvaatimukset täyttääkseen, tulee huoneistojen väliset hirsiseinät toteuttaa akustisesti kaksinkertaisina rakenteina. Äänen sivutiesiirtymien katkaisemiseksi on suunnittelussa kiinnitettävä erityistä huomiota seinän liitosdetaljeihin.

4 Hirsitalon suunnitteluperusteiden päivitys

4.1 Lähtötilanne

Osana Rakennustietosäätiön laajempaa RT-kortiston uudistusta, nousi esiin tarve päivittää myös ohjekortti hirsitalon suunnitteluperusteista, RT-11168. Kortin viimeisin päivitys oli tehty vuonna 2014. Suunnitteluohjeitaan päivittäessään Rakennustietosäätiö hankkii alan asiantuntijoilta mahdollisimman laajan hyväksynnän. Tätä toimintaperiaatetta noudattaen ohjekortin tekstiosan

läpikäynti ohjattiin Hirsitaloteollisuus ry:lle, joka yhdyskuntaryhmänsä kokouksessa oli päättänyt tehtävää minulle tarjota. Tehtävänantona oli RT-kortin 82-11168 tekstiosan ajantasaiseksi päivitys, sekä painumattoman hirsirakenteen lisäys osaksi suunnitteluperusteita.

4.2 Toteutustapa

Sain päivitettävän tekstin Rakennustieto Oy:n Heta Timosen ohjeistuksin varustettuna ja osin kommentoimana. Sisällön täytyy olla ajantasaista ja suunnittelijoiden tarpeeseen kohdennettua. Hirsitaloteollisuuden puheenjohtajan Seppo Romppaisen kanssa sovimme että tarkastaisin asetuksin säädettyjen tekstien ja numeeristen arvojen ajantasaisuuden. Samalla voisin tehdä tarpeelliseksi näkemiäni muutosehdotuksia muihinkin tekstin osiin. Konsultaatioapua saisin Hirsitaloteollisuus ry:n yhdyskuntaryhmän jäseneltä Harri Isomäeltä. Tämän jälkeen lähettäisin muutosehdotukseni yhdyskuntaryhmän lausuttavaksi. Painumattomalle hirsirakenteelle tulisi saada yksiselitteinen määritelmä. Sen pohjaksi lähettäisin hirsitalotehtaille kyselyn.

4.3 Toteutus

Muutosehdotukseni perustuvat joko lainsäädännön muutokseen tai pyrkimykseen muokata tekstiä paremmin suunnittelijan tarvetta vastaavaksi. Painumattoman hirsirakenteen määritelmä ja lisäys osaksi suunnitteluohjetta vaativat myös omat muokkauksensa tekstiin.

4.3.1 Lainsäädännön muutokset

Suomessa rakentamisen lainsäädäntö perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin. Rakentamista on ohjattu 1970-luvulta lähtien Suomen rakentamismääräyskokoelman avulla. Uudistettu Suomen perustuslaki astui voimaan 1.3.2000. Uuden perustuslain vaatimuksia vastatakseen, tuli myös maankäyttö- ja rakennuslaki uudelleen kirjoittaa. 1.1.2013 voimaan tullessa lain muutoksessa otettiin huomioon perustuslain edellytys, jonka mukaan ministeriön esittämissä vaatimuksissa ei saa olla ohjeellista tekstiä. Kaikki oleelliset vaatimukset on ilmaistava ministeriön asetuksina, jotka ovat pykälämuotoon kirjoitettuja vaatimuksia rakennuksille ja rakentamiselle. Lain muutostyölle

säädettiin viiden vuoden siirtymäaika. Vuoden 2018 alussa Ympäristöministeriö korvasi aiemmat rakentamismääräykset asetuksilla ja niitä täydentävillä ohjeilla. (Ympäristöministeriö, 2020)

Asetuksiin perustuvat muutosehdotukset esitellään tässä niin, että lisättävä teksti on **lihavoituna** ja poistettava *kursivoituna*.

❖ 3.2 Puun kosteuskäyttäytyminen

”Hirsirakenne hygrooskooppisena rakenteena vaimentaa tehokkaasti huoneilman suhteellisen kosteuden vaihtelua, jolloin epäterveelliset kosteat ja kuivat ääritilanteet vältetään. Kosteus vaikuttaa sekä suoraan että välillisesti sisäilman laatuun. **Huoneilman kosteus ei saa olla pitkäkestoisesti niin suuri, että siitä aiheutuu rakenteissa, laitteissa taikka niiden pinnoilla mikrobikasvun riskiä.** Huoneilman kosteudella on tutkimusten mukaan selvä yhteys erilaisiin biologisiin, kemiallisiin ja fysikaalisiin tekijöihin, joilla taas on yhteys hygieniaan ja terveellisyteen. *Suhteellisen kosteuden pitäminen alueella 30 %...60 % RH on suositeltavaa.*” (Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista 545/2015, 5 §)

Pykälässä ei säädetä tarkkoja rajoja, joiden välillä ilman suhteellinen kosteus (RH %) voi vaihdella. Huoneilman kosteus voi vaihdella lyhytkestoisesti ulkoilman kosteudesta ja rakennuksessa harjoitetusta toiminnasta riippuen hyvin paljon ja tällöin voi syntyä tarve kostuttaa tai kuivattaa huoneilmaa, vaikka se ei olisi terveydensuojelun näkökulmasta tarpeellista. Huoneilman suhteellisen kosteuden suosituksena on aiemmin ollut 20–60 %. Tämän lisäksi on todettu, että sen saavuttaminen ei ole aina mahdollista muun muassa ilmastollisista syistä, eikä näistä arvoista poikkeamista voida pitää terveyshaittana, jos muut asumisen terveydelliset edellytykset täyttyvät. Toisaalta kylminä pakkasjaksoina huoneilman 60 % suhteellinen kosteus aiheuttaa jo suuren mikrobikasvun riskin rakenteiden sisäpintojen kylmimmissä kohdissa. (Asumisterveysasetuksen soveltamisohje 8/2016, Huoneilman kosteus 5 §)

❖ 3.4 Säilyvyys ja hirsiseinän suojaus

”Puunsuoja-aineet ovat EU:n **biosidivalmisteasetuksen 528/2012 EU:n biosididirektiivin (98/8/EY)** mukaisesti rekisteröityjä puun sinistymistä, homehtumista ja lahoamista ehkäiseviä maalaustuotteita.”

❖ 4.2 Energiatehokkuus ja lämpöhäviöt

”Kokonaisenergiankulutus

Lasketaan ostoenergiasta kertoimella, joka kuvaa luonnonvarojen kulutusta kunkin energiamuodon tuottamisen yhteydessä. **Energiamuotojen kertoimet ovat valtioneuvoston asetuksen 788/2017 nojalla säädettyjä lukuarvoja (Virhe. Viitteen lähde ei löytynyt.):** *Energiamuotojen kertoimet (RakMK D3, 2012) ovat:*”

Taulukko 3. Päivitetyt energiamuotojen kertoimet.

sähkö	1,7 1,2 ^{a)}
kaukolämpö	0,7 0,5 ^{a)}
kaukojäähdytys	0,4 0,28 ^{a)}
fossiiliset polttoaineet	1,0
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

^{a)} Taulukon arvot ovat valtioneuvoston asetuksen 788/2017 mukaisesti päivitettyjä lukuarvoja.

E-luku

Hirsirakenteisen pientalon E-luku ei saa ylittää seuraavia arvoja (**Virhe. Viitteen lähde ei löytnyt.**Taulukko 4):

Taulukko 4. Massiivipuukurakennuksen E-luvun raja-arvot.

Lämmitetty nettoala	kWh/m ² vuodessa
$A_{\text{netto}} > 120 \text{ m}^2$	229
$120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$	$397 - 1,4 \times A_{\text{netto}}$
$150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$	$198 - 0,07 \times A_{\text{netto}}$
$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	155
$A_{\text{netto}} 50 - 150 \text{ m}^2$	$(200 - 0,6 A_{\text{netto}}) \times 1,2$ ^{b)}
$A_{\text{netto}} 150 - 600 \text{ m}^2$	$(116 - 0,04 A_{\text{netto}}) \times 1,15$ ^{b)}
$A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	105,8 ^{b)}

b) Arvot on muutettu seuraavin perustein:

2 § määritelmät, kohta 18: ”massiivipuukurakennuksella rakennusta, jossa ulkoseinien pääasiallinen rakennusmateriaali on massiivipuurakenne, jonka keskimääräinen rakennepaksuus on vähintään 180 mm” (Ympäristöministeriön asetus 1010/2017)

4 §: ”Massiivipuukurakennuksessa voidaan edellä 1 ja 2 momentissa esitetyt E-luvun raja-arvot ylittää käyttötarkoituksaluokan 1a rakennuksessa 20 prosentilla, 1b–c rakennuksessa 15 prosentilla ja muussa käyttötarkoituksaluokan 1d–8 rakennuksessa 10 prosentilla”. (ympäristöministeriön asetus 1010/2017)

❖ 4.5 Hirsirakenteiden palonkesto

Suunnitteluperusteissa on eri paksuisten hirsiseiniä palonkestävyysaikoja esitetty VTT:llä tehtyihin kantavuustesteihin perustuen. Palonkestoluokat ovat siis, ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 12§ Luokitukseen perustuva mitoitus, mukaisesti kokeellisesti osoitettuja.

Paloturvallisuusvaatimukset täyttyvät myös, jos rakennus suunnitellaan ja rakennetaan perustuen oletettuun palonkehitykseen, joka kattaa kyseisessä rakennuksessa todennäköisesti esiintyvät tilanteet. Vaatimuksen täyttyminen on todennettava tapauskohtaisesti ottaen huomioon rakennuksen ominaisuudet ja käyttö. Oletettuun palonkehitykseen perustuvassa suunnittelussa on käytettävä menetelmiä, joiden kelpoisuus on osoitettu. Suunnittelun perusteet, käytetyt mallit ja saadut tulokset on esitettävä rakennuslupamenettelyn yhteydessä. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017, 3§ Paloturvallisuutta koskevien olennaisten teknisten vaatimusten osoittaminen)

Toiminnallinen palomitoitus on varsinkin paloteknisesti vaativammissa kohteissa taloudellisesti ja aikataulullisesti kilpailukykyinen vaihtoehto. Siksi esitän seuraavan lauseen lisäämistä:

Palotekninen suunnittelu voidaan myös toteuttaa yksilöllisellä, oletettua palonkehitystä simuloivalla, toiminnallisella paloturvallisuussuunnitelmalla.

Suunnitteluohjeen viittaukset rakentamismääräyskokoelman osiin muutetaan seuraavasti:

- C1, Ääneneristys ja meluntorjunta rakennuksessa, määräykset ja ohjeet -> **Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä (796/2017)**
- C2 Kosteus, määräykset ja ohjeet -> **Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta**
- C4 Lämmöneristys, Ohjeet -> **Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017)**
- D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, Määräykset ja ohjeet -> **Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017)**

- D3 Rakennuksen energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet -> **Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017)**
- D5 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet 2012 -> **Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta (1010/2017)**
- E1 Rakennusten paloturvallisuus, Määräykset ja ohjeet -> **Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta (848/2017)**

Lisäksi tekstissä esiintyvät määräyksiin viittaavat termit korvataan joko säädös-, asetus- tai vaatimus-termein.

4.3.2 Asiasisällön muutokset

Tehtävänannon mukaisesti suunnitteluohjeen sisältöä tuli muokata paremmin suunnittelijan tarpeita vastaavaksi. Suunnittelijalle tarpeeton teksti tuli poistaa ja tarpeelliseksi katsottu lisätä. Muokkausehdotuksiin sain apua Honkatalojen Harri Isomäeltä ja Mikko Setälältä, sekä Rakennustiedon Heta Timoselta.

Tekstin muokkausehdotukseni perusteluineen:

❖ 1. Käsitteitä

Käsitteissä tulisi mainita Citynurkka, joka on modernin hirsitaloarkkitehtuurin myötä lisääntyvä nukkaliitostyyppi.

Lisäsehdotus:

”Citynurkka on pystysuuntaisella lohenpyrstöliitoksella toteutettu nurkkaliitos, jossa risteävien hirsien päät eivät jatku seinä- tai nurkkaliitoksen yli.”

Käsitteissä on määritelty painumaton hirsi. Hirsitaloteollisuus ry:n linjan mukaan, tulisi puhua enemmän hirsirakenteesta kuin yksittäisestä hirrestä. Tähän pohjautuen jo tekstin käsitteissä tulisi olla maininta painumattomasta hirsirakenteesta.

❖ 2. Puun kosteuskäyttäytyminen

Puun kuivumisesta kertovassa osiossa on teksti: *”Halkeamien kohdalla on halkeamassa olevasta seisovasta ilmasta johtuen lämmönjohtavuus jopa jonkin verran pienempi kuin muussa kohdassa hirttä.”*

Halkeaman kohdalla olevan ilman eristävyysparannus on niin marginaalinen, ettei sitä tulisi erikseen mainita. Näin kirjoitettuna herättää vain kysymyksen, yritetäänkö puun halkeama esittää eristyksellisenä etuna? Koska on enemmän talomyyjää kuin suunnittelijaa palveleva maininta, niin se kannattaa jättää pois.

❖ 3.1 Painumat

Koska tarkoitus on lisätä painumaton hirsirakenne osaksi hirsitalon suunnitteluperusteita, tulisi tämän kappaleen alla käsitellä erikseen perinteistä painuvaa hirsirakennetta sekä painumatonta hirsirakennetta. Nykyinen teksti käsittelee painuvan hirsirakenteen toimintaa ja voi jäädä sellaisenaan otsikon painuva hirsirakenne alle.

❖ 3.2 Hirsiseinän kosteuskäyttäytyminen

”Hirren kosteus lämmitetyissä sisätiloissa asettuu noin kahdeksaan prosenttiin kuivapainosta ja ulkoseinissä noin 14 prosenttiin kuivapainosta. Ulkoseinien kosteusvaihtelut voivat kuitenkin olla suuria mm. auringon säteilystä ja rakenteellisesta suojauksesta johtuen. **Hirsiseinän sisä- ja ulkopinnan kosteuserojen vaikutuksesta voi seinässä tapahtua kaareutumista.¹⁾**”

”Hirsien halkeamien suuruuteen vaikuttavat hirren kosteus ja koko. Suuressa hirressä luonnollisesta kuivumisesta johtuvat halkeamat saattavat olla isoja. **Massiivihirsien halkeamat ovat suurempia kuin lamellihirsien¹⁾**. Kesällä halkeamat ovat noin kolmanneksen pienemmät talviaikaiseen verrattuna.”

¹⁾Hirsitalon suunnittelijan on hyvä tiedostaa tämä osana hirren kosteuskäyttäytymistä.

❖ 3.3 Hirsirakenteen ilmanpitävyys

Hirsitalon ulkovaipan tiiveyden kannalta kriittisimpien asioiden listaan lisätään rivi: **Ulkoseinän pystysuuntaiset varausreiät, esim. sähkö, tulee tiivistää varauksen molemmista päistä.**¹⁾

¹⁾Tärkeä seikka muistaa, koska ilman varauksen tiivistämistä seinän sisään jää vapaasti virtaava "hormi".

Lause: *"Aina ennen pintamateriaalien asentamista tulee tarkistaa ilman-/höyrynsulun eheys ja paikata havaitut reiät teippaamalla tiivistysteipillä."*

Muutetaan muotoon: **Aina ennen pintamateriaalien asentamista tulee tarkistaa ilman-/höyrynsulun eheys ja paikata havaitut vuotokohdat.**²⁾

²⁾Markkinoilla on paljon muitakin hyviä tiivistysmateriaaleja, kuten esim. massoja, jolla tiivistämisen voi toteuttaa. Paikkaustekniikka on vapaa, kunhan lopputulos on ilma-/höyrytiivis.

❖ 3.4 Säilyvyys ja hirsiseinän suojaus

Julkisivun rakenteellisesta suojauksesta kerrotaan lauseella: "Julkisivu tulee suojata maasta kapillaarisesti nousevalta kosteudelta, viistosateelta⁽³⁾ sekä roiskevedeltä."

³⁾ Lauseesta tulee jättää maininta viistosateesta pois. Se että rakenteellisin ratkaisuin tulisi estää viistosadetta kastelemasta julkisivua, on vaatimuksena liian kova. Puun kosteudenkestoa parannetaan pintakäsittelyaineilla ja kuivumisesta huolehditaan suunnittelemalla julkisivun rakenteet niin, että ilma pääsee kiertämään ja kuivattamaan sateen kastelemat osat.

"Maanpinnan yläpuolelle ulottuvan sokkelin osan on oltava riittävän korkea, suositus vähintään 400 mm, etteivät sulamisvedet tai kasvit⁽⁴⁾ pääse lahottamaan alimmaisista hirsistä."

4) Lauseesta tulee jättää maininta kasveista pois. Lähtökohtaisesti kasveja ei edes saa olla niin lähellä rakennusta, että pääsisivät julkisivua lahottamaan. Mikäli olisikin, niin ei 400mm:n korkeus niiden kastelevaa vaikutusta estäisi.

❖ 4.7 Sisäilman laatu

Luvun teksti on kirjoitettu kokonaisuudessaan näin:

”Ilmanvaihdon määräykset on esitetty Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa D2.

Huoneilman kosteudella on lämpöviihtyvyyden ja aistinvaraisesti havaittavan laadun lisäksi yhteys lukuisiin muihin parametreihin, joilla on vaikutuksia tilan käyttäjiin. Esimerkiksi sienten ja pölypunkkien kasvun estämiseksi sisäilman suhteellisen kosteuden tulisi olla alle 60 % ja hengitystieinfektioiden ehkäisemiseksi vastaavasti yli 28 %.

Tutkimustulokset osoittavat, että hygroskooppisilla rakennusaineilla, kuten puu ja puupohjaiset materiaalit voidaan rakentaa merkittävä kosteuden puskurivaikutus, jolla voidaan parantaa sisäilman laatua sekä suoraan että välillisesti. Tulosten mukaan asuntojen huoneilman suhteellinen kosteus pysyy hyvin suositusalueella, kun huonetilojen pintarakenteilla on suuri tehollinen kosteuskapasiteetti.

Huonetilojen oleskeluvyöhykkeellä on saavutettava kaikissa tavanomaisissa sääolosuhteissa ja tilakohtaisen käyttötavan mukaisissa käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Sisäilmaston puhtauden, lämpötilan ja kosteuden tulee olla hallittuja. Oleskeluvyöhykkeellä ei saa esiintyä haitallisessa määrin vetoa eikä melua.

Ilmanvaihdon on oltava riittävä, jottei kosteuden tiivistyminen rakenteisiin aiheuta kosteusvaurioita. Tuloilma voidaan johtaa huonetilaan mm. rakennuksen ulkovaipan kautta tai siirtoilmana.

Sisäilmaston tavoitearvot on esitetty ohjeessa RT 07-10946 Sisäilmastoluokitus 2008.

Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset.”

Rakennustiedon kommentoija oli havainnut luvussa 4.7 seuraavat asiavirheet:

1. Asuinrakennuksen sisätilojen suhteellisen kosteuden pitäminen ohjearvojen 30–60% RH on pitkien pakkasjaksojen aikana Suomessa mahdottomuus.
2. Hirsirakenteen hygroskooppisuuden toimivuudesta huoneilman laadun tasaajana annetaan harhaanjohtava kuva. Tekstistä voi ymmärtää tasausvaikutuksen vastaavan vuodenaikojen mukanaan tuomiin kosteusvaihteluihin, vaikka se todellisuudessa on kestoaltaan tuntien, kenties vuorokausien mittainen. Lisäksi ”hygroskooppista-ajattelua” ei voi käyttää, mikäli hirsiseinä on sisäpuolelta lämmöneristetty.
3. Ilmanvaihdon tehtäväksi kerrotaan se, jottei kosteuden tiivistyminen rakenteisiin aiheuta kosteusvaurioita. Siis: kosteutta saa tiivistyä, kunhan ei aiheudu kosteusvauriota? Ilmanvaihdon ensisijainen tehtävä on tuoda puhdasta ja raikasta ilmaa ihmisille ja siinä sivussa viedä poistoilman mukana epäpuhtauksia pois. Riittävän korkea ranteiden pintalämpötila estää kondensoitumisriskin.
4. Lauseessa, tuloilma voidaan johtaa huonetilaan mm. rakennuksen ulkovaipan kautta tai siirtoilmana, on käsitteet sekaisin.

Kommentoijan suosituksesta kirjoitin luvun 4.7 uudelleen näin:

Ilmanvaihdon säädökset on esitetty ympäristöministeriön asetuksessa uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta (1009/2017).

Huoneilman kosteudella on lämpöviihtyvyyden ja aistinvaraisesti havaittavan laadun lisäksi yhteys lukuisiin muihin parametreihin, joilla on vaikutuksia tilan käyttäjiin. Korkea sisäilman kosteus mahdollistaa esim. sienten ja pölypunkkien kasvun ja matala ilmankosteus voi vastaavasti altistaa hengitystieinfektioille.

Hygroskooppisilla rakennusaineilla, kuten puu ja puupohjaiset materiaalit, on suuri tehollinen kosteuskapasiteetti, joka vastaa hyvin sisäilmaan tuotetun kosteuskuorman ajalliseen vaihteluun. Kosteuskuormitustilanteessa vesihöyryä sitoutuu seinärakenteeseen ja vastaavasti kuormituksen päätyttyä vapautuu takaisin huoneilmaan, joka osaltaan ehkäisee epäterveellisten kosteiden ja kuivien ääritilanteiden muodostumista.

Huonetilojen oleskeluvyöhykkeellä on saavutettava kaikissa tavanomaisissa sääolosuhteissa ja tilakohtaisen käyttötavan mukaisissa käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Sisäilmaston puhtauden, lämpötilan ja kosteuden tulee olla hallittuja. Oleskeluvyöhykkeellä ei saa esiintyä haitallisessa määrin vetoa eikä melua.

Ilmanvaihdon on toteutettava terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu oleskelutiloissa. Ilmanvaihtojärjestelmän on tuotava rakennukseen riittävä ulkoilmavirta ja poistettava sisäilmasta terveydelle haitallisia aineita, liiallista kosteutta, viihtyisyyttä haittaavia hajuja sekä ihmisistä, rakennustuotteista ja toiminnasta sisäilmaan aiheutuvia epäpuhtauksia.

Sisäilmaston tavoitearvot on esitetty ohjeessa RT 07-11299, Sisäilmastoluokitus 2018.

Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset

4.3.3 Painumaton hirsirakenne

Hirsitalon suunnitteluperusteissa on käsitelty hirttä painuvana rakenteena. Painumaksi on ilmoitettu, puun kosteudesta, kuormituksesta ja hirsityypistä riippuen, 10...50mm/korkeusmetri. Ohjeistus hirsitalon suunnittelulle on perustunut sille, että hirsirunko painuu. Tämä painuma on otettava huomioon rakentamisen joka vaiheessa, rakennuksen kivijalasta harjaan saakka. Kiinnitykset on tehtävä liukuvina, aukot painumavarauksin, pilarit ja muut kantavat rakenteet on varustettava kierrejalalla jne. Lisäksi rakennuksen käyttöaikana säädettävät osat on kiristettävä, rungon painuman mukaisesti. Painuvan rungon liitokset painumattomiin rakenteisiin vaativat tarkkoja suunnitelmia. Jotta energiamääräysten mukaiset rungon tiiveysvaatimukset tulisi täytettyä, erityitä huolellisuutta vaaditaan myös liitosten toteutukselta ja sen valvonnalta.

Nykyaikaisen modernin arkkitehtuurin mukaista on suunnitella yhä korkeampia rakennuksia ja suuria lasiaukkoja. Niiden toteuttaminen perinteisellä painuvalla hirrellä olisi erittäin haasteellista

ja kustannustehotonta. Näitä haasteita vastaamaan on kehitelty painumaton hirsi, jossa osa hirsilamelleista on asetettu pystysuuntaisesti. Pystylamellinsa ansiosta hirren kuivumisesta aiheutuva painuminen on vähäinen.

Painumattomia hirsiiä on ollut eri hirsivalmistajien valikoimissa jo vuosia. Kasaamalla näitä painumattomia hirsiiä toistensa päälle on koottu rakenteita. Kuitenkin alan terminologiassa on puhuttu vain yksiköstä, painumaton hirsi. Painumaksi on ilmoitettu ”vähäinen” tai ”muuta puurakentamista vastaava”, tai jotain muuta kuvaavaa, ei kuitenkaan mitään numeerisesti sitovaa. Tämä on ollut hieman epäselvä toimintamalli.

Hirsitaloteollisuus ry:n tavoitteena on lisätä alan termistöön ja suunnitteluperusteisiin käsite painumaton hirsirakenne sekä luoda sille toimijoita velvoittava määritelmä.

Lähetin hirsitalotehtaille seuraavat kysymykset:

1. Mikä tulisi olla painumaraja mm/korkeusmetri, jotta hirsirakenne on painumaton?
2. Lyhyt kuvaus miten painumaton hirsirakenne teidän yrityksessä toteutetaan.
3. Onko painumattoman hirsirakenteen kuormituskapasiteetin mitoitus teillä laskennallinen vai testaukseen perustuva vai molemmat?
4. Onko painumattomissa hirsirakenteissa käytettävien hirsien kokoon liittyviä rajoitteita leveys/korkeus?
5. Arvioi painumattomilla rakenteilla toteuttamienne pientalojen ilmatiiveys. (heikko, välttävä, hyvä, kiitettävä)
6. Mikä on painumattomien hirsirakenteiden osuus tuotannostanne?
7. Mitä sellaisia erityisominaisuuksia painumattomilla hirsirakenteilla on, joita hirsitalon suunnittelijan tulisi ottaa huomioon? Mikäli sellaisia on tullut vastaan.

Kysymysteni tarkoituksena oli luoda vastauksista koonti, jonka pohjalta painumattoman hirsirakenteen määritelmä olisi helpompi rakentaa. Vastaukset toimitettiin Hirsitaloteollisuus ry:n toimitusjohtajalle, joka yhdessä yhdyskuntaryhmän kanssa muotoili painumattomalle hirsirakenteelle määritelmän:

”Painumaton hirsirakenne on päällekkäin asetetuista hirsistä, tiivisteistä ja kiinnikkeistä koottu seinärakenne, jonka kokonaispainuma suunnitelluissa käyttöolosuhteissa ja laskentakuormien vaikuttaessa on $\leq 0,2$ % seinärakenteen korkeudesta. Tarvittaessa painumattomuus on osoitettava testituloksin, käytännön mittauksin tai muulla luotettavalla tavalla.”

Tässä muodossa se tullaan myös Hirsitalon suunnitteluperusteisiin lisäämään.

5 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli päivittää RT-ohjekortti 82-11168 Hirsitalon Suunnitteluperusteet ja lisätä painumattoman hirsirakenteen määritelmä osaksi ohjetta.

RT-kortti sisältää tiivistettynä paljon tietoa, monista eri lähteistä. Tekstin läpikäyntiin kuluikin arvioimaani huomattavasti pidempi aika. Suomen säädöskokoelman asetukset jouduin lukemaan moneen otteeseen, koska pykälämuotoon kirjoitetut tekstit ovat harjaantumattomalle osin vaikeasti luettavia. Rakentamismääräyskokoelman osiin viittaavat tekstit päivitettiin nykyisten asetusten mukaisiksi.

Ohjeteksti tuli muokata hirsitalon suunnittelijan tarpeita vastaavaksi. Osa asiasisällöstä oli selkeästi tarpeetonta, eli poistettavaa. Joissakin hirren ominaisuuksista kertovissa osissa oli teksti kirjoitettu paremmin myyntipuheen kuin ohjetekstin muotoon. Niitä ehdotin muutettavan. Lisättävää tekstiä osasin esittää huomattavasti vähemmän. Osan lisäysehdoista sain konsultoimalla alan ammattilaisia. Valmiin tekstin muokkauksessa on haasteellisinta säilyttää tekstin rakenne, jonka yhdenkin sanan lisäys tai poisto rikkoo. Ohjekortin sisältö palvelee nyt aiempaa paremmin hirsitalon suunnittelijoiden tarpeita.

Tämän projektin suurin saavutus on se, että painumattomalle hirsirakenteelle aikaansatiin määritelmä. Se selkeyttää alan toimintaa, kun jatkossa sekä hirsitalotehtailta että heidän asiakkailtaan on selkeä standardi, jonka puitteissa toimia.

Lähteet

Aho, H. & Korpi, M. (toim.) (2009). *Ilmanpitävien rakenteiden ja liitosten toteutus asuinrakennuksissa*. Tutkimusraportti 141. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikan laitos.

Hirsitaloteollisuus ry. (n.d.) Hirsirakentamisen perusteet –itseopiskelumateriaali. Haettu 11.3.2020 osoitteesta

https://www.hirsikoti.fi/assets/images/Koulutusmateriaali/Hirsirakentamisen_perusteet.pdf

Hirsitaloteollisuus ry. (2020). Tietoa meistä – Hirsiteollisuus. Haettu 15.10.2020 osoitteesta

<https://www.hirsikoti.fi/fi/hirsitaloteollisuus>

Rakennustieto. (2020). Haettu 14.3.2020 osoitteesta

<https://www.rakennustieto.fi/index/rakennustieto.html>

RT 82-11168 *Hirsitalon suunnitteluperusteet*. (2014). Helsinki: Rakennustieto Oy.

HTT RY. (2012). *Hirsitalon suunnitteluperusteet*. Haettu 10.4.2020 osoitteesta

<http://www.aihkitalot.fi/wp-content/uploads/2016/05/HirsitalonSuunnitteluperusteet.pdf>

Kylliäinen, M. (2008). *Hirsiseinien ilmastueneristysluvat*. Lausunto 4005-3a. Tampere: Helimäki Akustikot.

Lakkala, M., Pihlajaniemi, J., Tiainen, A-R. (2017). *Arkkitehdin hirsioapas*. Oulu: Oulun yliopisto.

Paloniitty, S. (2012). *Rakennusten tiiviysmittaus*. Helsinki: Suomen rakennusmedia Oy.

RT RakMK-21772 Ympäristöministeriön ohje rakennuksen ääniympäristöstä. (2018). Helsinki: Rakennustieto Oy.

RT 14-10436 *Hirsitalon laatuvaatimukset*. (1990). Helsinki: Rakennustieto Oy.

Ympäristöministeriö. (2020). Maankäyttö- ja rakennuslaki. Haettu 10.12.2020 osoitteesta <https://ym.fi/fi/maankaytto-ja-rakennuslaki>

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 848/2017. Haettu 16.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170848>

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 1010/2017. Haettu 8.4.2020 osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>