

Laura Salli

**Kulttuurihistoriallisesti arvokkaan hirsirakennuksen
seinien lisäeristäminen**

Opinnäytetyö

Syksy 2010

Kulttuurialan yksikkö

Konservoinnin koulutusohjelma

Rakennuskonservoinnin suuntautumisvaihtoehto



Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Kulttuurialan yksikkö

Koulutusohjelma: Konservoinnin koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennuskonservoinnin suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Laura Salli

Työn nimi: Kulttuurihistoriallisesti arvokkaan hirsirakennuksen seinien lisäeristäminen

Ohjaaja: Janne Jokelainen

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 25

Liitteiden lukumäärä: 0

Työssä pohditaan kulttuurihistoriallisesti arvokkaan hirsirakennuksen seinien lisäeristämistä. Pohdinnan kohteena ovat seinät, koska seinien kohdalla lisäeristäminen on rakennuksen arvojen kannalta kaikkein hankalinta. Työn tavoite on selvittää onko mahdollista vastata rakennusmääräyskokoelman energiatavoitteisiin kulttuurihistoriallisesti arvokkaan rakennuksen seinien kohdalla. Aihe on ajankohtainen, koska energiatehokkuutta korostetaan. Pohdinnan kohteena ovat myös tämän hetken konservoinnissa käytetyt lisäeristämissuosituksot.

Koska työn pohjana ovat vanhan rakennuksen arvot, esitellään työssä ensin eri näkökulmia miksi vanha rakennus on arvokas. Erikseen käsitellään, mitkä ovat seinien arvot ja ongelmat lisäeristettäessä.

Lisäeristämisen ongelmaa pohditaan Museoviraston ohjeistuksen, Suomen rakennusmääräyskokoelman tavoitteiden, eri materiaalivaihtoehtojen ja lisäeristämispaikan mukaan.

Teknisesti hirsirakennuksen voi lisäeristää tehokkaasti, mutta kulttuurihistoriallisia arvoja mietittäessä niin sisä- kuin ulkopuolinenkin lisäeristäminen käy hankalaksi. Suurta energiataloudellista hyötyä tuottava lisäeristäminen ei onnistu. Suositeltava ratkaisu, johon työn pohdinnassa päädytään, on ulkopuolinen tiivistäminen. Energiatehokkuus ja ekotehokkuus pitää saavuttaa erilaisin keinoin.

Varsinaisia uusia innovaatioita työssä ei ilmene, mutta pohdinnan lopputulos poikkeaa rakennusten julkisivukeskeisestä suojelusta korostamaan myös sisäpuolisia pintakäsittelyitä.

Avainsanat: Hirsirakennukset, lämmöneristys, arvot, energiatehokkuus.

Thesis abstract

Faculty: Conservation
Degree programme: Bachelor of Culture and Arts
Specialisation: Building Conservation

Author/s: Laura Salli

Title of thesis: The heat insulation of the walls in a historical log building

Supervisor(s): Janne Jokelainen

Year: 2010

Number of pages: 25

Number of appendices: 0

The thesis discusses the heat insulation of the walls in a historical log building. The thesis only deals with walls because they are the most difficult part of the historical building when the cultural values are considered. The emphasis of the thesis is on the ethical problem. The aim is to find out if there is a way to isolate the walls of a historically valuable building energy efficiently. This is a current topic because saving energy is emphasised.

Different reasons and point of views why the old building has cultural values are presented in the work. The values of the walls and the problems of the isolated walls are presented separately.

The problem of the supplementary heat insulation is dealt with by going through different influential matters. These are; the current specification for historical buildings, the isolation goals and the rules of new buildings, and the material options and the place of the heat insulation.

Technically it is possible to do energy efficient heat insulation for a log building. But when the cultural values are considered, it gets remarkably more difficult to do it both on the outside and inside. The conclusion is that it is not possible to get any great energy efficiency from the walls of a historical log building. The recommended solution is to improve the air tightening of the walls from the outside.

The thesis does not bring out new innovations but the reasoning concludes that the interior finishings need more attention. This differs from the current specification.

Keywords: Log building, heat insulation, values, energy efficiency.

Sisällysluettelo

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ.....	2
THESIS ABSTRACT.....	3
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	5
1 JOHDANTO.....	6
2 KULTTUURIHISTORIALLISTI ARVOKKAAN RAKENNUKSEN ARVOT.....	7
2.1 Mitkä ovat vanhan rakennuksen arvot?.....	7
2.2 Seinien arvo ja ongelmallisuus lisäeristettäessä.....	9
3 LÄHTÖKOHDAT ENNEN LISÄERISTÄMISTAVAN VALINTAA.....	11
3.1 Rakenteiden lähtötilanne.....	11
3.2 Museoviraston ohjeistus lisäeristämiseen.....	11
3.3 Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset 2010.....	13
4 LISÄLÄMMÖNERISTÄMISEN KEINOJEN VALINTA VANHALLE HIRSIRAKENNUKSELLE.....	15
4.1 Lisälämmöneristyksen materiaalit.....	15
4.1.1 Mineraalipohjaiset eristemateriaalit.....	15
4.1.2 Muovieristeet.....	17
4.1.3 Luonnonkuitupohjaiset eristemateriaalit.....	17
4.2 Lisälämmöneristys sisä- vai ulkopuolelta?.....	18
5 JOHTOPÄÄTÖKSET.....	20
5.1 Mihin ja millä tehdä lisälämmöneristys?.....	20
6 POHDINTA.....	22

Käytetyt termit ja lyhenteet

IVA	IVA on terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen ohjeistama prosessi, jonka avulla pyritään ennalta arvioimaan erilaisten päätöksien vaikutuksia ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin.
Konservointi	Rakennuksen, rakennusosan tai pintakäsittelyn suojaamista tuhoutumiselta ja niissä olevien vikojen korjaamista konservoinnin asiantuntijan toimenpiteillä.
Lämmön johtuminen	Lämmön siirtymismuoto, missä lämpö pyrkii tasoittumaan väliaineessa eli virtaamaan lämpimästä kylmempään päin. Johtumista tapahtuu kiinteissä aineissa ja nesteissä.
U-arvo	Lämmönläpäisykerroin (W/m^2K) ilmoittaa rakennusosan läpäisevän lämpövirran määrän jatkuvuustilassa, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla on 1K.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyö käsittelee kulttuurihistoriallisesti arvokkaan hirsirakennuksen seinien lisäeristämistä. Aihepiiri on hyvin rajattu. Se käsittelee vain lautavuoratus hirsirunkoisen rakennuksen seiniä, koska seinien lisäeristäminen on erityisen ongelmallista kulttuurihistoriallisten arvojen kannalta. Rakennuksen muiden osien lisäeristäminen voi olla energiatehokkaampaa, mutta esimerkiksi ylä- tai alapohjan lisäeristäminen ei vaadi yhtä suurta pohdintaa arvojen näkökulmasta.

Tavoitteena on löytää arvojen kannalta kunnioittavin keino lisäeristää; mahdollisimman tehokas ratkaisu, joka vastaisi mahdollisimman hyvin rakennusmääräyskokoelman tavoitteita. Onko mahdollista lisäeristää vanhan hirsirakennuksen seiniä energiatehokkaiksi niiden kulttuurihistoriallisten arvojen ehdoilla, ja tuleeko eristys sisä- vai ulkopuolelle? Opinnäytetyö pyrkii vastaamaan näihin kysymyksiin.

Opinnäytetyön aihe on tärkeä ja ajankohtainen, koska lisäeristäminen ja rakennusten energiatehokkuus ovat tällä hetkellä puhuttuja ja tavoiteltuja asioita. Uudisrakentamisessa pyritään nollaenergiataloihin ja lisäeristämisen paine koskee myös vanhoja rakennuksia.

Opinnäytetyössä ei mainita erikseen jokaisen rakenteen ja rakennusmateriaalin säästämisestä, kuten alkuperäisten listojen ja karmien, koska työn lähtökohta on konservointi. Työssä oletetaan myös, että jonkin asteinen lisäeristäminen on pakollinen toimenpide ja edellytys rakennusten käytön jatkuvuuden kannalta. Tästä oletuksesta seuraa että lisäeristäminen on konservoinnin määritelmän mukaista suojaamista tuhoutumiselta. Ilman käyttöä rakennukset tuhoutuvat.

2 KULTTUURIHISTORIALLISTESTI ARVOKKAAN RAKENNUKSEN ARVOT

Kaikilla rakennuksilla on arvo ja arvoja. Uudisrakennuksella ja historiallisella rakennuksella voi olla moniakin samoja arvoja. Molemmat rakennukset ovat osa nykypäivää ja tämän hetkistä kulttuuria, mutta vain vanha rakennus on myös osa historiaamme. Vanhalla rakennuksella on useita eri arvoja ja niille on useita eri perusteluita. Seuraavissa kappaleissa tuodaan esille syyt miksi vanhat rakennukset ovat tärkeitä, miksi vanha rakennus on kulttuurihistoriallisesti arvokas rakennus ja mitkä ovat seinien arvot ja ongelmat lisäeristettäessä.

2.1 Mitkä ovat vanhan rakennuksen arvot?

Rakennuksen arvo määräytyy sen ominaisuuksien mukaan ja täten rakennusten arvot vaihtelevat suuresti. Nykypäivänä kuitenkin kaikilla perinteisillä hirsirakennuksillamme on ainakin yksi yhteinen ominaisuus ja tästä syystä yhteinen arvo. Jokaista vanhaa rakennusta yhdistävä ominaisuus on niiden ikä, joka johtuu rakennusajankohdasta. Perinteiset vanhat hirsirakennukset ovat pieni vähemmistö rakennuskannostamme. Jo vuonna 1998 on laskettu, että 70 % rakennuksistamme rakennettiin 1970–90-luvuilla ja vain 8 % oli rakennettu ennen vuotta 1940 (Suomen arkkitehtuuripolitiikka 1998,14–15). Vanhojen rakennusten määrä on vuodesta 1998 vain pienentynyt purettujen rakennusten myötä. Tänäkin kesänä esimerkiksi Porin ydinkeskustasta on purettu kaksi vanhaa hirsirakennusta. Tämä tekee vanhoista rakennuksistamme harvinaisia ja siten jokainen on arvokas.

Samasta syystä kaikilla säilyneillä vanhoilla rakennuksilla on myös suuri maisemallinen arvo. Kulttuurihistoriallisesti arvokkaalla rakennuksella on aina maisemakuvaa ja ympäristöämme monipuolistava vaikutus. Tämän lisäksi rakennus voi myös olla tärkeä osa kaupunkikuvan tai kulttuurimaiseman kokonaisuutta tai päinvastoin jonkin paikan kiintopiste (Valtion rakennusperinnön vaaliminen 1998, 19–21).

Kulttuurihistoriallisesti arvokkaan rakennuskannan arvot ja tärkeys yhteiskunnalle todetaan, kun vanha rakennuskanta huomioidaan myös terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen IVA-prosessien ohjeistuksissa. Kulttuurihistoriallisesti arvokas rakennuskanta pitää huomioida esimerkiksi kaavapäätöksiä tehtäessä. (Kulttuuriympäristön ominaisuuksien arvottaminen 2007.) Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen osoittama huomio rakennetun kulttuuriympäristön pysymiseen monipuolisena osoittaa, että kulttuurihistoriallisesti arvokkailla rakennuksilla on vaikutus ihmisten terveyteen ja hyvinvointiin. Myös teoksessa Kulttuuriperinnön kauneus, hyvyys ja totuus todetaan, että kulttuuriperintö virkistää ihmisen mieltä (Elo, Järnefelt, Linnanmäki & Melanko 2000, 16).

Samassa kirjassa myös korostetaan vanhan rakennuskannan arvoa identiteettillemme, eli kulttuurihistoriallista arvoa. Rakentamamme ympäristö antaa nykyiselle kulttuurillemme taustan ja vertailukohtan. Se hahmottaa identiteettiämme ja luonnettamme. (Elo ym. 2000, 16). Tästä syystä on aina vain tärkeämpää säilyttää omaa kulttuuriperintöämme globalisoituneessa maailmassa.

Vanhan rakennuksen merkitystä arvioidaan kuitenkin useimmiten rakennushistoriallisesta ja historiallisesta näkökulmasta. Rakennushistoriallisia arvoja ovat mm. rakennustaiteellinen ja -tekninen arvo, tyyppillisuus ja epätyypillisuus. (Valtion rakennusperinnön vaaliminen 1998, 19–21.) Rakennustaide kertoo oman aikansa arvoista, tyylistä ja mieltymyksistä. Rakennustekniikka kertoo käytetyistä työmenetelmistä, saatavilla olleista työkaluista ja katoavista käsityön taidoista. Rakennus voi olla arvokas, koska se

on omalla alueellaan tyypillinen, ajalleen tyypillinen tai käyttötarkoituksen mukaan tyypillinen, mutta yhtä arvokas on rakennus joka on harvinainen ja epätyypillinen.

Historialliset arvot syntyvät, kun rakennus on osa historian tapahtumia. Rakennusten kertoma historia on loputon. Ne kertovat tarinoita tavoista ja elämästä (Elo ym. 2000, 16). Joku rakennus voi olla osa merkittävää tapahtumahistoriaa tai henkilöhistoriaa. Jopa pienetkin merkit, muutokset tai paikkaukset voivat kertoa ympäristön tapahtumista, kuten pieni metallilevy paikka hirsirungossa kertoo sodan aikaisten pommien aikaansaamista tuhoista. Vanha rakennus voi antaa elämyksen syntyvien mielikuvien kautta tai muistutuksen historiasta, oli se sitten muistutus hyvästä tai pahasta (Elo ym. 2000, 54). Historiallisia arvoja ovat siis kertovuus, kerroksellisuus, patina ja elämyksellisyys. Vanha rakennuskanta on arvokasta, koska se rikastuttaa elämäämme kertomalla tarinoita historiasta ja monipuolistamalla ympäristöämme.

2.2 Seinien arvo ja ongelmallisuus lisäeristettäessä.

Vanhan rakennuksen seinien lisäeristämisen yhteydessä ongelmaksi muodostuvat niin sisä- kuin ulkopuolisetkin pintakäsittelyt ja rakenteiden muuttuminen. Seiniä lisäeristettäessä näkyvä muutos on aina väistämätön. Rakennuksen yleisilme muuttuu ja autenttisuus kärsii.

Sisäpuolella rakennuksen seinät kertovat paljon rakennuksen käyttöhistoriasta. Arvokas kerroksellisuus on usein parhaimmillaan paksuissa tapettikerroksissa. Niissä näkyvät vaihtunut muoti, tyylikaudet ja eri aikojen tunnelmat. Eri tyylikausien tapetit ovat usein eri aikakausista ainoa muistutus, kun huonekalut ja muu alkuperäinen sisustus on jo hävinnyt. Usein rakennuksen sisäpinnat uusitaan tai peitetään ja näin menetetään vanhan rakennuksen tunnelmallisuus. Sisäpuolisten pintakäsittelyjen arvostus vaatisi nykyistä enemmän huomiota, koska usein ne ovat monipuolisin yksittäinen osa rakennuksen historiaa ja parhaiten kuvaavat eri

aikakausien ihanteita, tapahtuneita muutoksia ajattelussa ja arvoissa. Rakennus, joka on ulkopuolelta ”vanha”, mutta sisäpuolelta uudelleenrakennettu, on menettänyt suuren osan identiteettiään, historiallista arvoaan ja rakennushistoriallista arvoaan.

Myös ulkopuoliset pintakäsittelyt ovat korvaamaton osa rakennusta ja sen arvoa historiallisena rakennuksena. Ulkopuolisilla pintakäsittelyillä on sisäseinien arvojen lisäksi maisemallinen arvo. Yksityisissä asuinrakennuksissa ulkopuoli on se osa rakennusta, jonka suurempi ihmismäärä näkee ja mikä on tärkeä osa monipuolista kulttuurimaisemaa. Erityisesti hirsirakennuksen ulkonäköön vaikuttaa sen ulkovuoraus. Ulkovuorauksen historiallisesta arvosta kerrotaan hyvin museoviraston korjauskortissa (Rahola 2000, 4):

Vanhaan ulkovuoriin on kirjoitettuna talon historia: ikkunoiden ja ovien siirtäminen, laajennukset, paikkaukset ja muut muutokset ovat siitä luettavissa. Ennen kaikkea vuorauksen vanheneminen kertoo kuluneesta ajasta. Alkuperäisen mallin mukaan tehdyllä uudella ulkovuorauksella ei ole historiallista arvoa.

Seinien lisäeristämisen ongelmallisuus ilmenee tässä. Ulkovuoraus myös omalta osaltaan kertoo eri aikakausien tyyleistä ja työtavoista. Vanhasta lautavuorauksesta pystyy näkemään eri työmenetelmien jättämät työstöjäljet. Sisä- ja ulkopuolisten pintakäsittelyiden vertailu ja arvottaminen on siis erittäin hankalaa. Yleisellä tasolla on mahdotonta asettaa toista arvokkaampaan asemaan.

3 LÄHTÖKOHDAT ENNEN LISÄERISTÄMISTAVAN VALINTAA

3.1 Rakenteiden lähtötilanne

Lisäeristämisen suunnittelu ja toteutustapa vanhaan rakennukseen riippuvat suuresti rakennuksen lähtötilanteesta. Suurin vaikuttava tekijä on rakennuksen kunto ja mahdolliset vauriot, jotka määrittelevät muita tehtäviä töitä. Arvojen kannalta lisäeristys on helppo tehdä sisäpuolelle, jos esimerkiksi sisätilat ovat täysin tuhoutuneet. Jos taas rungon kengityksen vuoksi ulkovuoraus puretaan, on rakennus helpompi tiivistää ja lisäeristää ulkopuolelta. Tässä työssä kuitenkin oletetaan, että rakennus on rakenteellisesti hyvässä kunnossa.

Työn luonteen vuoksi seinien oletettu lähtötilanne on lisäeristämätön ja hyvin säilynyt. Sisäpuolella seinissä oletetaan olevan suoraan hirsipinnan päälle tapetoituna useampia tapettikerroksia ja ulkopuolella suoraan hirren päälle on naulattu lautavuoraus ilman tervapaperia. Kyseisen seinärakenteen U-arvo ilman tervapaperia on noin $0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$, kun rungon hirren paksuus on 140 mm.

3.2 Museoviraston ohjeistus lisäeristämiseen

Museoviraston korjauskortistossa Lämmöneristyksen parantaminen annetaan hyvät perusohjeet kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennusten lämmöneristyksen parantamiseen.

Korjauskortista on poimittu seuraavat asiat, jotka tulee huomioida lisälämmöneristyksen yhteydessä (Puurunen 2000, 2-11):

- ”Eristettä kannattaa lisätä vain, jos rakenne muutenkin vaatii korjaamista.”
- ”Jos eristämistä halutaan tehdä asumismukavuuden parantamiseksi, rajoitetaan korjaus niihin tiloihin, joissa sitä tarvitaan.”

- ”Tiivistäminen on halvin tapa lisätä asumismukavuutta”.
- ”Ilmavuotojen ja huoneen sisäisten ilmavirtausten aiheuttama vedontunne ja lattian pintalämpötila vaikuttavat keskeisesti asumismukavuuteen.”

Varsinaiseen lisälämmöneristämiseen korjauskortti ottaa kantaa seuraavasti (Puurunen 2000, 2-11):

- Ulkopuolinen lisälämmöneristäminen on mahdollista vain, jos ulkoverhous joudutaan uusimaan. Jos ulkopuolinen lisäeristäminen tulee kyseeseen, se tehdään parantamalla tuulitiiviyttä vuorauspaperilla tai huokoisella kuitulevyllä.
- Sisäpuolelta tehty lisäeristäminen on museoviraston suosittelema vaihtoehto. Siihen suositellaan käytettäväksi 12 tai 25 mm paksua huokoista kuitulevyä suoraan vanhojen tapettikerrosten päälle naulattuna maksimissaan 50 mm paksuudelta.
- Ei käytetä ns. höyrysulkua, mineraalipohjaisia eristeitä tai muovieristeitä, vaan orgaanisia materiaaleja jotka eivät muuta hirsirakennuksen toimintaperiaatetta.

Ulkopuolista lisälämmöneristystä museoviraston korjauskortti ei suosittele, koska se muuttaa rakennuksen ulkoista ilmettä ja jättää ikkunat syvennykseen (Rahola 2000, 4). Kun seinät lisälämmöneristetään Museoviraston suosittelemalla tavalla, hirsiseinärakenteen U-arvoksi tulee noin 0,40 W/m²K. Saatu U-arvo on laskettu 140 mm paksulle hirsiseinälle, ja eristys on tehty sisäpuolelle 50 mm paksulla huokoisella kuitulevyllä. U-arvot on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelma C4:n ohjeiden mukaan (2003, 10–17).

Museoviraston lisälämmöneristyksessä ohjeistava korjauskortti on jo kymmenen vuotta vanha, mutta siitä huolimatta vuonna 2010 ilmestyneen Energia- ja ekologiakäsikirjan ja korjauskortin lisälämmöneristämisohjeiden välillä ei ole suuria eroja. Tekniikan tohtori ja arkkitehti Markku Lappalaisen Energia- ja ekologiakäsikirjassa suositellaan erityisesti rakenteiden tiivistämistä, korostetaan lisälämmöneristämisen tekemistä muiden korjausten yhteydessä ja todetaan sisäpuolisen eristämisen olevan taloudellisesti kannattavampaa. Lappalainen muistuttaa myös, että rakennuksen ulkonäkö ei saa oleellisesti muuttua, jos

lisälämmöneristys tulee ulkopuolelle. (Lappalainen, M. 2010. 133, 135.) Molempien lähteiden lisälämmöneristysohjeet ovat hyviä ja paikkansapitäviä, mutta arvojen näkökulmasta molemmissa ohjeistuksissa sisäpuolisten pintakäsittelyiden säilyttäminen ja konservointi jää liian vähälle huomiolle.

3.3 Suomen rakentamismääräyskokoelman määräykset 2010

Rakennusten lämmöneristystä koskevat uudet määräykset tulivat voimaan vuoden 2010 alusta alkaen. Energiansäästöä on tavoiteltu vähentämällä lämmönjohtavuutta, joka saavutetaan muun muassa suurentamalla eristepaksuuksia. Uudet lämmöneristysmääräykset löytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelmasta C3.

Hirsirakennuksille on määrätty ensimmäistä kertaa omat U-arvot uudessa rakentamismääräyskokoelmassa. Tavalliselle seinärakenteelle ja hirsiseinälle määrättyjen lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot poikkeavat suuresti toisistaan. Tyypillisen seinän U-arvon enimmäisarvo saa olla $0,17\text{W/m}^2\text{K}$, kun taas massiiviselle hirsiseinälle vastaavaksi arvoksi on asetettu $0,40\text{W/m}^2\text{K}$. Hirsiseinän minimipaksuudeksi on määritelty vähintään 180 mm paksuista hirsistä rakennettu rakenne. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 7.) Vanhat hirsirakennukset eivät aina vastaa rakennusmääräyskokoelmassa määriteltyä hirsiseinää, eivätkä tämän hetkiset määräykset koske korjausrakentamista, vaan ainoastaan uudisrakentamista.

Kiristyvien määräysten tavoitteena on energiansäästö ja lämmöneristysmääräykset tulevat taas muuttumaan vuonna 2012 tiukemmiksi. Tulevaisuudessa pyrkimyksenä on päästä pois nykyisestä määräyskokoelman toimintamallista. Rakennusten lämmöneristys- ja energiansäästömääräyksiä ei pyritäisi enää rakennekohtaisesti erikseen määrittelemään, vaan rakennuksilla olisi kokonaisvaltainen energiankulutustavoite. (Vapaavuori 2010.)

Seiniltä vaadittavien eristepaksuuksien 2012 taas suurentuessa, ja koska rakennusmääräyskokoelman tavoite on energiansäästö, ei ole kannattavaa

tavoitella vain tämän hetkisiä U-arvoja. On järkevää etsiä mahdollisimman tehokasta ja kulttuurihistorialliselle rakennukselle sopivaa ratkaisua. Tulevaisuudessa rakennuksille asetettavat kokonaisvaltaiset energiakulutustavoitteet tekevät mahdolliseksi huonommat seinien U-arvot, jos energiankulutusta säädellään muin keinoin. Energiansäästö on tavoite, ei määräysten täyttäminen.

4 LISÄLÄMMÖNERISTÄMISEN KEINOJEN VALINTA VANHALLE HIRSIRAKENNUKSELLE

4.1 Lisälämmöneristyksen materiaalit

Eri eristemateriaaleja on tarjolla suuri määrä. Monet sopivat teknisesti käytettäväksi hirsirakenteen kanssa, mutta ongelmana on yleisesti eristemateriaalien paksuus. Kulttuurihistoriallisesti arvokasta rakennusta ei voi lisälämmöneristää paksuilla eristekerroksilla, koska mitä paksumpi eristekerros, sitä suuremmat muutokset ulkonäössä ja rakenteissa.

4.1.1 Mineraalipohjaiset eristemateriaalit

Mineraalipohjaiset eristemateriaalit muodostuvat epäorgaanisista kuiduista ja orgaanisesta sideaineesta. Yleisimmät mineraalipohjaiset eristemateriaalit ovat kivi- ja lasivilla. Mineraalipohjaisten eristemateriaalien kanssa suositellaan aina käytettävän höyrynsulkua, jos kosteuden poistumista rakenteen läpi ei voida varmistaa. (RT 36–10689. 1999.)

Mineraalipohjaisilla eristemateriaaleilla on mahdollista lisälämmöneristää hirsirunkoinen rakennus niin sisä- kuin ulkopuoleltakin. VTT:n suorittamassa kenttäseurannassa on vuonna 1985 todettu, että mineraalivillaeristeiden käyttö ei aiheuta kosteusteknisiä haittoja hirsirakenteelle. Tutkimuksessa tarkasteltiin mineraalivillalla lisäeristettyjä hirsirakennuksia. Eristepaksuudet sisäpuolella olivat 50 mm ja 70 mm. Vain 70 mm paksun eristekerroksen kanssa käytettiin höyrynsulkua. Näillä eristepaksuuksilla kummankin hirsirakenteen kosteudet jäivät riittävän alhaisiksi ja rakenteisiin ei syntynyt kosteusvaurioita. Tutkimuksessa todettiin myös, että ulkopuolinen mineraalivillaeristys ei aiheuta kosteusteknisesti haittaa hirsirakenteelle. Ulkopuolella eristepaksuus oli 100–125 mm. (Saarimaa, J., Krankka, J. & Sevón, J. 1985. 13, 18, 55.)

Sisäpuolelta lisälämmöneristettäessä mineraalivillojen käyttö muodostuu ongelmaksi vasta kun eristepaksuudet suurenevat. Tampereen teknillisen yliopiston tutkimuksissa todettiin, että massiivisen hirsirakenteiden kosteuspitoisuudet nousivat kondensoitumisen myötä, kun rakenteita lisäeristettiin sisäpuolelta 100–200 mm paksuilla mineraalivillakerroksilla. Siitäkin huolimatta, että jokaisessa tapauksessa käytettiin seinän sisäpinnassa höyrynsulkumuovia. Rakenteiden kuivuminen kondenssikosteudesta ei nopeutunut käytettäessä höyrynsulkuna enemmän kosteutta läpäisevää bitumipaperia. Bitumipaperin kanssa hirsirakenne pysyi kosteampana pidempään kuin muovitiivistyspaperilla tai muovikalvolla tiivistetty rakenne. (Matalaenergiarakenteiden toimivuus 2008, 57–58.)

Käsiteltäessä kulttuurihistoriallisesti arvokkaita rakennuksia tärkeintä on saada rakennukset säilymään. Sen vuoksi on huomioitava mineraalivillaeristeisiin liittyvä sieniriski (Paajanen, L., Ritschkoff, A. & Viitanen. H. 1994, 62). Lahottajasienet vaikuttivat VTT:n kokeissa lasi- ja kivivillaan hajottavasti ja myös lisäsivät huomattavasti lattiasienen aiheuttamaa lahoamista puurakenteissa (Paajanen ym. 1994. 37, 60 ,61). Kivivilla voi edistää lattiasienen kasvua ja sen vaikutuksia rakenteille. Jos kuitenkin olemassa olevissa rakenteissa on jo maa- ja kiviperäisiä materiaaleja, kuten betonia tai muurattuja rakenteita, mistä lahottajasienet voisivat saada samat alkuaineet kuin kivivillasta, ei ole merkitystä mitä materiaalia käytetään eristemateriaalina (Paajanen ym. 1994, 61). Nämä ominaisuudet tulee ottaa huomioon.

Mineraalipohjaisia eristemateriaaleja on saatavissa puhallettava villana, mattona, kovina ja pehmeinä levyinä. Useimpien eri valmistajien tarjoamat mineraalivillalevyt ovat ohuimmillaan 30 mm paksuja.

Mineraalivillaeristeiden käyttö hirsirakennuksen seinien lisälämmöneristyksessä on teknisesti toimiva ratkaisu, jos eristepaksuudet eivät ole liian suuria. Mineraalivillojen kanssa suositellaan kuitenkin käytettävän höyrynsulkua, joka oleellisesti muuttaa hengittävän hirsiseinän toimintaa, ja kivivilla saattaa edistää kosteuden aiheuttamia lahovaurioita. Mineraalivilla on myös vieras materiaali perinteisessä hirsirakennuksessa, eikä sitä suositella käytettäväksi konservoinnissa.

4.1.2 Muovieristeet

Muovieristeitä ovat esimerkiksi XPS-, EPS- ja PUR-eristeet. PUR-eriste on polyuretaania, EPS-eristeet tunnetaan yleisesti tuotenimellä Styrox ja XPS-eristeet ovat polystyreeniä.

EPS-eristelevyjen paksuudet ovat pienimmillään 50 mm. (Tarviketieto , [viitattu 4.8.2010]). Finnfoamin XPS-eristelevyjä saa 20 mm paksuina, mutta korjausrakentamisessa niiden kiinnitys vanhaan seinärakenteeseen neuvotaan tekemään listojen avulla. Käytettäessä eristeen lisäksi listoja kiinnitykseen eristepaksuus kasvaa (RT 37871. 2010). Polyuretaanista tehty SPU AL PUR -eristelevyä saa 30 mm paksuna. Muovieristeiden lämmönjohtavuus on alhainen, mutta ne ovat jäykkiä levyjä, joten niiden asentaminen tiiviisti hirsiseinää vasten ei onnistu yhtä hyvin kuin pehmeillä materiaaleilla. Jos eristelevyn ja hirsirungon väliin jää rakoja, menetetään muovieristeiden mukana tullut alhaisen lämmönjohtavuuden hyöty, koska ulkoa hirsirungon läpi pääsee viileää ilmaa kiertämään materiaalien väleihin jääneisiin rakoihin. Jos tämä halutaan välttää, pitää alle laittaa joustava materiaali tai täyttää raot, mikä johtaa taas eristepaksuuden nousuun. Lisäksi samoin kuin mineraalivillaeristeet, myös muovieristeet ovat vieraita materiaaleja perinteisessä hirsirakennuksessa, eikä niitä suositella käytettäväksi konservoinnissa.

4.1.3 Luonnonkuitupohjaiset eristemateriaalit

Luonnonkuitupohjaisia eristemateriaaleja ovat selluloosasta, puuhiokkeesta ja keräyspaperista valmistetut eri tuotteet, kuten ruiskutettava selluvilla ja erilaiset puukuitulevyt. (RT 36–10661. 1998.)

Puukuitueristeet ja pellava ovat hygroskooppisia, ja lämmönjohtavuuden muutokset ovat suurempia hygroskooppisilla luonnonkuitueristemateriaaleilla kuin

mineraali- tai muovieristeillä. Puukuitu- ja pellavaeristemateriaaleilla lämmönjohtavuus nousee 10–20 %, kun ilman suhteellinen kosteus muuttui 0 %:sta 97 %:iin. Lämmönjohtavuus nousee enemmän, jos materiaali on tiheää. Mineraalivilloilla ei tapahdu lämmönjohtavuuden nousua suhteellisen kosteuden vaikutuksesta. Kyseiset tulokset on saatu laboratoriokokeissa. Käytännössä lämmönjohtavuuden muutos ei ole näin suuri luonnonkuitueristeillä, koska kosteuspitoisuuden ja lämpötilan muutokset vaikuttavat vastakkaisiin suuntiin. (Vinha, J., Valovirta, I., Korpi, M., Mikkilä, A. & Käkelä, P. 2005. 41, 96). Alhaisessa lämpötilassa talvella lämmönjohtavuus on pienempää, mutta ilman suhteellinen kosteus on suurempi, mikä taas nostaa lämmönjohtavuutta.

Huokoista puukuitulevyä on saatavilla ohuina muun muassa 12 mm:n levyinä, esimerkiksi Suomen Kuitulevyn Tuulileijona. Se on hartsikäsitelty ja vain ulkokäyttöön tuulensuojalevyksi tarkoitettu. Hartsikäsitely vaikuttaa sen vedenimukykyyn, mikä taas alentaa lämmönjohtavuuden muutoksia (Vinha ym. 2005, 89). Myös sisäkäyttöön tarkoitettu Vital-eristelevy taas sisältää rakenteiden säilyvyyden kannalta hyödyllisiä boorimineraaleja (RT K-37006. 2005.), jotka vaikuttaa hidastavasti lahottajasienten kasvuun (Paajanen ym. 1994, 35).

Lämmönjohtavuuden muutoksista huolimatta luonnonkuitupohjaiset eristemateriaalit ovat konservoinnissa suositeltuja materiaaleja hirsirakenteille. Niiden käyttö historiallisissa kohteissa on todettu toimivaksi. Ne eivät ole vieraita materiaaleja hirsirakennuksessa, kuten ovat muovi- ja mineraalipohjaiset eristeet. Ne ovat myös turvallinen eristeratkaisu, koska ne muuttavat vähiten seinän kosteusteknistä toimintaa. Luonnonkuitupohjaiset eristemateriaalit ovat puun tavoin hygroskooppisia ja siten myös tasapainottavat kosteusvaihteluita. Paksuina eristerakenteina sisäpuolella myös luonnonkuitupohjaiset eristemateriaalit saattavat aiheuttaa kosteusteknisiä ongelmia, kuten VTT:n kokeissa mineraalipohjaiset eristeet aiheuttivat.

4.2 Lisälämmöneristys sisä- vai ulkopuolelta?

Sisäpuolinen lisälämmöneristys huonontaa hirsirakenteen kosteusteknistä toimintaa, koska hirsirunko viilenee. Kylmempi hirsirunko kuivuu hitaammin ja siten sen kosteuspitoisuus jää korkeammaksi. (Matalaenergiarakenteiden toimivuus

2008, 51.) Rakennustekniseltä kannalta lisälämmöneristys on parempi tehdä ulkopuolelle. Siitäkin huolimatta korjausrakentamisessa lisälämmöneristys tehdään useimmiten sisäpuolelle. Sisäpuolinen lisälämmöneristäminen on yleensä halvempi toteuttaa (Lappalainen 2010, 133).

Ulkopuolinen lisälämmöneristys parantaa seinän kosteusteknistä toimintaa (Matalaenergiarakenteiden toimivuus 2008, 51.) ja ulkopuolelle se on mahdollista tehdä yhtenäiseksi väliseinien kohdilta (Lappalainen 2010, 133). Ulkopuolisessa lisälämmöneristämisessä ongelmaksi muodostuvat suuret ulkonäölliset muutokset. Ikkunat, ovet ja perustus jäävät syvennykseen ja räystäät lyhenevät. Paksu eristekerros ulkopuolella vaatii suuria muutoksia, jos halutaan säilyttää rakennuksen alkuperäistä ulkonäköä vastaava julkisivu.

Sisäpuolella arvokas kerroksellisuus pystytään säilyttämään uusien eristemateriaalien alla, mutta siitä huolimatta menetetään sisätilojen tunnelmallisuus. Toisaalta taas sisäpuolella kerroksellisuus, uudet muotitapetit ja uudet materiaalit ovat osa luonnollista jatkumoa. Sisäseinissä on aina näkynyt vaihtuvat aikakaudet, ja uusia pintakäsittelykerroksia on usein useampia kuin ulkona.

Jos ulkovuoraus uusitaan lisäeristyksen yhteydessä, tuhoutuu lopullisesti suuri osa rakennuksen autenttisuutta. Vanha lautavuoraus on eläväpintainen ja ainutlaatuinen. Siinä näkyy aika, auringon polttamat jäljet ja käsityönjälki. Uutta samannäköistä on mahdoton tehdä. Tästä syystä yksi mahdollinen tapa lisäeristää voisikin olla ulkovuorauksen varovainen purku ja ohuen lisäeristyksen jälkeen alkuperäisen laudoituksen palauttaminen. Tämä työ on hidas suorittaa, minkä vuoksi kallis toteuttaa.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Mihin ja millä tehdä lisälämmöneristys?

Kulttuurihistoriallisesti arvokkaan rakennuksen seiniä ei voi lisälämmöneristää paksulla eristekerroksella, jolla saavutettaisiin suurta energiataloudellista hyötyä. Teknisesti se on mahdollista, mutta konservoitaessa tai rakennuksen arvojen näkökulmasta ei. Sisäpuolella paksu eristekerros aiheuttaa kosteusteknisiä ongelmia, ja ulkopuolella paksu eristekerros jättää muita rakenteita syvennyksiin. Syvennyksiin jääviä rakenteita voi muuttaa, jotta arkkitehtoniset haitat häviävät, mutta vaarana on että tällä tavalla vanha rakennus uudelleenrakennetaan, eikä korjata tai säilytetä. Massiivirakenteinen ulkoseinä toimii kosteusteknisesti myös varmemmin, jos siinä ei ole eristekerroksen rajapintoja, joihin kosteus voisi tiivistyä (Matalaenergiarakenteiden toimivuus 2008, 50).

Lisälämmöneristäminen ohuella eristekerroksella on mahdollista niin sisä- kuin ulkopuoleltakin. Museoviraston ohjeen mukaan sisäpuolelle lisättäessä huokoista puukuitulevyä peitetään kaikki vanhat tapettikerrokset. Tapettikerrokset voidaan kuitenkin säilyttää huokolevyn alla, joten peruuttamatonta tuhoa ei tehdä. Huokolevyllä eristetty seinä on kuitenkin usein tunnelmaltaan täysin erilainen kuin hieman aaltoilevan pinkopahvin päällä olevat tapettikerrokset. Tästä syystä en suosittelen sisäpuolista lisäeristämistä. Energiatalouden parantaminen voidaan tehdä muiden rakenneosien energiatehokkuutta parantamalla.

Jos seiniä ei lisäeristetä, tiiviiden tärkeys ja tiivistäminen on entistä tärkeämpää. Museoviraston korjauskortti myös korostaa tiivistyksen tärkeyttä, mutta se neuvotaan tekemään sisäpuolelta. Tämä toimenpide voi tuhota sisäpuolisia pintakäsittelyitä kokonaan, kun halutaan tiivistää hirsirungon rakoja. Suosittelen tekemään seinärakenteiden tiivistämisen ulkopuolelta. Lautavuorauksen irrottaminen ja palauttaminen on hidas ja kallis työ energian säästöstä syntyvään

rahalliseen hyötyyn nähden. Jos rakenteiden korjaus tai muut mahdolliset työt eivät edellytä lautavuorauksen irrottamista, voidaan työ kohdistaa pienemmille alueille. Lämpökameran avulla voi paikallistaa pahimmat vuotokohdat ja irrottaa laudoitusta paikallisesti. Kun tiivistys tehdään ulkopuolelle, säästyvät sisäpuoliset pintakäsittelyt ja rakennuksen tunnelma säilyy myös sisäpuolella. Tarkoituksena ei ole uusia lautavuorausta, vaan irrottaa vanha ja palauttaa sama lautavuoraus. Rakennuksen sijainnista riippuen on mahdollista rajoittaa työ vain esim. pohjoisjulkisivulle.

Jos ulkolaudoitus joudutaan irrottamaan kokonaan, samalla voi seinän ulkopintaan kiinnittää tuulitiiviyttä parantavan tuulensuojalevyn. Näin tiivistämisestä tulee yhtenäisempi. Tuulensuojalevy toimii samalla ohuena lisälämmöneristeenä. Rakenteeseen lisättävän kerroksen paksuus voi olla 12 mm, joten suuria ulkonäöllisiä muutoksia ei tule. Lisättävän tuulensuojan paksuus pitää määrittää tapauskohtaisesti.

Varmin materiaali tiivistää ja lisälämmöneristää vanha hirsirakennus on Museovirastonkin suosittama huokoinen puukuitulevy. Suomen Kuitulevyn Tuulileijona-levy on ohuimpia levyjä. Sen etuina ovat riskittömyys ja samankaltaiset fysikaaliset ominaisuudet hirsirakenteen kanssa. Sillä on kuitenkin alhaisempi vedenimukyky ja lämmönjohtavuuden muutokset ovat vähäisempiä. Huokolevyä käytettäessä voidaan lautavuoraus kiinnittää suoraan huokolevyn päälle nauloin ilman ilmarakoa. Näin rakenne pysyy tiiviinä ja myös lautavuoraus parantaa seinän U-arvoa. Huokolevyn käytöstä on hyviä kokemuksia hirsirakenteissa useampien vuosien ajalta. Vain 12 mm paksulla huokolevyllä lisäeristettäessä saadaan rakenteen U-arvoksi $0,57 \text{ W/m}^2\text{K}$. Vastaava U-arvo saavutetaan vieläkin ohuemalla mineraalivillasta valmistetulla eristematolla, mutta sen ja muovieristeiden huono puoli on niiden erilaisuus hirsirunkoon nähden. Useammatkin materiaalit sopisivat teknisesti vanhaan hirsirakennukseen, mutta puukuitulevy on varmin vaihtoehto. Ulkopuolelle tiiviste- ja lisälämmöneristekerrokseksi pohdin mm. myös savirappausta, mutta sen vaatima koolaus lautavuorausta varten tekisi rakenteesta huomattavasti paksumman.

6 POHDINTA

Työn tavoitteena oli selvittää, voiko kulttuurihistoriallisesti arvokkaan vanhan hirsirakennuksen seiniä lisäeristää vastaamaan tämän hetken rakentamismääräyskokoelman tavoitteita. Rakentamismääräyskokoelman nykyisten määräysten täyttäminen voi olla teknisesti mahdollista, mutta hankalaa. Rakennuksen arvojen kannalta katsottaessa se ei ole mahdollista. Jos haluaa seiniltä energiatehokkuutta, kärsivät arvot. Museoviraston suosittamalla 50 mm paksulla huokoisella puukuitulevyllä 140 mm paksulla hirsiseinällä päästään 0,4 W/m²K U-arvoon, joka on tällä hetkellä hirsirakenteiden seinille asetettu u-arvo vaatimus. Tässäkin tilanteessa jouduttaisiin jo tekemään muita suuria rakennemuutoksia, koska 140 mm paksu hirsiseinä ei vastaa paksuudeltaan määräyskokoelmassa määritettyä hirsiseinää. Seinän lämpöhäviön ylitys jouduttaisiin tasaamaan rakennuksen vuotoilman ja ilmanvaihdon lämpöhäviöitä pienentämällä (Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010, 6). Yleisesti seinärakenteilta vaadittava 0,17 W/m²K U-arvo on vieläkin kaukaisempi tavoite historialliselle rakennukselle. 100 mm paksulla selluvillakerroksellakin lisäeristettäessä päästään vain n. 0,25 W/m²K U-arvoon.

Talot kuitenkin säilyvät parhaiten, kun niitä käytetään ja niissä asutaan. Myös korostamani sisäpuoliset pintakäsittelyt säilyvät parhaiten kuivassa ja lämpimässä tilassa. Koko kulttuurihistoriallisesti arvokas rakennus ja sen pintakäsittelyt tuhoutuvat, jos sitä ei käytetä. Osa rakennuksien luonnetta on niiden kokema historia ja niissä asumien ja asumiseen taas kuuluvat muutokset. Olisi epäaitoa pysäyttää täysin talon muuttuminen ja muuttaa se museoksi. Ovatko uusi tapettikerros ja lisäeristäminen siis vain yksi uusi luonteva askel rakennuksen historiassa? Mielestäni lisäeristäminen kannattaa kuitenkin tehdä maltillisesti ja ulkopuolelle. Lisäksi sisäpuolisten pintakäsittelyiden konservoiminen voi olla yksi vaihtoehto. Rakennuksien julkisivujen suojelu on pitkälle kehittynyttä ja yleistä. Museoviraston korjauskortissa sanotaan: ”Alkuperäisen mallin mukaan tehdyllä uudella ulkovuorauksella ei ole historiallista arvoa”. Tämä on totta, mutta onko

rakennuksen interiööreillä historiallista arvoa, jos siellä on täysin uudet pintakäsittelyt?

Työhön vertailukohdaksi mukaan ottamieni rakentamismääräyskokoelman määräysten tavoite on energiansäästö. Ei ole tarkoitus vain noudattaa määräyksiä ja juuri ylittää minimiarvoon, vaan säästää energiaa ja toimia ekologisesti. Tämän voi tehdä muillakin tavoilla kuin seiniä lisäeristämällä. Miimu Airaksisen, VTT:n rakennetun ympäristön ekotehokkuuden tutkimusprofessorin mukaan kyseisissä tapauksissa vanhojen rakennusten energian säästöä ja ekologisuuutta voi kompensoida parhaiten miettimällä energianlähdettä. Esimerkiksi ekologinen aurinkoenergia on kehittynyt viime vuosina suuresti. Rakennusten pitkäikäisyys ja materiaalivalinnat ovat myös osa ekotehokkuutta. Säilyttämällä vanhaa ja käyttämällä vanhoja materiaaleja toimimme jo ekologisesti. Yksi keskeisistä tulevaisuuden tutkimuskohteista on pohtia kulttuurihistoriallisten rakennusten ekotehokkuutta kokonaisvaltaisen elinkaariajattelun pohjalta.

LÄHTEET

- Elo, P., Järnefelt, H., Linnanmäki, S. & Melanko, K. (toim.) 2000. Kulttuuriperinnön kauneus, hyvyys ja totuus. Käännös Toppinen Teemu. Helsinki: Museovirasto, opetushallitus.
- Kulttuuriympäristön ominaisuuksien arvottaminen. Päivitetty 18.10.2007. [Verkkosivu] Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. [18.5.2010]. Saatavana: <http://info.stakes.fi/iva/FI/Toteutus/Tunnistaminen/arvottaminen.htm>
- Lappalainen, M. 2010. Energia- ja Ekologiakäsikirja Suunnittelu ja Rakentaminen. Helsinki: Rakennustieto oy.
- Matalaenergiarakenteiden toimivuus: Tutkimustuloksia ja suosituksia uusiin lämmöneristys- ja energiankulutusmääräyksiin ja -ohjeisiin, loppuraportti. 2008. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos.
- Paajanen, L., Ritschkoff, A. & Viitanen, H. 1994. Lämmöneristeiden merkitys rakennusten biologisissa vaurioissa. Espoo: VTT. Julkaisuja 791.
- Puurunen, H. 2000. Korjauskortisto: Lämmöneristyksen parantaminen. Helsinki: Museovirasto.
- Rahola, U. 2000. Korjauskortisto: Ulkolaudoituksen korjaus. Helsinki: Museovirasto.
- RT K-37006. 2005. Vital-lämmöneristeet. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 36-10661. 1998. Puukuitueristeet. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 36–10689. 1999. Mineraalivillaeristeet. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 36–10690. 1999. EPS-eristeet. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 36–10691. 1999. XPS-eristeet. Helsinki: Rakennustieto.
- RT 37871. 2010. FINNFOAM-Lämmöneristeet. Helsinki: Rakennustieto.
- Saarimaa, J., Krankka, J. & Sevon, J. 1985. Ulkoseinien lisälämmöneristäminen: Lisäeristettyjen rakenteiden kenttäseuranta. Espoo: VTT. Tiedotteita 420.

- Suomen arkkitehtuuripolitiikka 1998. Valtioneuvoston arkkitehtuuripoliittinen ohjelma 17.12.1998. Taiteen keskustoimikunta ja opetusministeriö.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma C3 2010. Rakennusten lämmöneristys, määräykset 2010. Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 2003. Lämmöneristys ohjeet 2003, Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- Tarviketieto. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Helsinki: Rakennustieto Oy. [4.8.2010]. Saatavana RT Tarviketieto Net:stä: Vaatii käyttöoikeuden.
- Vapaavuori, J. 2010. Asuntoministeri. Valtioneuvosto. Suomi Areena keskustelu. Askelmerkit ekotehokkaaseen asumiseen – keppiä vai porkkanaa? 20.7.2010. Pori.
- Valtion rakennusperinnön vaaliminen 1998. Helsinki: Museovirasto, rakennushistorian osasto. Museoviraston rakennushistorian osaston julkaisuja 19.
- Vinha, J., Valovirta, I., Korpi, M., Mikkilä, A. & Käkelä, P. 2005. Rakennusmateriaalien rakennusfysikaaliset ominaisuudet lämpötilan ja suhteellisen kosteuden funktiona. Tampere: Tampereen Teknillinen Yliopisto, Rakennustekniikan osasto, Talonrakennustekniikan laboratorio. Tutkimusraportti 129.