

Liimapuun halkeamien esto - tutkimus säähuvoneella



Keskiviikko 7.5.2025

Rakennustuotepäivä 2025



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

Onko halkeilu rakenteellinen ongelma?

- Useimmiten **pienet halkeamat ovat esteettisiä, eivät rakenteellisia**, eikä niillä ole vaikutusta liimapuun kantavuuteen. Halkeamien sijainti, syvyys ja suunta ratkaisevat, onko syytä huoleen:
 - **Pintahalkeamat** ovat yleensä vaarattomia.
 - **Syvät, poikittaiset tai rakenteen läpi menevät halkeamat** voivat heikentää kantavuutta ja vaativat tarkempaa arviointia.

Mistä liimapuun halkeilu johtuu?

Table. Equation of performance (MARRA 1992)

Glued Product Performance	= 483 MPa	±Σ Adhesive Composition Factors	±Σ Wood Property Factors	±Σ Wood Preparation Factors	±Σ Adhesive Application Factors	±Σ Wood Geometry Factors	±Σ Product Service Factors
Strength Durability Appearance	Potential Adhesion Forces	Viscosity Hardening Mechanism Rate Degree Strength Durability pH Solvents Diluents Fillers Extenders Fortifiers Tackifiers Catalysts/ hardeners Solids content Resin solids Shrinkage Rheology Molecular pr particulate Size Design Distribution Hybrids Surface tension	Species Strength Stability Sapwood Heartwood Springwood Summerwood Permeability pH Age Extractives Hygroscopicity Reaction wood Cellulose Lignin Anisotropy Decay Knots Conductivity Dielectric properties Creep Relaxation Variability	Cutting to size Surface Smoothness Trueness Damage Plane of cut Contamination Inactivation Grain angle Moisture Content Distribution Age of surface Impregnants Temperature Honeycombed Casehardened Checked Burnished Dust Warp Supply Variability	Storage Weighing Mixing Mix age Application Method Speed Amount Distribution Assembly time Open Close Semiclosed Ambient Temperature Humidity Circulation Prepress Pressure Temperature Press Glue line Rate Press time Conditioning Variability	Element Thickness Width Length Grain Parallel Cross Number of plies Organisation Aligned Random Structure Homogenous Heterogenous Stratified Graded Mat formed Extruded Architecture Size Linear Planar Volumnar Curved Variability	<i>Stress</i> External Shear Tension Cleavage Duration Short Long Impact Cyclic Internal M.C. change Continuous Cyclic Temp. M.C. change Continuous Cyclic Stress conc. Creep Relaxation <i>Environment</i> Heat Continuous Cyclic Moisture Continuous Cyclic Organisms Radiation Chemicals Controlled Uncontrolled

Source: Marra, A. 1992. *Technology of wood bonding: principles in practice*. New York. 454p.



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

Voiko halkeilua estää?

Halkeilua voidaan **hillitä**, mutta ei täysin estää:

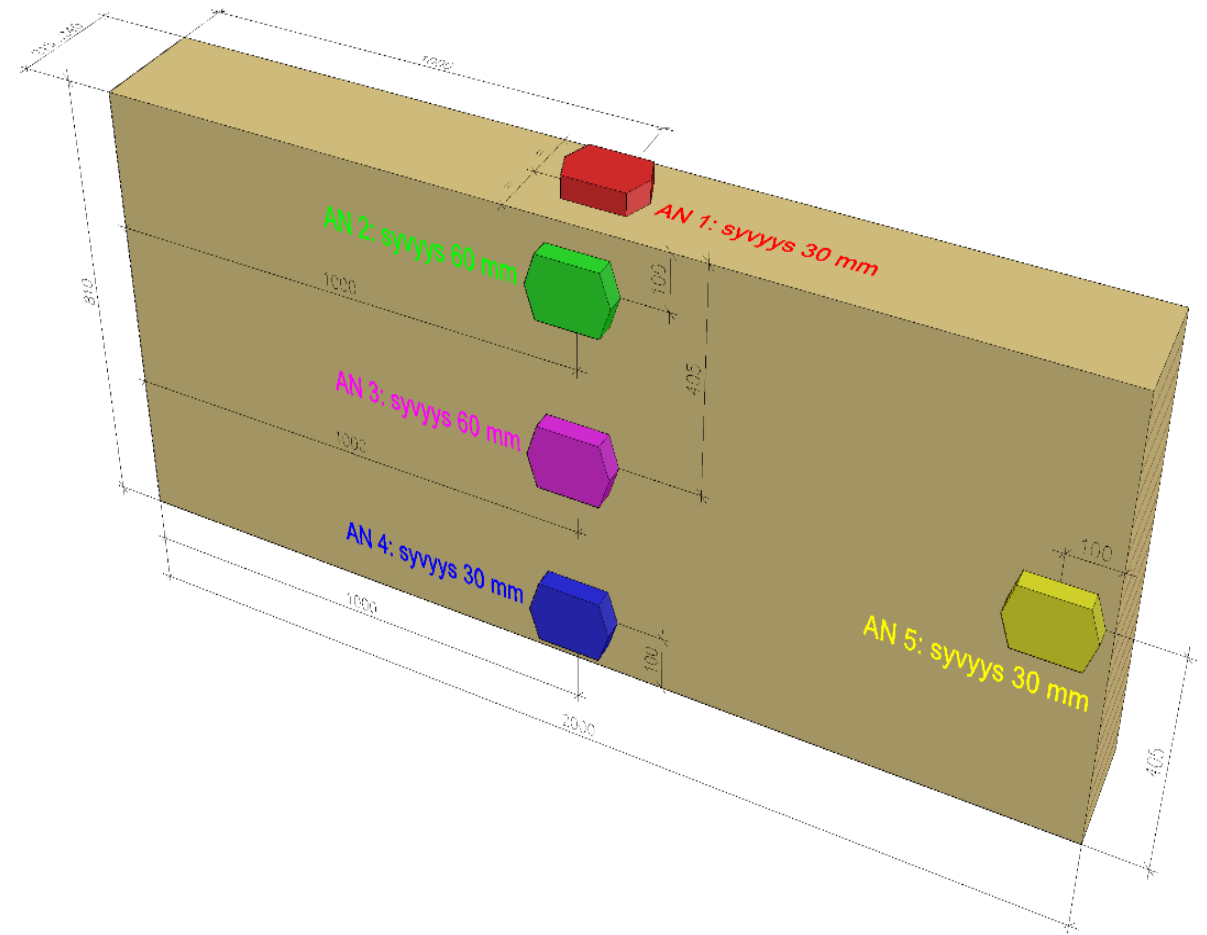
- Käyttämällä **oikein kuivattua liimapuuta** (kosteuspitoisuus noin 12–15 %).
- Suunnittelemalla rakenteet siten, että palkit eivät altistu **liialliselle kosteudelle** tai **nopeille ilmastonmuutoksille**.
- Huolehtimalla **oikeasta tuennasta ja kuormituksesta**
- Käyttämällä **suojaavia pintakäsittelyjä**, jotka hidastavat kosteuden vaihtelua.



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

Esitestin tarkoitus ja menetelmät

- Tutkittiin, että saadaanko liimapuupalkkiin syntymään samankaltaisia kuivumishalkeamia kuin todellisuudessa niihin syntyy
- Tutkimus oli esitesti varsinaiselle tutkimus-hankkeelle, jossa on tarkoitus etsiä keinoja halkeilun estämiseen/vähentämiseen
- Koekappaleen koko oli 215x810x2000
- Koekappaleessa oli anturit, jotka mittasivat kosteutta eri syvyydeltä
- Koekappaleissa ei ollut mitään pinnoitusta
- Koekappaleiden lähtökosteus oli 14 %



Koekappaleen kosteuden lisääminen ja kuivaaminen

- Koekappaleiden pinnan kosteus nostettiin vesiupotuksella arvoon 20...24 % (3 vrk)
- kuvaa todellista tilannetta, jossa liimapuun pinnan kosteus nousee ilmankosteuden vaikutuksesta rakennuksen rungon asennuksen ja betonilattian valun yhteydessä
- Vesiupotuksen jälkeen 20 mm:n syvyydellä kosteus oli 14...16 %
- Vain 20...30 mm puukappaleen pinnasta reagoi ilmankosteuden vaihtelun mukaan, kuten yleinen teoria esittääkin



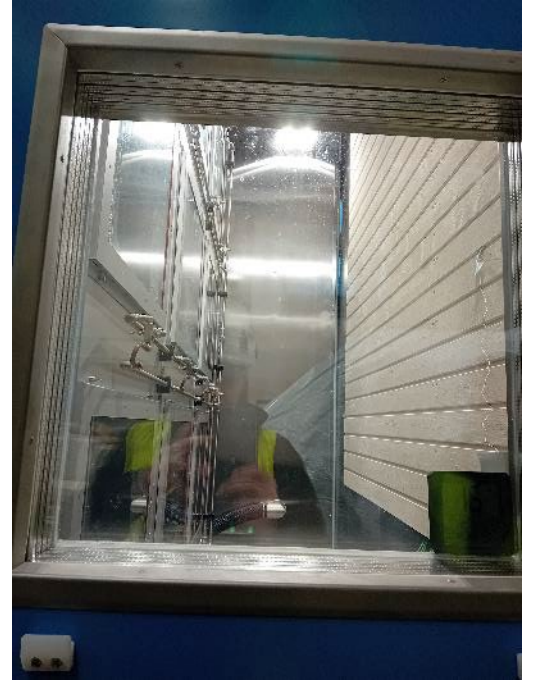
- Koekappaletta kuivattiin olosuhdehuoneessa, kosteus pudotettiin 24 %:n kosteudesta alle koekappaleen lähtökosteuden (14 %)
- Koekappaleessa esiintyi voimakasta halkeilua
 - lappeissa
 - syrjissä
 - päissä

Johtopäätökset

- Olosuhdehuoneen avulla voidaan tutkia puukappaleiden halkeilua
- Erilaisista kosteuden siirtymistä hidastavista pinnoitteista voisi olla apua halkeilun estämisessä/vähentämisessä
 - ruiskutettava tuote
 - kalvotuote, joka poistetaan esim. 2 vuoden jälkeen rakennuksen valmistumisesta



ACS Säätestaus



Säätestaus kammioiden testausolosuhteet

Sisäyksikkö

- Lämpötila alue: +5 °C / +50 °C
- Suhteellisen kosteuden alue: 20%/95%
- Testikappaleen mitat: Paksuus 100-800 mm, Leveys 3850 mm, Korkeus 3900 mm

Ulkoyksikkö

- Lämpötila alue : -40° C / +80° C (Valot pois päältä); +20° C / +60° C (Valot päällä)
- Suhteellisen kosteuden alue : 20% / 95% (Valot pois päältä); 20% / 50% (Valot päällä)

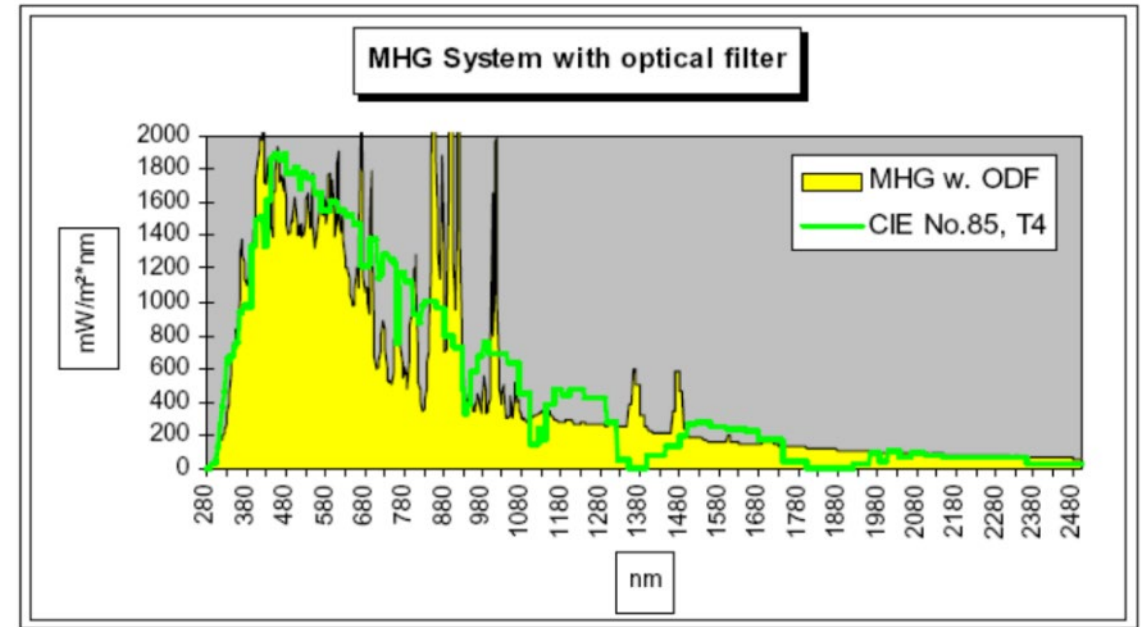


Co-funded by
the European Union



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

Aurinkosäteilyn simulointi



Valot

- Valot 9x2500W MHG (Metal halide gas-discharge lamp)
 - Hyvä valaisin jäljittelemään auringon säteilyä koko spektrin alueella.
- Säteilyteho metrin etäisyydeltä 1000 W/m²

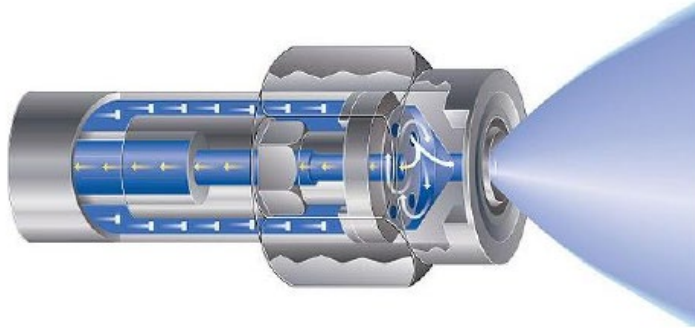


Co-funded by
the European Union



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

Sadetus



Example of nozzle

Sadetusjärjestelmä

- Sateen määrä 10 - 100 dm³/(m²h)
- Puhdasvesijärjestelmä (käänteisosmoosi).
- Pisara koko 15-35 mikronia.
- Jäätymisenesto



Co-funded by
the European Union



South-Eastern Finland
University of Applied Sciences

Olosuhdekammio puun palosuojauksen pitkäaikaiskestävyyden luokitukseen

EN 16755 Annex B, metodi B (nopeutettu säärasitus, sade + UV)

- Kappaleen kastelu sumusuuttimilla: $12 \text{ l/min} \cdot \text{m}^2$
- Kuivatus lämpötila 63°C
- UV-valaistus
- Testin kesto 6 viikkoa

Olosuhdekammio

- Kapasiteetti: 3 testikappaletta $1500\text{mm} \cdot 1500\text{mm}$
- Max lämpötila $+75\text{-}80^\circ \text{C}$
- Vedenkierrätys järjestelmä
 - Veden menekki $15 \text{ m}^3/\text{sykli}$ → ilman kierrätystä testikappaleen vesi menekki testin ajalta 630m^3 .
- Vedenvirtauksen reaaliaikainen mittaus
- Kierrätysveden lämpötilan mittaus
- Kappaleen pinnan lämpötilanmittaus
- Ympärivuotinen käyttömahdollisuus.
- Automatisoitu
- Etäohjaus

