

Puurakentamisen rakennusfysiikka

Klaus Viljanen
Ramboll Finland Oy, Aalto-yliopisto

Puuakatemia – Palomääräykset ja
akustiikka –koulutus 17.3.2022



Sisältö

1. Puun rakennusfysikaalisia ominaisuuksia
2. Puun altistuminen ympäristölle
3. Puun tyypillinen kosteuspitoisuus rakentamisessa
4. Puurakenteisia ulkoseiniä
5. Puun home ja lahovaurioituminen
6. Kosteudenhallinta puurakentamisessa
7. Ilmastonmuutoksen vaikutus puurakenteiden toimintaan

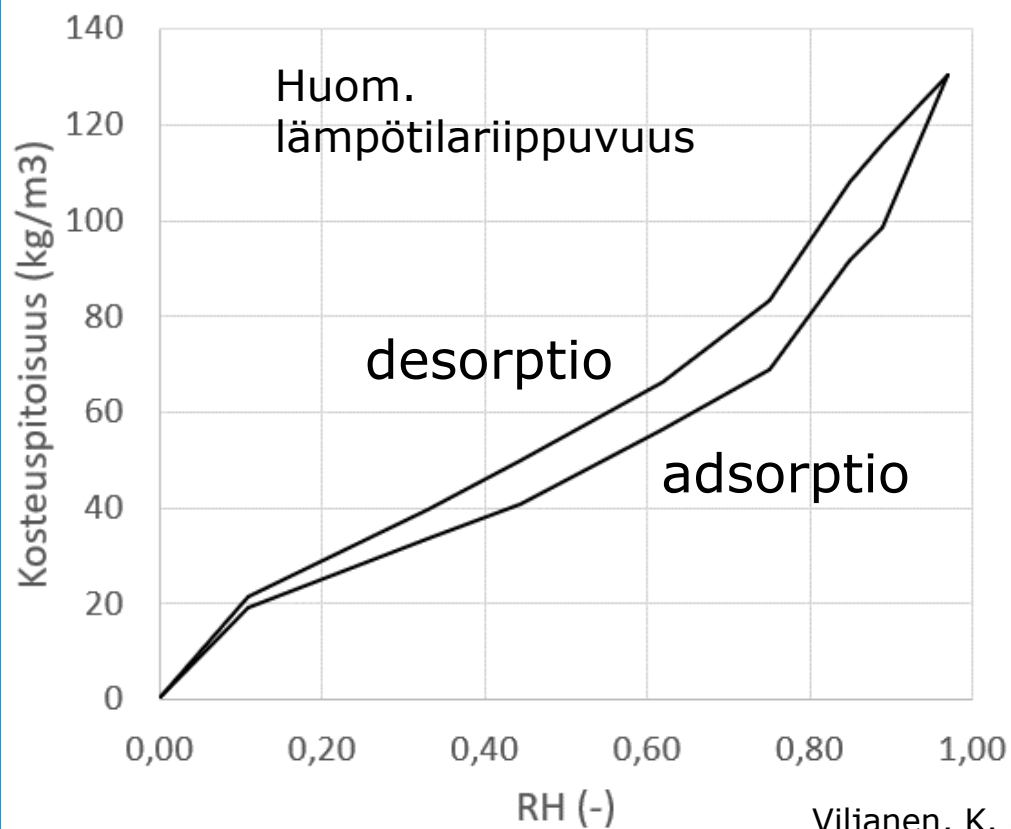
Puun lämmönjohtavuus

- Puun lämmönjohtavuus on luokkaa 0,09-0,12 W/mK
- Puu ei ole erityisen hyvin lämpöä johtavaa, mutta ei myöskään eristä lämmön johtumista kovin hyvin.
- Puun lämmönjohtavuus voi johtaa kylmäsiltoihin, jos esimerkiksi puurungon ulkopuolella ei ole lämmöneristystä.



Puun kosteustekniset ominaisuudet

- Puu on erittäin hygroskooppista
- Usein sanotaan, että puu voi tasata sisäilman kosteutta
 - Vaikuttaa asumismukavuuteen
- Puu on kapillaarista
 - Kapillaarisuus puun syiden suuntaisesti on suurempi verrattuna säteittäiseen suuntaan



Viljanen, K. & Lu, X. (2019) An Experimental Study on the Drying-Out Ability of Highly Insulated Wall Structures with Built-In Moisture and Rain Leakage. Applied Sciences 9(6), 1222.

Puun kosteustekniset ominaisuudet

- Hygroσκοoppisuuteen vaikuttaa puun pintakäsittelyt
- Vahakäsittely on yksi vähiten puun hygroσκοoppisuutta alentava pintakäsittelyaine, mutta myös vahalla saa pinnan vesihöyrytiiviksi jos vahaa käyttää liikaa
- Pintakäsittelyaineen vaikutus puun kykyyn tasata ilman kosteutta riippuu ko. tuotteesta
- Suhteellinen diffuusiovastuskerroin (S_d):
 - $S_d=0,5$ m – 1,5 m **huonosti vesihöyryä läpäisevä**
 - $S_d=0,3$ m – 0,5 m tavanomainen
 - $S_d=0$ m – 0,2 m **hyvin vesihöyryä läpäisevä**
- Hirsiseinän hengittävydestä voi lukea täältä:
 - <https://tikkurila.fi/pro/artikkeli/hirsirakennusten-hengittavyys>

Puun kosteudentasaamiskyky riippuen pinnoitteesta

Lozhechnikova, A., Vahtikari, K., Hughes, M. & Österberg, M. (2015) Toward energy efficiency through an optimized use of wood: The development of natural hydrophobic coatings that retain moisture-buffering ability. *Energy and Buildings* 105, 37-42.

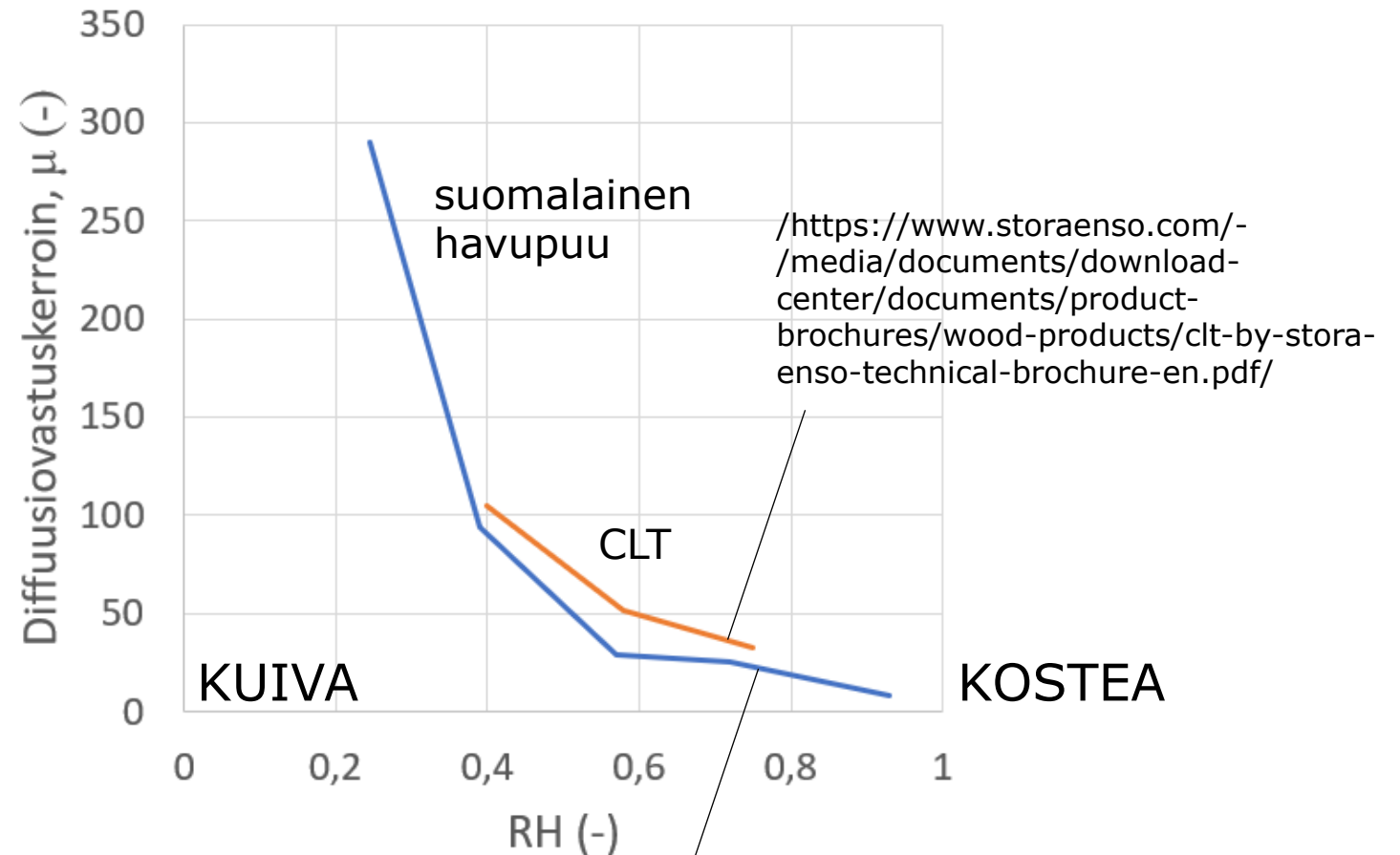
Puu käsitelty vahapartikkeli-vesiseoksella

Puu käsitelty vahalla, joka muodostaa yhtenäisen kerroksen

Puun kosteustekniset ominaisuudet

- Liimattujen puutuotteiden vesihöyrytiiveys on hieman korkeampi kuin sahatavaran
- Vaneri: $\mu=25$ (RH 95%)
- CLT-levyssä vesihöyrytiiveys riippuu levyn paksuudesta ja liimasaumojen määrästä
- CLT:n vesihöyrytiiveys on vain vähän sahatavaraa suurempi
- CLT-rakenteissa suuri merkitys kosteudensiirtymisen kannalta on liitoskohdat ym. huonosti kuivuvat kohdat.

- Puu kyky vastustaa vesihöyryn diffuusiota muuttuu vallitsevan suhteellisen kosteuden mukaan



Puurakenteiden altistuminen ympäristöolosuhteille

- Rakennusvaiheessa altistuminen koskee sekä rakenteiden sisä- että ulkopuolta
- Rakenteen **sisäpinta altistuu** pääosin sisäilman lämpö- ja kosteusolosuhteille
- Rakenteen **ulko-osa altistuu:**
 - Auringonsäteilylle
 - Vesi- ja lumisateelle
 - Tuulelle
 - Lämpö- ja kosteusolosuhteille
 - Lammikoituvalle vedelle (CLT-laatat)
- Rakennuksen julkisivun **pintakäsittely** mahdollisimman nopeasti rakennuksen valmistuttua kasvattaa maalikalvon käyttöikää



Puun kosteuspitoisuus

- Puun kosteuspitoisuus, painoprosenttia kuivapainosta (MC)
- Yksikkö on painoprosentti, paino-%
- Huoneilman tasolla oleva kuiva puu: MC=7 paino-%
- Ulkoilmaan tasaantunut puu: MC=10-13 paino-% (kesä) ja 16-22 paino-% (syksy/talvi)
- Kohonnut kosteuspitoisuus rakennuksen puuosassa: MC > 22 paino-%



Puurakenteinen ulkoseinä

- **Puurankarakenteinen ulkoseinä**

- Yleisin ulkoseinärakenne Suomessa
- Toimii hyvin niin mineraalivilla eristettynä kuin selluvillalla eristettynä
- Keskeistä toteutuksen huolellisuus ja kosteudenhallinta niin elementtirakentamisessa kuin paikallarakentamisessa

- **CLT-rakenteinen ulkoseinä**

- Yleistynyt Suomessa

- **Hirsiseinä**

- Erittäin toimintavarma seinärakenne, perinteinen Suomessa
- Näistä seinätyypeistä CLT ja hirsi ovat **"hengittäviä"**, kun sisäpinnan käsittely on vesihöyryavoin. Puurankarakenteinen seinä on **"hengittävä"**, jos lämmöneriste on hygroskooppinen ja rakenteen sisäosassa ei ole vesihöyrytiivistä kalvoa/maalia

- **Hengittävä rakenne sitoo tai luovuttaa kosteutta ympäristön olosuhteiden muuttuessa.**

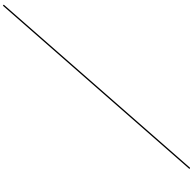


Puun homehtumis- herkkyys

- Homehtumisherkkyyttä voidaan arvioida esim. ns. homemalleilla
- Homemalleissa tietyt parametrit syötetään matemaattiseen malliin, joka on kokeellisesti kalibroitu ilmentämään homekasvun todennäköisyyttä
- Yleensä keskeiset parametrit ovat lämpötila, suhteellinen kosteus ja homehtumisherkkyysluokat

Puun homehtumisen alkamiseen tarvittava suhteellisen kosteuden vähimmäistaso

Homeenkasvu pakkasella on yleensä hyvin vähäistä

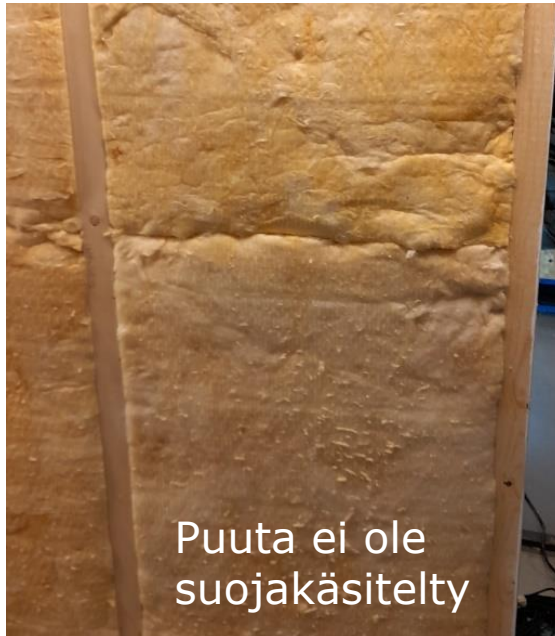


TÄLLÄ ALUEELLA
HOMEENKASVU ON
MAHDOLLISTA

/Hukka, A., & Viitanen, H. (1999) A mathematical model of mould growth on wooden material. Wood Science and Technology 33, 475-485/

Puutuotteiden sää/homesuojaus

- Puun suojauksen tarve homeenkasvua vastaan riippuu sen sijainnista rakennuksessa
- Mitä lähempänä sisäilmaa puu on, sitä lämpimämpi ja sitä alempi suhteellinen kosteus
- Tuotteen suojauksessa tulee huomioida myös rakennusaikana syntyvät UV- ja kosteusrasitukset yms.



Paksu jatkuva kerros suojakäsittelyä kuten esim. ulkoverhouksessa



Kevyt suojakäsittely

Puun lahovaurioituminen

- Lahottajasienet vaativat kasvaakseen suuremman kosteuspitoisuuden kuin homesienet
- Suhteellisen kosteuden tulee olla vähintään 95-98% lahon kehittymisen kannalta
- Puun kosteus tulee olla lähellä kyllästymiskosteutta (noin 30 paino-%)
- Ruskolahottajasienen optimikosteus on 30-70 paino-%
- Lahottajasienen kasvu voi alkaa lämpötilassa 0-10 °C (hidas kasvu) ja optimilämpötila on 15-45 °C
- Lahovaurion syntyminen on mahdollista esimerkiksi maata vasten olevissa rakenteissa, koska kosteuspitoisuus voi olla niissä poikkeuksellisen korkea
- Lahovauriot on harvinaisia ulkoseinärakenteissa
 - Huom. Poikkeus ns. valesokkeli

Kalvon tiedot perustuvat pääosin lähteeseen: /Viitanen, H. & Ritschkoff, A-C. (1989) Ruskolahon kehittyminen ja leviäminen puurakenteissa. Valtion teknillinen tutkimuskeskus. Tutkimuksia 637./

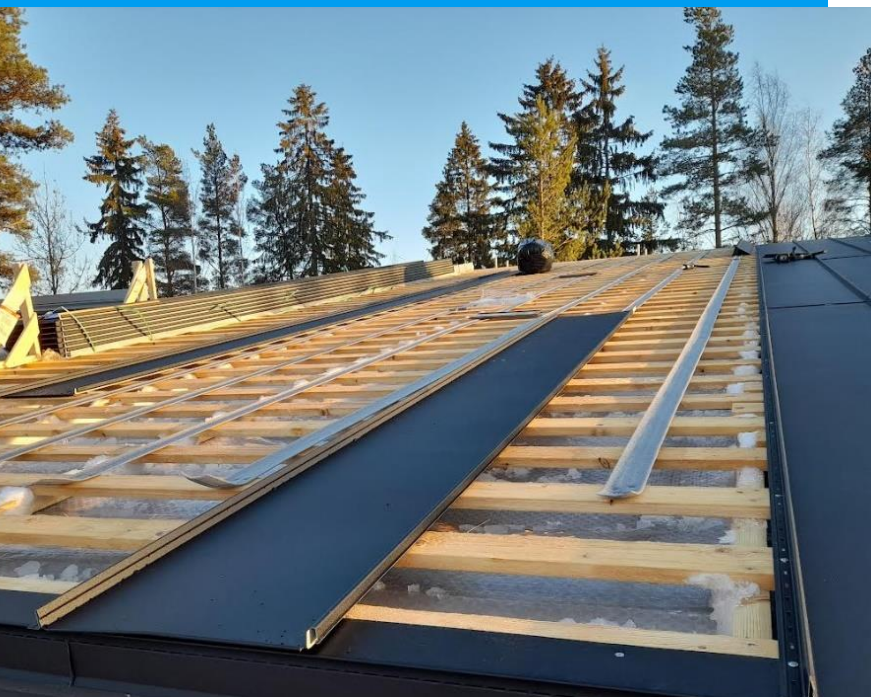
Kosteudenhallinta puurakentamisessa

- Kosteudenhallinnan työkalut/menetelmät tulee valita arvioiden projektin riskejä ja erityispiirteitä
- Elementtirakentamisessa tulee arvioida riittääkö elementtien oma sääsuoja työmaalla vai tuleeko rakennuksen ympärillä käyttää sääsuoja telttaa.
- Pientalorakentamisessa sääsuojaus on yleensä elementissä kiinni ja työmaalla pyritään pääsemään aluskatteen asennukseen mahdollisimman pian.
- Kuivaketju10 ja vastaavat toimintamallit tärkeitä menetelmiä



Ilmastonmuutoksen vaikutukset puurakenteiden toimintaan

- Ennustettu ilmastonmuutos saattaa vaikuttaa ulkoilman olosuhteisiin seuraavanlaisesti (ns. A2 skenaario):
 - Lämpötila talvella Suomessa voi nousta noin 2-3°C vuoteen 2050 mennessä
 - Suhteellinen kosteus talvella Suomessa voi nousta noin 1-2%-yks. vuoteen 2050 mennessä
- Nämä muutokset heikentävät tuulettuvien rakenteiden tuuletusvälien olosuhteita
 - Ilmavälin RH tulee jossain määrin nousemaan (K. Viljanen väitöstutkimus / Aalto-yliopisto)
- Rakenteiden toimivuutta ja kestävyyttä voi parantaa harkituilla rakenteellisilla toimenpiteillä/periaatteilla (K. Viljanen väitöstutkimus / Aalto-yliopisto)
 - Esimerkiksi jo puun pinnan laadulla voi vaikuttaa homekasvun syntymisen todennäköisyyteen puun pinnalla
 - Hienosahattu/höylätty puu on vähemmän herkempi homeentumaan verrattuna karkeaan puupintaan



Ilmastonmuutoksen vaikutukset puurakenteiden toimintaan, **tuuletettu kattorakenne**

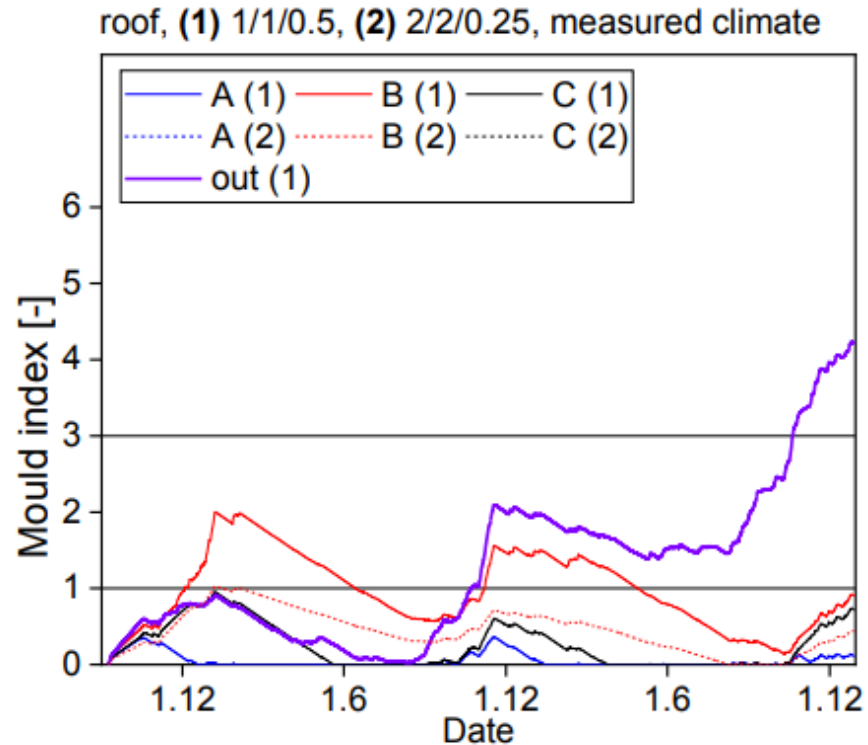


Fig. 17. Calculated MI values in the examined roof structure and in the Helsinki climate.

Nykyinen ilmasto

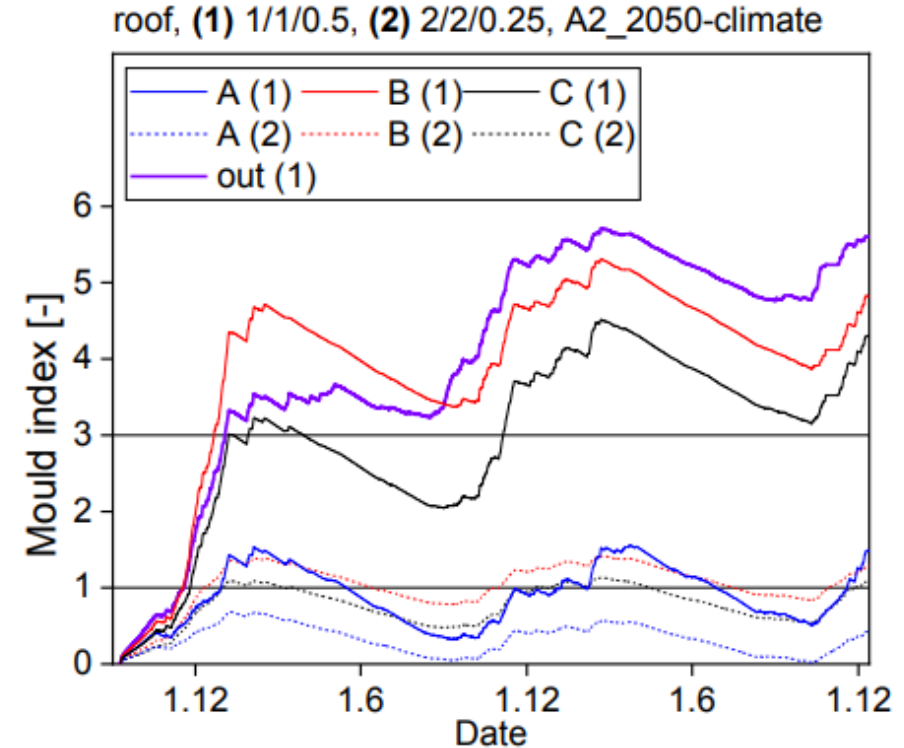


Fig. 18. Calculated MI values in the examined roof structure and in the Helsinki climate with estimated conditions in the year 2050 based on [16].

Vuoden 2050 sääolot

Bright
ideas
Sustainable
change.

RAMBOLL

Lisätietoja:
klaus.viljanen@ramboll.fi