

# VARAUTUMINEN ILMASTONMUUTOKSEEN RAKENTAMISESSA

**22.5.2019**

**Prof. Juha Vinha**

**Rakennusfysiikka  
TAU, Rakennustekniikka**

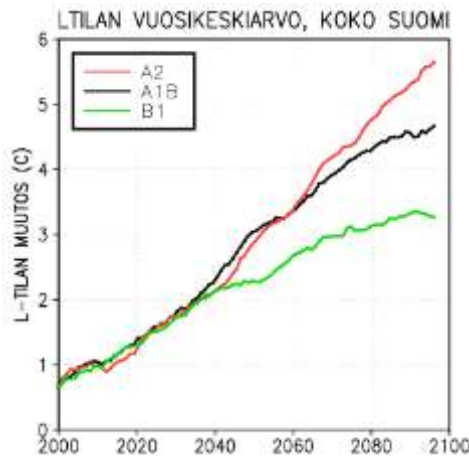
# ESITYKSEN SISÄLTÖ

- Ilmastonmuutoksen vaikutukset
- Rakennusaikainen kosteudenhallinta
- Lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset
- Rakenne-esimerkkejä
- Vaipan ilmatiiviys ja paine-erot
- Ilmastonmuutoksen huomioon ottaminen rakennusten suunnittelussa ja toteutuksessa

# ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET

## Lämpötilan ja sademäärän muutos Suomessa tulevina vuosikymmeninä

### Lämpötila



### Sademäärä

Kuvat: Ilmatieteen laitos

- Lämpötila nousee, viistosaderasitus julkisivupinnoille kasvaa ja pilvisuus lisääntyy. Suurimmat muutokset tapahtuvat talvella.
- **Homeen kasvulle otolliset olosuhteet lisääntyvät varsinkin rakenteiden ulko-osissa.**
- Kosteuden siirtyminen ulkoa sisälle päin lisääntyy varsinkin julkisivuissa, joihin imeytyy sadevettä. Homehtumis- ja kondenssiriski lisääntyy näissä rakenteissa myös rakenteiden sisäpinnan lähellä.
- Jaksottainen lumi- ja vesisade synnyttää rakennuksen tasoille ja ulokkeille helpommin vesialtaita, jotka kastelevat rakenteita.
- Rakenteiden kuivuminen hidastuu syksyllä ja talvella.
- Vanhojen betonijulkisivujen pakkasrapautumisriski lisääntyy.

# HOMEINDEKSIIN MAKSIMIARVO ERI VUOSINA ULKONA SÄÄSUOJATUN SAHATAVARAN PINNALLA Jokioinen 1980–2017, Suomalainen homemalli



## Homeindeksi M

kuvaa tarkasteltavan pinnan homeutumista:

- 6 = pinta täysin homeen peitossa
- 3 = pinnalla silmin nähtävää homeetta
- 1 = homeen kasvu alkaa pinnalla

## Rakennusfysikaalinen testivuosi

Vähintään 90 % vuosista vähemmän kriittisiä homeen kasvun suhteen, tarkasteluajanjaksona oli 30 vuoden mittausdata vuosina 1980–2009

- Homehtumisriski ulkoilmassa on noussut voimakkaasti viime vuosina **pelkästään lämpötilan ja RH:n muutosten seurauksena.**
- Homehtumisriski on kasvanut samalla myös rakenteiden ulko-osissa.
- Rakennusfysikaaliseksi testivuodeksi valittiin FRAME-tutkimuksessa **Jokioisen 2004** ulkoilman olosuhteet, joka kuvasi erittäin rasittavia kosteusolosuhteita ulkoilmassa.
- Tämän jälkeen olleina kahdeksana vuotena 2010–2017 ulkoilman olosuhteet ovat olleet kuitenkin **kuutena vuotena tätä testivuotta kriittisemmät homeen kasvun kannalta!**  
→ **Ilmastonmuutos etenee voimakkaasti!**

# RAKENNUSAIKAINEN KOSTEUDENHALLINTA

## Uusi kosteusasetus 2018

**Osana tarjouspyyntöä! → Kosteudenhallintaselvitys (Rakennushankkeeseen ryhtyvä eli tilaaja)**



Kuva: [www.hallbyggarna-jonsereds.se](http://www.hallbyggarna-jonsereds.se)



Kuva: Olli Teriö ja Anssi Koskenvesa

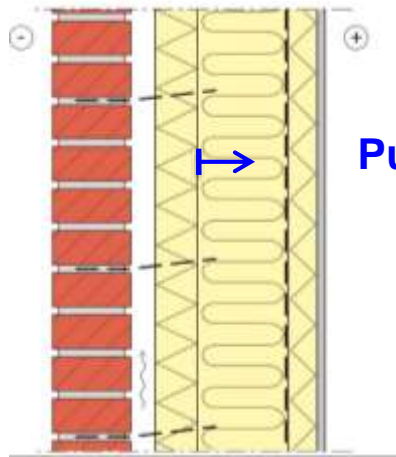
- Hankkeen yleistiedot
- Vaatimukset kosteudenhallinnalle hankkeen eri vaiheissa
  - keskeiset kosteudenhallinnan toimenpiteet
  - sääsuojastusvaatimukset
  - rakenteiden kuivattamiseen ja pinnoittamiseen liittyvät vaatimukset
- Toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen
  - todentamismenettelyt
- Kosteudenhallinnan henkilöresurssit
- **Kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö (kosteudenhallintakoordinaattori(t))**

### **Kosteudenhallintasuunnitelma (Vastaava työnjohtaja)**

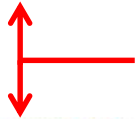
- Pohjautuu kosteudenhallintaselvitykseen
- Rakenteiden ja materiaalien suojaaminen kosteudelta
- Rakenteiden ja materiaalien kuivumisen varmistaminen
- Rakennustyömaan kosteudenhallinnasta vastaavat rakennusvaiheen vastuhenkilöt

# LÄMMÖNERISTYKSEN LISÄYKSEN VAIKUTUKSET RAKENTEIDEN KOSTEUSTEKNISEEN TOIMINTAAN

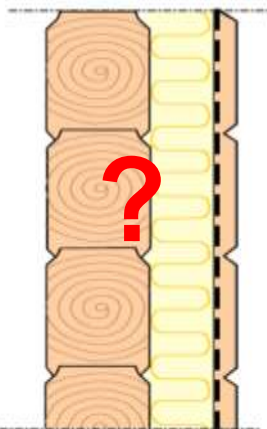
## Olosuhteiden muutokset rakenteissa



Puurunko

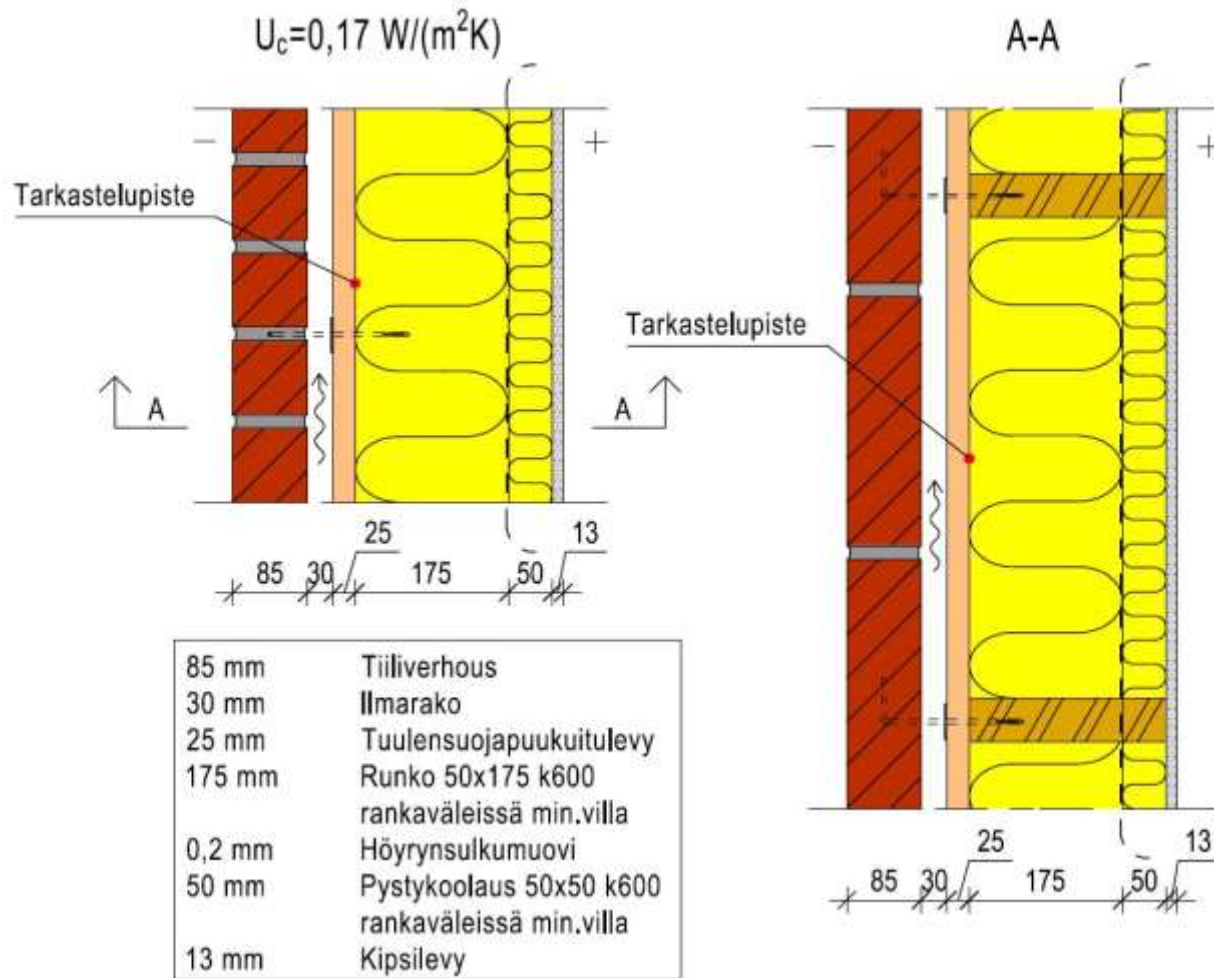


Kriittinen kohta



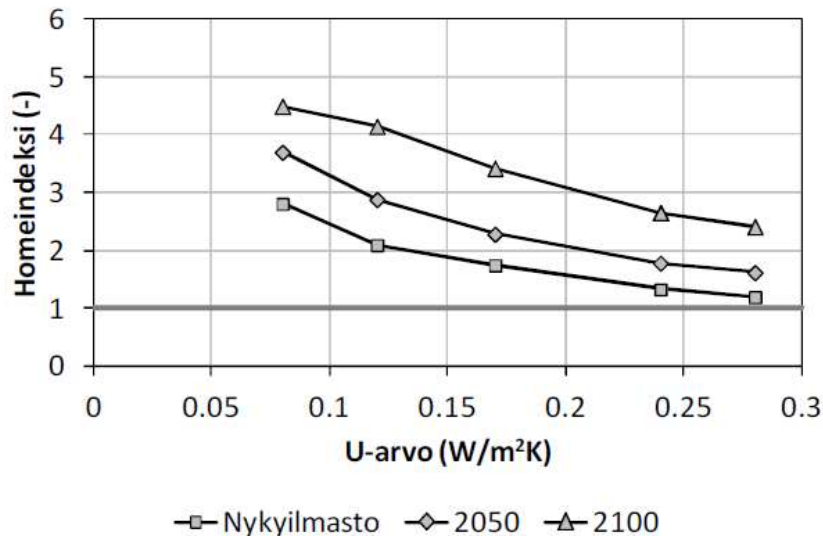
- Lämmöneristykseen lisääminen heikentää monien vaipparakenteiden kosteusteknistä toimintaa:
  - **Ulko-osat viilenevät**, jolloin kosteuden kondensoituminen ja homeen kasvulle suotuisat olosuhteet lisääntyvät rakenteissa.
  - Rakenteiden **vikasietoisuus heikkenee** samasta syystä. Yhä pienemmät kosteusvuodot ulkoa tai sisältä voivat saada aikaan kosteusvaurion.
  - Rakenteita korjattaessa **sisäpuolinen lisäeristys heikentää** rakenteen kosteusteknistä toimintaa. Alkuperäinen rakenne viilenee ja homeen kasvulle otolliset olosuhteet lisääntyvät.
- Rakenteiden **toteutusratkaisujen muutokset ja uudet materiaalit** voivat myös lisätä rakenteiden kosteusriskejä.
- **Vaipparakenteet saadaan kuitenkin oikein suunniteltuina ja toteutettuina toimiviksi myös jatkossa.** Eniten muutoksia tarvitaan puurakenteissa.
- Rakenteita korjattaessa on otettava huomioon **alkuperäisen rakenteen asettamat rajoitteet**, jotka voivat olla suuria.
- **Rakenteen kosteustekninen toiminta tulee pyrkiä varmistamaan ensisijaisesti rakenteellisilla ratkaisulla.** Tarvittaessa voidaan joutua käyttämään apuna myös teknisiä laitteita (lämmitin, kuivain, ohjattu koneellinen ilmanvaihto).

# ESIMERKKI HOMEHTUMISRISKIN MUUTTUMISESTA TIILIVERHOTUSSA PUURUNKOSEINÄSSÄ



# ESIMERKKI HOMEHTUMISRISKIN MUUTTUMISESTA TIILIVERHOTUSSA PUURANKASEINÄSSÄ

Tuulensuoja 25 mm bitumoitu huokoinen kuitulevy  
Tiiliverhous, matala rakennus, etelä  
lämmöneristeen ulkopinta, HHL2



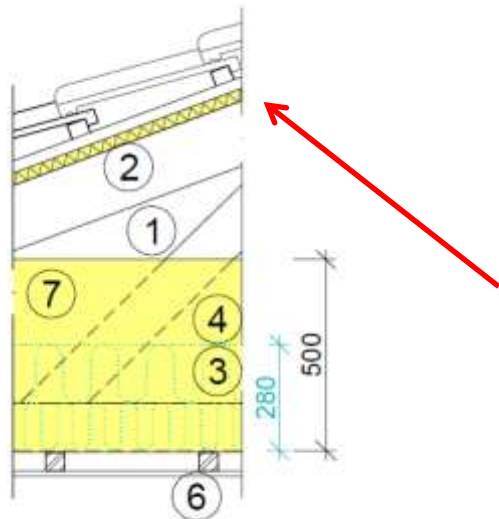
Jokioisissa v. 2015 mitatut ulkoilman olosuhteet osoittautuivat jo yhtä kriittisiksi kuin aiemmin määritetyt v. 2050 tulevaisuuden ilmaston olosuhteet.

→ Ilmastonmuutos on lisännyt rakenteiden homehtumisriskiä paljon oletettua nopeammin.

- Useiden nykyisten rakenneratkaisujen kosteustekninen toiminta heikkenee sekä **ilmastonmuutoksen** että **lämmöneristyksen lisäyksen** vaikutuksesta, **vaikka ne toteutettaisiin ilman virheitä.**
- Näiden tekijöiden keskinäinen merkitys riippuu tarkasteltavasta rakenteesta.
- **Virheellisesti toteutettujen rakenteiden toiminta heikkenee vielä lisää.**
- Kostean sisäilman virtaaminen rakenteisiin ylipaineen vaikutuksesta heikentää rakenteiden toimintaa oleellisesti.
- Puurakenteiden kosteusteknistä toimintaa saadaan parannettua laittamalla lisää lämmöneristettä kantavan rungon ulkopuolelle.



# PUURAKENTEINEN TUULETETTU YLÄPOHJA

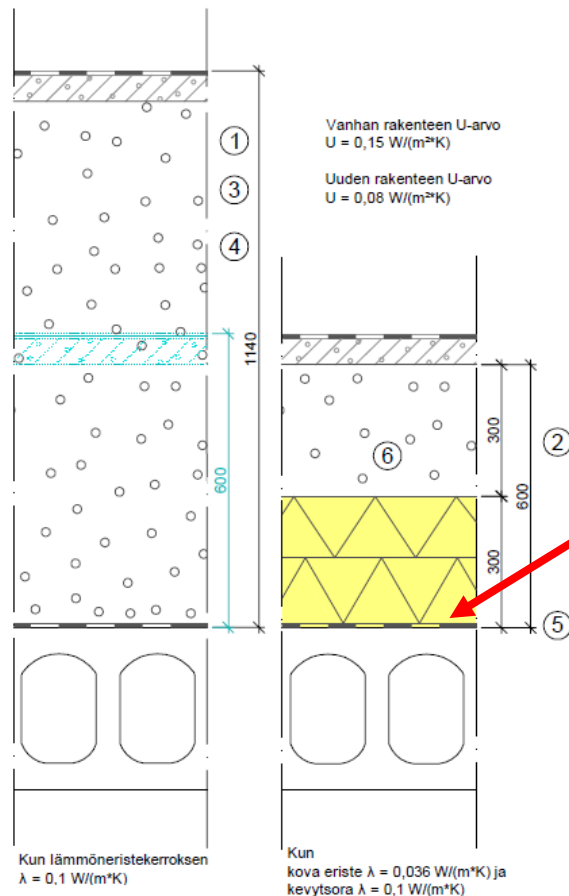


Kuva: Hedtec Oy, Olosuhdevahti

- Lämmöneristyksen lisäys puurakenteiseen yläpohjaan alentaa tuuletustilan lämpötilaa.  
→ Kosteuden kondensoituminen ja homeen kasvulle otolliset olosuhteet lisääntyvät ja vikasietoisuus heikkenee.
- Uusissa rakennuksissa tuuletustilan kosteusteknistä toimintaa voidaan parantaa **lämpöä eristävällä aluskatteella** (lämmönvastus 0,5–1,0 m<sup>2</sup>K/W, esim. XPS 20-40 mm).
- Vinoissa yläpohjissa lämmöneristys toteutetaan puupalkkien yläpuolelle laitettavalla tuulensuojalla.
- Myös **hygroskooppisten materiaalien**, kuten puukuitueristeen, käyttö lämmöneristeenä parantaa tuuletustilan kosteusteknistä toimintaa.
- Yläpohjan tuuletuksessa suositeltava ilmanvaihtokerroin on 0,5–1,0 1/h.
- **Yläpohjan ilmatiiviys on erittäin tärkeä.** Vanhoissa rakennuksissa yläpohja on pyrittävä saamaan ilmatiiviiksi aina, kun lämmöneristystä lisätään.
- Tarvittaessa yläpohjaa voidaan myös esimerkiksi **lämmittää**.

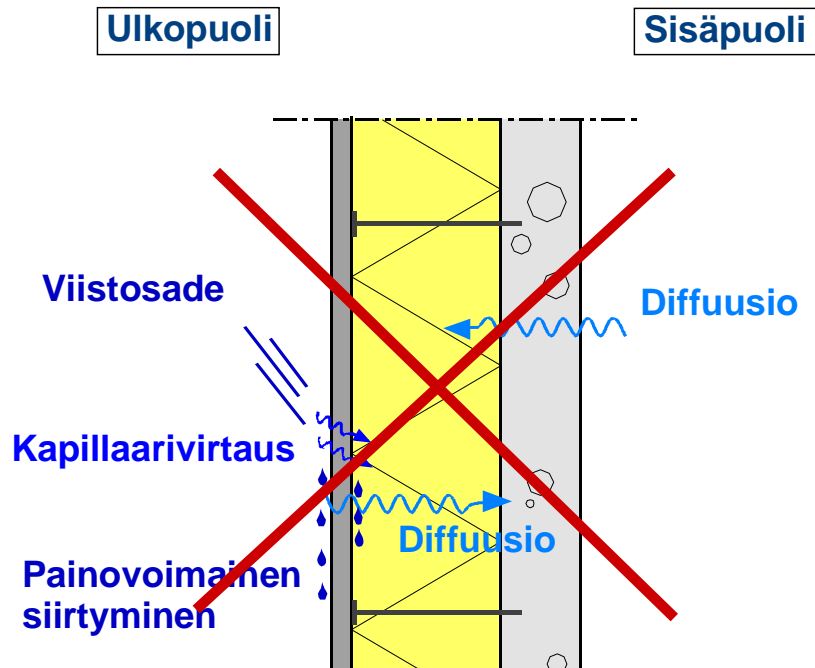
Tuuletetuissa yläpohjissa on havaittu paljon kosteus- ja homeongelmia Etelä-Ruotsissa.

# KEVYTSORAKATON TOTEUTUS



- Lämmöneristysvaatimusten tiukentuessa perinteisestä kevytsorakatosta on tullut liian korkea.  
→ Ratkaisuna on ollut solumuovieristeen laitto kevytsorakaton pohjalle.
- Aikaisemmin kevytsorakatto voitiin tehdä ilman sadesuojausta, koska ylimääräinen kosteus pääsi kuivumaan kevytsoratilasta kohtuullisen nopeasti.
- Sadeveden päästessä solumuovieristeen ja bitumikermin väliin sen kuivuminen on erittäin hidasta.  
→ **Solumuovieristeellä ja kevytsoralla toteutetun katon rakennusaikaisesta sadesuojauksesta on ehdottomasti huolehdittava!**
- Bitumikermin käyttö ontelolaatan yläpinnassa on tärkeää kaikissa heikosti tuulettuvissa katoissa.  
→ Estää sadeveden imeytymisen ontelolaattaaan ja kosteuden siirtymisen laatasta lämmöneristetilään.

# KIVIRAKENTEISET MINERAALIVILLAERISTEISET ERISTERAPPAUSRAKENTEET



Avohuukoisia lämmöneristeitä käytettäessä ulkoverhouksen taakse tulee järjestää aina tuuletus!

- Ilmastonmuutos on lisännyt leväkasvustoja varsinkin paksurappauksen pinnoissa.
- Halkeilua esiintyy varsinkin ohutrappauksissa mutta myös paksurappauksissa.
- Paksurappaukseen kertyy viistosateesta kosteutta. **Ilmastonmuutoksen edetessä riski homeen kasvulle rappauksen takana ja mineraalivillaeristeessä lisääntyy.**
- Ohutrappaus on vesitiiviimpi ja se ehkäisee viistosateen tunkeutumista rappaukseen. Sadevesi muodostaa herkästi kalvon verhouksen ulkopinnalle.
- **Halkeamien ja saumavuotojen kautta ohutrappattuun rakenteeseen päässyt kosteus kuivuu hitaasti.**
- Halkeilleen eristerappauksen takaa otetuissa mineraalivillanäytteissä on havaittu mikrobikasvua.
- Elementteinä toteutetuissa eristerappauksissa lisäksi paljon rakennusaikaista kosteutta. Saumakohtat muodostavat usein heikomman kohdan rakenteeseen.

# VAIPAN ILMATIIVIYS

**Vaipan ilmatiiviyden parantamisella on paljon positiivisia vaikutuksia. Hyvä ilmatiiviyys on keskeinen edellytys energiatehokkaalle rakentamiselle.**

- 1) Kosteuden virtaus vaipparakenteisiin vähenee.
- 2) Erilaisten haitallisten aineiden ja mikrobien virtaus sisäilmaan vähenee.
- 3) Vaipparakenteiden sisäpinnat eivät jäähdy ulkoa tulevien ilmavirtausten seurauksena.
- 4) Rakennuksen energiankulutus vähenee ilmanvaihdon tapahtuessa LTO:n kautta.
- 5) Rakennuksen käyttäjien kokema vedon tunne vähenee.

- Riittävän ilmanvaihdon takaaminen on ensiarvoisen tärkeää!
- Ilmanvaihdon ja tavoiteltujen painesuhteiden säätäminen vaikeutuu rakennusvaipan ollessa hyvin ilmatiivis (erityisesti, kun  $q_{50} < 0,5 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$ ).
- Tulo- ja poistoilmavirtojen säätäminen lähelle tasapainotilannetta on erittäin tärkeää, jotta vaipan yli ei synny suuria paine-eroja!
- Sisä- ja ulkoilman välisiä paine-eroja tulee mitata ilmanvaihdon säädön yhteydessä kaikilla ilmanvaihdon säätöasenoilla.

# ILMASTONMUUTOKSEN, LÄMMÖNERISTYKSEN LISÄYKSEN JA YLIPAINEEEN HAITALLISUUS ERI RAKENNERATKAISUISSA

Pieni haitta

Suuri haitta



Vinot palkkikatot

Tuulettuvat yläpohjat

Mineraalivillaeristeiset  
heikosti tuulettuvat katot

Kevytsorakatto

Lämmöneristämättömät  
massiivikivirakenteet

Lämmöneristämättömät  
massiivipuurakenteet

Tiiliverhotut  
kivirakenteiset  
ulkoseinät

Sisäpuolelta  
eristetyt rakenteet

Puurunkoiset  
eristerappaus-  
rakenteet

Solumuovieristeiset  
harkkorakenteet

Puurunkoiset  
solumuovieristeillä  
eristetyt rakenteet

Puurunkoiset  
avohuokoisilla  
lämmöneristeillä  
eristetyt rakenteet

Kivirakenteiset  
mineraalivillaeristeiset  
eristerappausrakenteet

Solumuovieristeiset  
betonielementtirakenteet

Mineraalivillaeristeiset  
betonielementtirakenteet

Mineraalivillaeristeiset  
peltisandwich-elementit

Tiiliverhotut  
puurunkorakenteet

Maanvastainen  
betonilaatta

Kivirakenteinen ryömintä-  
tilainen alapohja

Puurakenteinen  
ryömintätillainen alapohja

# ILMASTONMUUTOKSEN HUOMIOON OTTAMINEN RAKENNUSHANKKEEN ERI VAIHEISSA

## 1. Tilaaminen

- oikeiden ja riittävien **vaatimusten asettaminen tarjouspyyntöön**

## 2. Suunnittelu

- perusasioiden erittäin hyvä hallinta, 80/20-sääntö
- uusi tieto ja koulutus
- **vikasietoisuus ja toimintavarmuus!**
- rakenneratkaisujen edellyttämät muutokset
- vanhojen rakenteiden ja kosteusvaurioiden aiheuttamat vaatimukset
- energiankulutuksen vähentämisen aiheuttamat erityisvaatimukset
- kokonaisuuden tarkastelu ja hallinta
- yhteistyö eri suunnittelijoiden välillä

## 3. Työmaatoteutus

- uusi tieto ja koulutus
- huolellinen ja ammattitaitoinen toteutus
- **kosteussuojaus ja riittävät kuivumisajat!**
- urakkarajakohtien toteutuksen ja toiminnan varmistaminen
- valvonta

## 4. Käyttö ja huolto

- rakennuksen kunnon seuranta
- **säännölliset huollot**

# MITÄ TARVITAAN?

- Yksityiskohtaisempia **velvoittavia määräyksiä** ja ohjeita.
- Rakennusratkaisuja ja toimintatapoja, jotka
  - ottavat huomioon **ilmastonmuutoksen, lämmöneristyksen lisäyksen ja ylipaineen** yhteisvaikutuksen.
  - ottavat huomioon **korjausrakentamisen ja kosteusvauriokorjausten** asettamat lisävaatimukset.
  - ovat **vikasietoisia** ja **sisältävät lisävarmuutta**.
- **Tutkimusta**
- **Opetusta ja koulutusta**, lisää kosteusturvallisen rakentamisen ammattilaisia
- **Valvontaa**, rakennusvalvontoihin lisää ammattitaitoa ja resursseja, isompia yksiköitä
- Sanktioita laiminlyönneistä?

Kosteusturvallinen rakentaminen on rakentajien vastuulla!

Oleellista on kehittää rakentamisen vaatimuksia ja ohjeistusta **ensisijaisesti rakennusten turvallisuuden ja käyttäjien näkökulmasta**.

# RAKENNUSFYSIKKA 2019

Uusimmat tutkimustulokset  
ja hyvät käytännön ratkaisut

Tampere-talo  
28.-30.10.2019

6. rakennusfysiikan seminaari

[www.rf19.fi](http://www.rf19.fi)

CALL FOR PAPERS

## AIHEALUEET

- *Rakennusfysiikan opetus ja koulutus*
- *Uudet määräykset ja ohjeet*
- *Rakenteiden rakennusfysikaalinen suunnittelu ja toteutus*
- *Rakennusaikainen kosteudenhallinta ja hyvät työmaakäytännöt*
- *Rakenteiden ja rakennusten lämpö- ja kosteustekninen toiminta*
- *Rakenteiden home- ja kosteusvauriot ja korjaaminen*
- *Rakennusmateriaalien, pinnoitteiden ja suoja-aineiden ominaisuudet*
- *Ikkunoiden, ovien ja luukkujen toiminta*
- *Ääneneristys ja meluntorjunta*
- *Rakennusten ilmanpitävyys*
- *Rakennusten energiatehokkuus*
- *Taloteknisten ratkaisujen vaikutukset rakennusten toimintaan*
- *Lähes nollaenergiatalojen ratkaisut*
- *Rakennusten ja rakenteiden elinkaaritarkastelut*
- *Ulkoilman olosuhteet*
- *Ilmastonmuutoksen vaikutukset*
- *Sisäilman olosuhteet ja laatu*
- *Haitta-aineet ja epäpuhtaudet*
- *Laskennallinen mallinnus*
- *Laboratorio- ja kenttätutkimukset*



# KIITOS!

