

# FRAME-hankkeen johtopäätöksiä



# Vaipan ilmanpitävyys

Vaipan ilmanpitävyyden parantamisella on lähes pelkästään positiivisia vaikutuksia ja se on keskeinen edellytys matalaenergiarakentamiselle

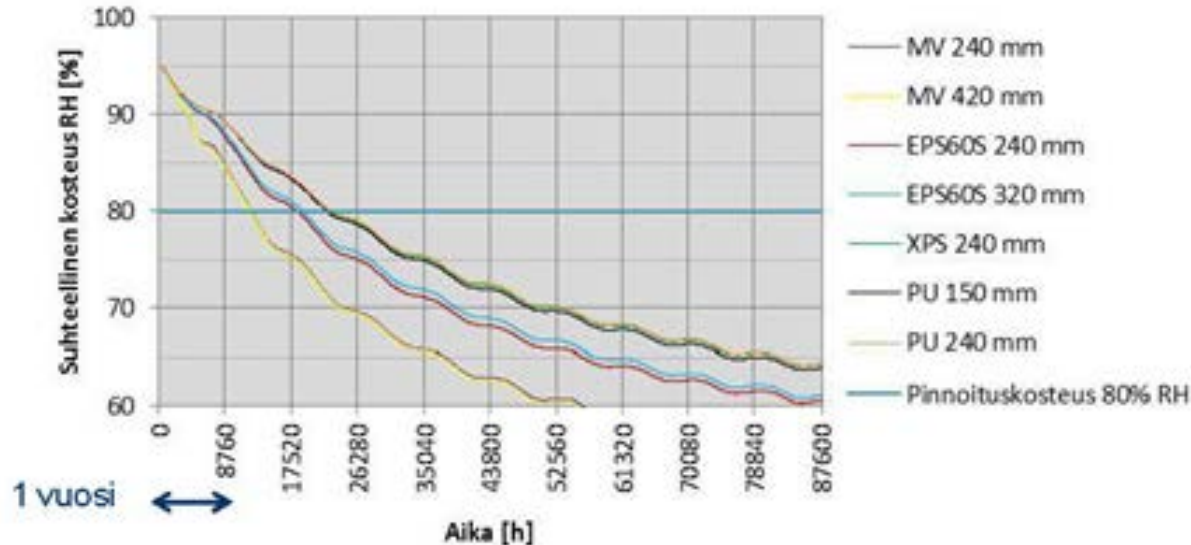
- Erilaisten haitallisten aineiden ja mikrobien virtaus sisäilmaan vähenee
- Kosteuden virtaus vaipparakenteisiin vähenee
- Vaipparakenteiden sisäpinnat eivät jäähdy ulkoa tulevien ilmavirtausten seurauksena
- Rakennuksen energiankulutus vähenee ilmanvaihdon tapahtuessa LTO:n kautta
- Rakennuksen käyttäjien kokema vedon tunne vähenee
- Ilmanvaihdon säätäminen ja tavoiteltujen painesuhteiden säätäminen helpottuu, mutta toisaalta säätöjen tekeminen on aiempaakin tärkeämpää
- Riittävän ilmanvaihdon takaaminen ensiarvoisen tärkeää!

# Betonijulkisivujen toiminta

- Pakkasrapautumisvaurioita saattaa alkaa esiintyä vanhassa rakennuskannassa myös sisämaassa ilmastonmuutoksen myötä
- Pakkaskestävyyden suhteen nykyinen vaatimustaso on riittävä myös tulevaisuudessa, **betonin lisähuokoistuksen on onnistuttava aina!**
- Raudoitteiden sijainti normien ja toleranssien mukaisiksi, peitepaksuusvaatimustaso on riittävä
- Liitosten ja detaljien toimivuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, näiden toiminnalla ratkaistaan koko rakenteen toimivuus

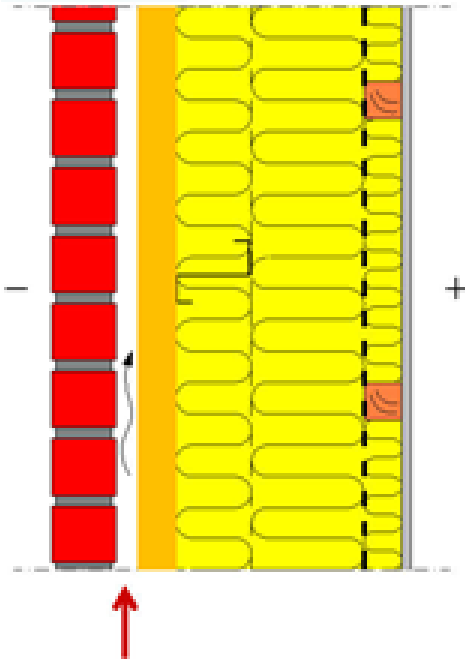


# Rakennusaikaisen kosteuden kuivuminen betonielementin sisäkuoresta



- Solumuovieristeitä käytettäessä sisäkuoren kuivumisaika pinnoituskosteuteen voi pidentyä seuraavasti verrattuna mineraalivillaeristeeseen:
  - 2-4 kk kuivumistaso 90% RH
  - 6-12 kk kuivumisaika 80% RH
- Solumuovieristeen paksuuden kasvattaminen lisää myös kuivumisaikaa
- Polyuretaanieristettä käytettäessä kuivumisaika on pisin, myös alumiinipinnoite lisää kuivumisaikaa

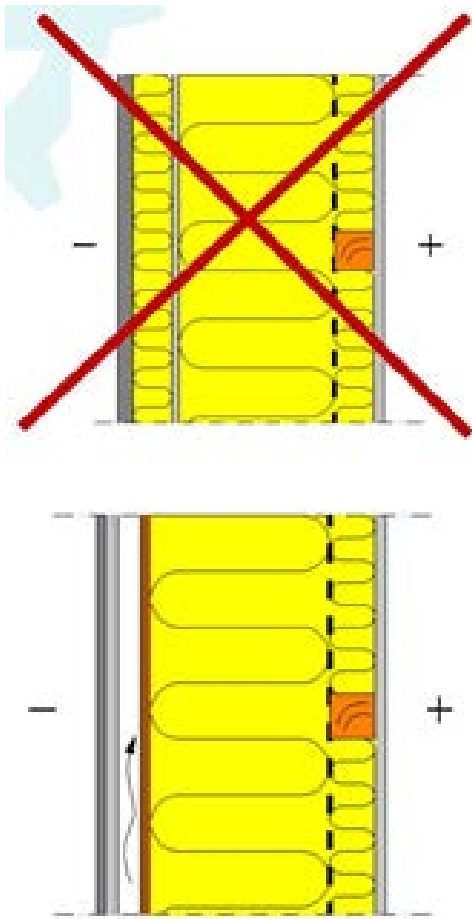
# Tiiliverhottu puurankaseinä



Korkeissa rakennuksissa (yli 10 m) tiiliverhouksen taakse tulee laittaa **kummaltakin puolelta tuuletettu höyrinsulkukerros** (esim. teräsohutlevy).

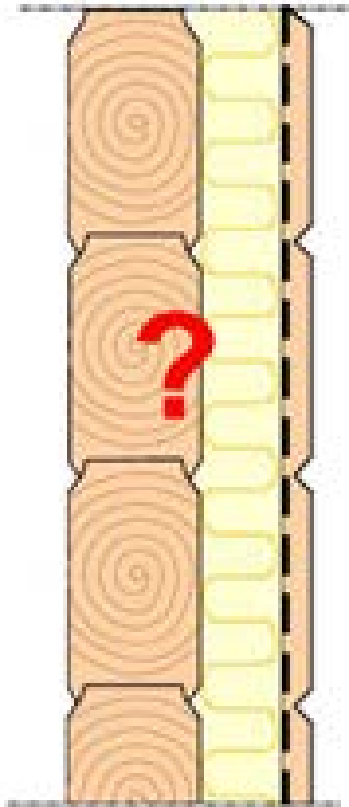
- Tiiliverhotussa puurankaseinässä homehtumisriski rakenteen ulko-osissa on erityisen suuri, koska tiiliverhoukseen kerääntynyt kosteus siirtyy sisään päin diffuusiolla
  - **Tuulensuojan tulee olla hyvin lämpöä eristävä** ja homehtumista kestävä
  - Vaihtoehtoisesti puurungon ulkopinnassa voidaan käyttää esim. teräsprofiilista tehtyä ristikoolausta
- Vuoden 2050 ilmastossa (rakenteen U-arvo 0,12) tuulensuojan tulee olla vähintään  $1,6 \text{ m}^2\text{K/W}$  (esim. 50 mm mineraalivillalevy) ja vuoden 2100 ilmastossa  $2,7 \text{ m}^2\text{K/W}$  (esim. 100 mm mineraalivillalevy)
- Voimakasta homehtumisriskiä esiintyy myös höyrinsulun sisä- ja ulkopuolella pystyrungon kohdalla, jos sisäpuolella käytetään ristikoolausta ja tuulensuojan lämmönvastus ei ole riittävä
- Tiiliverhotun rakenteen päällystäminen vesitiiviillä pinnoitteella ei ole suositeltavaa
  - Kaikkia rakoja ei kyetä tukkimaan, jolloin vesi valuu tiiliverhouksen vuotokohtiin ja seurauksena voi olla puurungon lahovauriot rakenteen alaosassa tai tiilen pakkasrapautuminen vuotokohdissa

# Eristerapattu rankaseinä



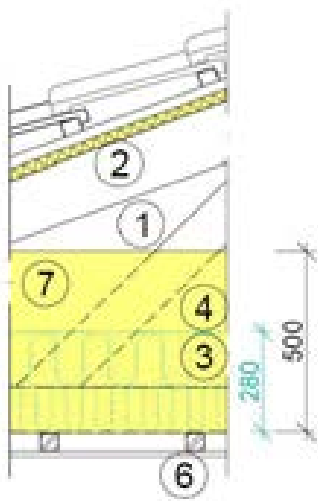
- Eristerapattujen puu- ja teräsrankaseinien kastuminen saumakohtien kosteusvuotojen seurauksena sekä kosteuden hidas kuivuminen aiheuttavat homeen kasvua rakenteen ulko-osissa
- EPS-eristeen käyttö rapatussa rankaseinässä pahentaa tilannetta entisestään, koska ulkopinnan vesihöyrynvastus kasvaa ja näin ollen rakenteen kuivuminen heikkenee
- Paksurapattu rakenne ei toimi hyvin edes ideaalitulanteessa, koska se kerää sadevettä samalla tavoin kuin tiiliverhottu seinä
- **Rapattu pintarakenne tulee erottaa sisemmästä seinäosasta kuivumisen mahdollistavalla tuuletusraolla esim. levyrappauksella**

# Sisäpuolelta eristetty massiivirakenne



- **Ilmavuodot sisältä eristeen taakse on estettävä!**
- Rakenteessa on oltava aina myös riittävä höyrynsulku eristeen lämpimällä puolella
- Avohuukoisia lämmöneristeitä käytettäessä muovikalvon tai muovitiivistyspaperin käyttö on paras ratkaisu
- Solumuovieristeitä käytettäessä eristeen oma vesihöyrynvastus muodostaa riittävän höyrynsulun lämmöneristettä lisättäessä
- **Kevytbetonirakenne on rapattava** ulkopuolelta, jotta viistosade ei pääse kastelemaan seinää
- **Hirsiseinässä on estettävä viistosateen tunkeutuminen saumojen kautta eristetilaan**
- Rakenteen on päästävä kuivumaan riittävästi ennen sisäpuolisen lämmöneristeyksen ja höyrynsulun laittoa
- Kosteutta läpäisevän ilmansulun käyttö ei paranna avohuukoisella lämmöneristeellä eristetyn rakenteen kuivumista sisäänpäin

# Puurakenteinen tuuletettu yläpohja

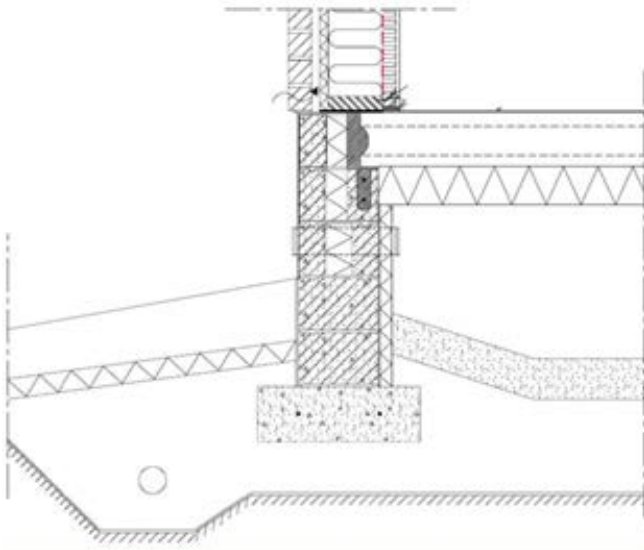


Kuva: Heltac Oy, Olosuhdevähti

- Homehtumisriski lisääntyy voimakkaasti puurakenteiden ulko-osissa ilmastonmuutoksen ja lämmöneristysten lisäyksen vaikutuksesta
- Uusissa rakennuksissa tuuletustilan toimintaa kannattaa parantaa ensisijaisesti **lämpöä eristävällä aluskatteella**
- Vuoden 2050 ilmastossa riittävä aluskatteen lämmönvastus on n.  $0,5 \text{ m}^2\text{K/W}$  (esim. 20 mm XPS-eristettä)
- Vuoden 2100 ilmastossa vastaava arvo on  $1,0 \text{ m}^2\text{K/W}$  (esim. 40 mm XPS-eristettä)
- Yläpohjaa tulee tuulettaa kohtuullisesti, suositeltava ilmanvaihtokerroin on  $0,5\text{-}1,0 \text{ 1/h}$
- **Yläpohjan ilmatiiviys on erittäin tärkeä**
- Vainoissa yläpohjissa lämmöneristys toteutetaan puupalkkien yläpuolelle laitettavalla tuulensuojalla
- Vanhoissa rakennuksissa yläpohja on pyrittävä saamaan ilmatiiviiksi aina, kun lämmöneristystä lisätään
  - tarvittaessa yläpohjaa voidaan myös lämmittää



# Ryömintätilainen alapohja

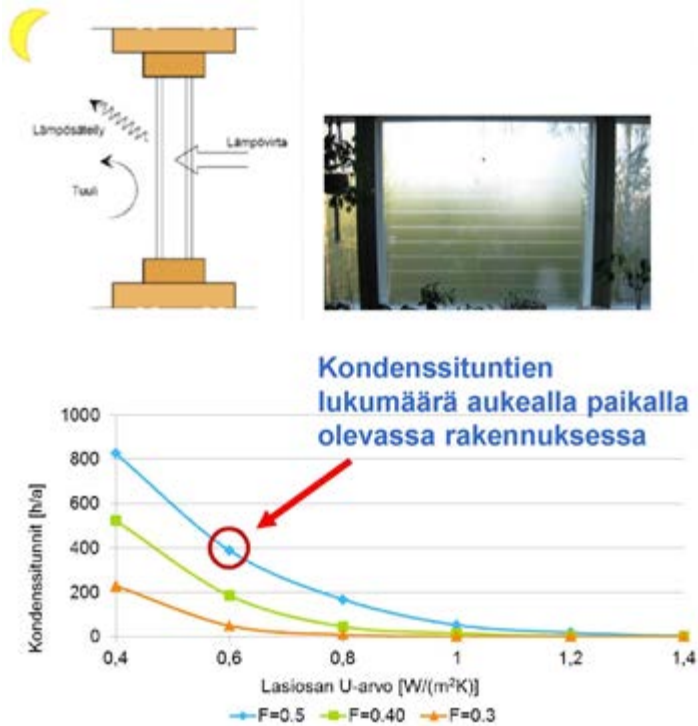


Alapohjan toimivuuden edellytyksenä on lisäksi monet aiemmin korostetut asiat:

- Eloperäinen materiaali tulee poistaa ryömintätilasta.
- Maapohja ei saa olla monttu.
- Salaojasorakerros perusmaan päälle ja perusmaan pinnan kallistus ulospäin salaojiin.

- **Ryömintätilan pohja tulee lämpöeristää** varsinkin puurakenteista alapohjaa käytettäessä
  - Lämmöneristys vähentää maan viilentävää vaikutusta ryömintätilassa
  - Lämmöneristys alentaa maapohjan lämpötilaa, jolloin diffuusiolla maasta haihtuvan kosteuden määrä vähenee
- Vuoden 2050 ilmastossa maan pinnan lämmönvastus tulee olla vähintään  $1,3 \text{ m}^2\text{K/W}$  (esim. 50 mm EPS tai 150 mm kevytsoraa)
- Puuvasojen alapuolelle tarvitaan hyvin lämpöä eristävä tuulensuoja, jonka lämmönvastus on vähintään  $0,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ , lisäksi tuulensuojan tulee olla hyvin kosteutta kestävä
- **Alapohjarakenteen ilmatiiviyys on erittäin tärkeää!**
- Ryömintätilaa tulee tuulettaa kohtuullisesti, suositeltava ilmanvaihtokerroin 0,5-10, 1/h
- Koneellinen kuivatus tai lämmitys ei ole välttämätön, jos alapohja tehdään muuten rakenteellisesti oikein

# Ikkunoiden kondensoitumisriskin lisääntyminen



- Ikkunoiden kondensoitumista esiintyy eniten aamuyön tunteina syksyllä
- Ikkunan lasiosan U-arvoa ei tule enää pienentää (tasosta 0,6), ellei ulkopinnan emissiviteettiä alenneta
- Varjostukset vähentävät kondensoitumista ja ikkunan ulkopinnan matalaemissiviteettipinta poistaa sen kokonaan
- Ikkunan U-arvoa voidaan parantaa myös karmin U-arvoa parantamalla
- Selektiivikalvot ikkunassa heikentävät matkapuhelimien kuuluvuutta osassa rakennuksista
  - Betonirakenteiset sekä tiiviillä alumiinilaminaattipintaisilla polyuretaanieristeillä toteutetut rakennukset

# Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutukset rakennusten energiankulutuksessa

- Lämmöneristysten lisääminen v. 2010 määräysten mukaisesta vertailutasosta ei ole kerrostaloissa ja toimistoissa kannattavaa, koska ostoenergiansäästö on marginaalinen
  - Vaikka jäähdytystarve katettaisiin ensisijaisesti passiivisilla jäähdytysratkaisuilla
  - Pientaloissa kannattavuus riippuu siitä, kuinka pitkä takaisinmaksuaika lisäeristämiseksi voidaan hyväksyä
- Tulevaisuudessa rakennusten lämmitystarve vähenee ja jäähdytystarve kasvaa
- Lämmöneristyksen lisäämisellä saavutettava energiansäästö tulee ilmastonmuutoksen myötä edelleen pienenevään
- Rakennusten energiankulutusta voidaan jatkossa pienentää erityisesti energiatehokkailla lämmitys- ja jäähdytysratkaisuilla sekä passiivisilla jäähdytystavoilla

# Yhteenveto tutkimustuloksista

- Monissa tavanomaisissa vaipparakenteissa kosteusvaurioiden riski lisääntyy ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutuksesta
  - Toisaalta monissa rakenteissa niiden kosteustekninen toiminta ei juurikaan muutu
- Lähes kaikki vaipparakenteet saadaan toimiviksi myös seuraavan sadan vuoden aikana rakenteellisten muutosten ja toteutusohjeiden muutoksien avulla
- Puurakenteiden kosteusteknistä toimintaa voidaan parantaa merkittävästi laittamalla kantavien rakenteiden ulkopuolelle lämmöneristystä
- Betoni- ja kivirakenteiden kuivumiseen on varattava lisää aikaa, jos niiden ulkopuolella käytetään lämmöneristeenä solumuovieristeitä
- Matalaenergiarakentamisen mukanaan tuomat uudet rakenneratkaisut ja toimintatavat edellyttävät paljon lisää koulutusta

# Ilmastonmuutoksen ja lämmöneristyksen lisäyksen vaikutuksia tavanomaisissa vaipparakenteissa

Vaatii lisää kuivumisaikaa	Vaatii rakenteellisia muutoksia	Käytöstä tulisi luopua
<ul style="list-style-type: none"><li>• Solumuovieristeiset betonisandwich- ja sisäkuorielementit</li><li>• Ulkopuolelta solumuovieristeillä eristettävät kivirakenteet</li><li>• Sisäpuolelta lisäeristettävät massiivirakenteet</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Puurakenteinen yläpohja (lämpöä eristävä aluskate/tuulensuoja, vähemmän ilmaa läpäisevä lämmöneriste)</li><li>• Tiiliverhottu puurankaseinä (lämpöä eristävä tuulensuoja, erillinen höyrynsulkukerros tuuletusrakoon yli 10 m korkeissa seinissä)</li><li>• Sisäpuolelta lisäeristetty hirsiseinä (ilmanpitävä ja riittävä höyrynsulku)</li><li>• Ryömintätilainen alapohja (maanpinnan lämmöneristys, lämpöä eristävä ja kosteutta kestävä tuulensuoja puurakenteisissa alapohjissa)</li><li>• Maanvastainen alapohja (rouaeristyksen lisäys)</li><li>• Ikkunat (ulkolasin ulkopintaan matalaemissiviteettipinta)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tuulettumaton eristerappaus puurankarakenteen tai massiivipuorakenteen päällä (korvaava rakenne esim. tuuletetun levyverhouksen päälle tehty rappaus tai muu tuuletettu ratkaisu)</li></ul>

# Yhdessä yhteiskuntaa rakentaen

