



# **KOSTEUSTURVALLINEN LÄMMÖNERISTE**

5.11.2018

# SISÄLTÖ



- Kosteus ja kosteuden siirtymismekanismit
- Paroc -eristeiden kosteustekniset ominaisuudet
- Kosteus rakennuksessa & eristäminen
- Kosteuden aiheuttamat riskit

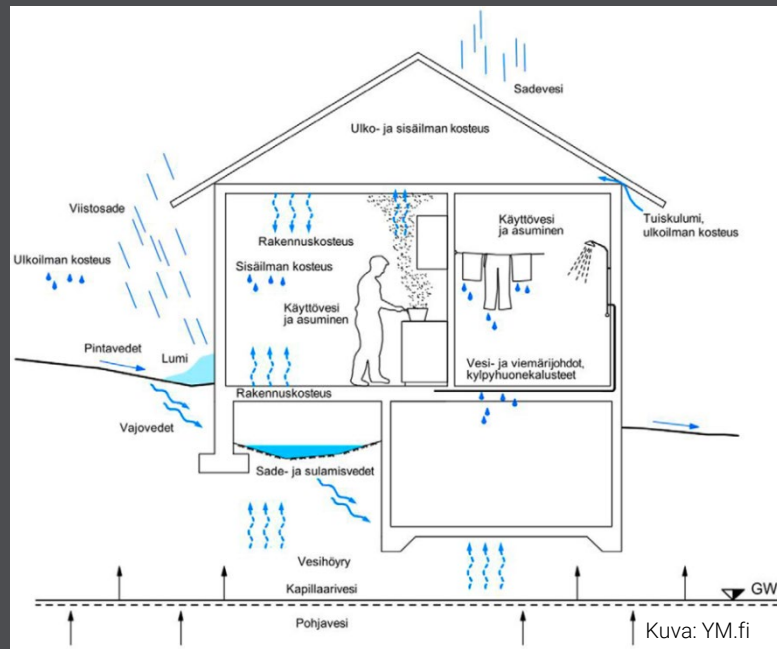
# KOSTEUS

- Vesi peittää 71% maapallon pinta-alasta ja kaasumaisessa muodossa se on myös yksi ilmakehämme yleisimmistä kaasuista.
- Ilmankosteudella tarkoitetaan yleensä ilman sisältämän vesihöyryn määrää.
- Termiä kosteus käytetään kaikille veden olomuodoille ja se viittaa mitattavissa olevaan veden määrään



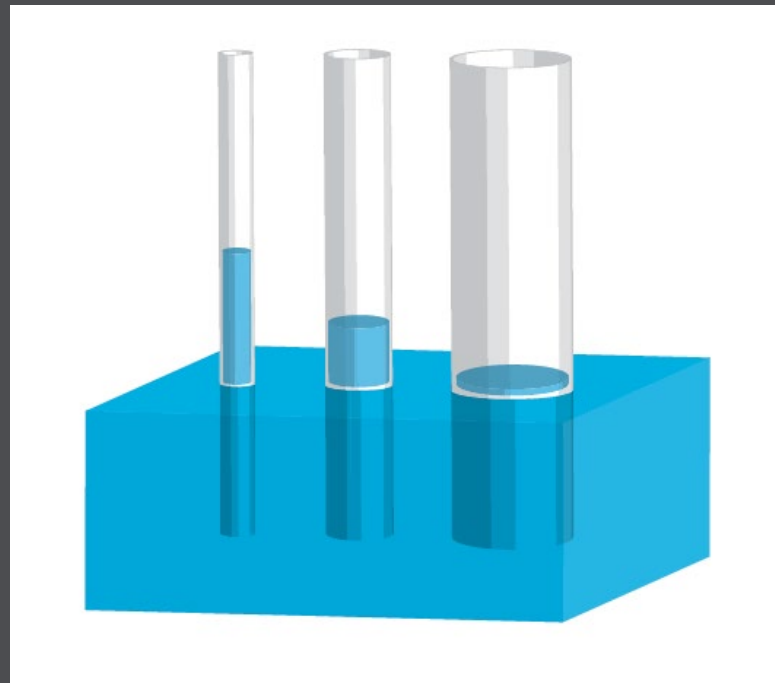
# Kosteuden siirtymismekanismit

- Rakennusfysiikassa puhutaan neljästä eri kosteuden siirtymismekanismista ja niiden vaikutuksista rakenteisiin.
- Vesi siirtyy:
  - Näkyvänä vetenä virtaamalla
  - Kapillaarisesti
  - Konvektion välityksellä
  - Vesihöyryn diffuusiolla



# Kapillaarinen kosteuden siirtyminen

- Kapillaarisuus tarkoittaa nesteen kykyä siirtyä huokoisessa materiaalissa huokosalipaineen vaikutuksesta. Tämä ilmiö esiintyy yleisesti esimerkiksi maaperässä
- Veden nousukorkeus riippuu huokosten koosta.
- Kapillaarinousua esiintyy yleisesti perustuksen anturassa ja kapillaari-imua ulkoverhouksen takana. Kapillaarisuutta voidaan estää tukkimalla huokokset tai suurentamalla niitä.



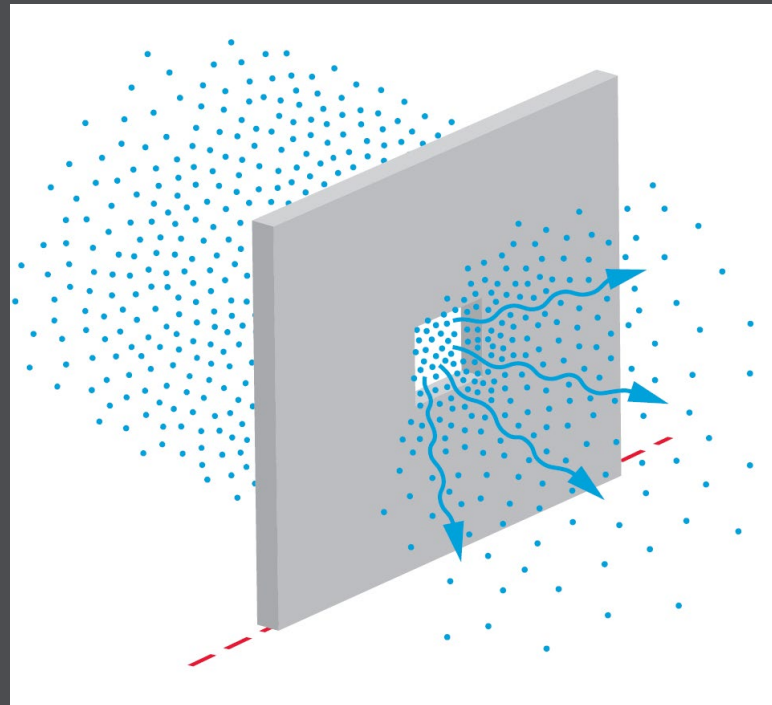
# Kosteuden siirtyminen konvektiolla

- Konvektiossa kosteus siirtyy lämpimän ilmavirran mukana pakotettuna (ilmanvaihto) tai luonnollisesti.
- Ilman sisältämän veden enimmäismäärä riippuu ilman lämpötilasta.
  - Vesihöyryn määrää ilmassa ilmaistaan kahdella tavalla, joko vesihöyryn osapaineella ( $p_v$ , [Pa]) tai vesihöyryn pitoisuutena ( $v$ , [ $\text{g}/\text{m}^3$ ]).
  - Kyllästyspitoisuus  $v_k$  (tai kyllästyspaine  $p_k$ ) ilmoittaa tietyn lämpöisen ilman sisältämän vesihöyryn maksimimäärän.
- Suhteellinen kosteus (RH%) kertoo, kuinka monta prosenttia todellinen ilmankosteus on kyllästystasosta tietyssä lämpötilassa.

t °C	$v_k$ g/m <sup>3</sup>	$p_k$ Pa	t °C	$v_k$ g/m <sup>3</sup>	$p_k$ Pa	t °C	$v_k$ g/m <sup>3</sup>	$p_k$ Pa
-20	0,87	102	-3	3,89	485	14	12,10	1602
-19	0,95	111	-2	4,19	524	15	12,86	1708
-18	1,04	122	-1	4,51	566	16	13,65	1820
-17	1,14	135	0	4,85	611	17	14,49	1939
-16	1,25	149	1	5,21	658	18	15,37	2064
-15	1,38	164	2	5,58	708	19	16,30	2197
-14	1,52	181	3	5,98	762	20	17,28	2337
-13	1,67	200	4	6,40	818	21	18,31	2484
-12	1,83	221	5	6,84	878	22	19,40	2640
-11	2,01	242	6	7,31	941	23	20,54	2805
-10	2,20	266	7	7,80	1008	24	21,74	2979
-9	2,40	292	8	8,32	1079	25	23,00	3162
-8	2,61	319	9	8,87	1154	26	24,32	3355
-7	2,84	348	10	9,45	1234	27	25,71	3559
-6	3,08	379	11	10,06	1318	28	27,17	3773
-5	3,33	412	12	10,71	1408	29	28,70	3999
-4	3,60	447	13	11,38	1502	30	30,31	4237

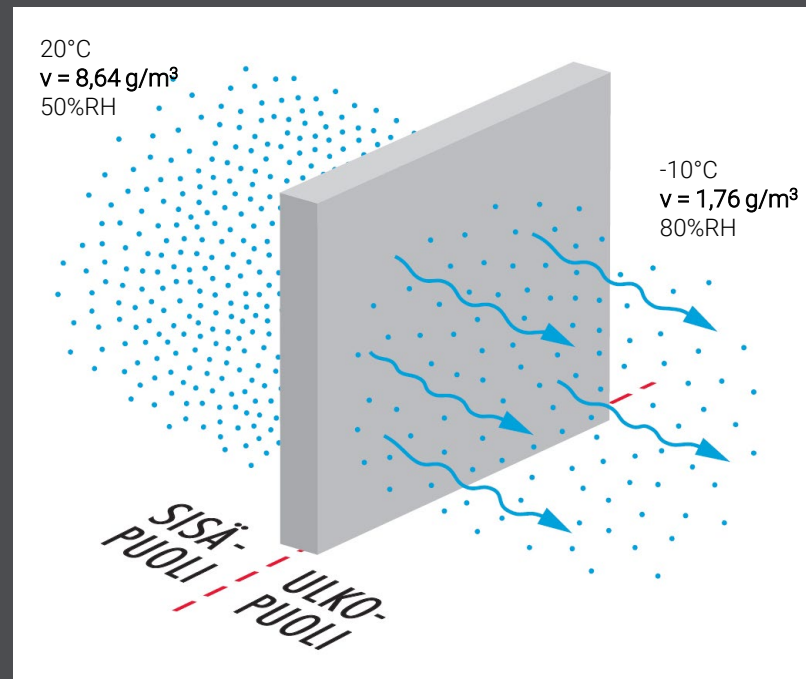
# Konvektion vaikutus rakenteessa

- Mitä lämpimämpää ilma on, sitä suurempi kosteusmäärä liikkuu sen mukana.
- Rakenteen läpi ulottuvan  $\approx 10\text{mm}$  raon kautta voi kulkea 1 litra vettä kuukaudessa, kun ilman paineero rakenteen pintojen välillä on 2 Pascalia (edellyttäen, että rako kulkee koko rakenteen läpi).
- Pieni reikä ehjän rakennuslevykerroksen takana olevassa höyrynsulussa ei aiheuta ongelmia.
- Kun kostea ilma kulkee rakennusvaipan läpi, tiivistyy ilman sisältämä kosteus sellaisiin tiiviisiin rakennekerrokseen, joiden pintalämpötila on kastepisteen alapuolella.



# Kosteuden siirtyminen diffuusiolla

- Diffuusiota ilmenee kahden tilan välillä vallitsevan vesihöyryn osapaine-eron seurauksena.
- Lämmityskaudella sisäilma on yleensä ulkoilmaa kosteampaa. Erialaisten kosteuspitoisuuksien välillä oleva ero pyrkii tasoittumaan rakenteen läpi.
- Jos rakenteen läpi kulkeva höyry kohtaa tiiviin pinnan, voi höyry tiivistyä vedeksi rakenteen sisällä.
- Diffuusiolla tapahtuva kosteuden siirtyminen rakenteeseen estetään tiiviillä höyrönsulkukerroksella.



Diffuusion suunta:  $8,64 \text{ g/m}^3 \rightarrow 1,76 \text{ g/m}^3$



# Paroc - kosteustekniset ominaisuudet



# Mitä tutkittiin?

Materiaali	Tiheys, mitattu (kg/m <sup>3</sup> )	Lämmönjohtavuus, 10 °C, mitattu (mW/(m*K))
Paroc kivivilla, kevyt (LD)	30	36
Paroc kivivilla, tiheä (HD)	94	35
Lasivilla, kevyt (LD)	14	36
Lasivilla, tiheä (HD)	71	35
PIR	31	21
EPS	15	31
Selluloosaeristelevy	38	40
Fenolivaahto	37	19

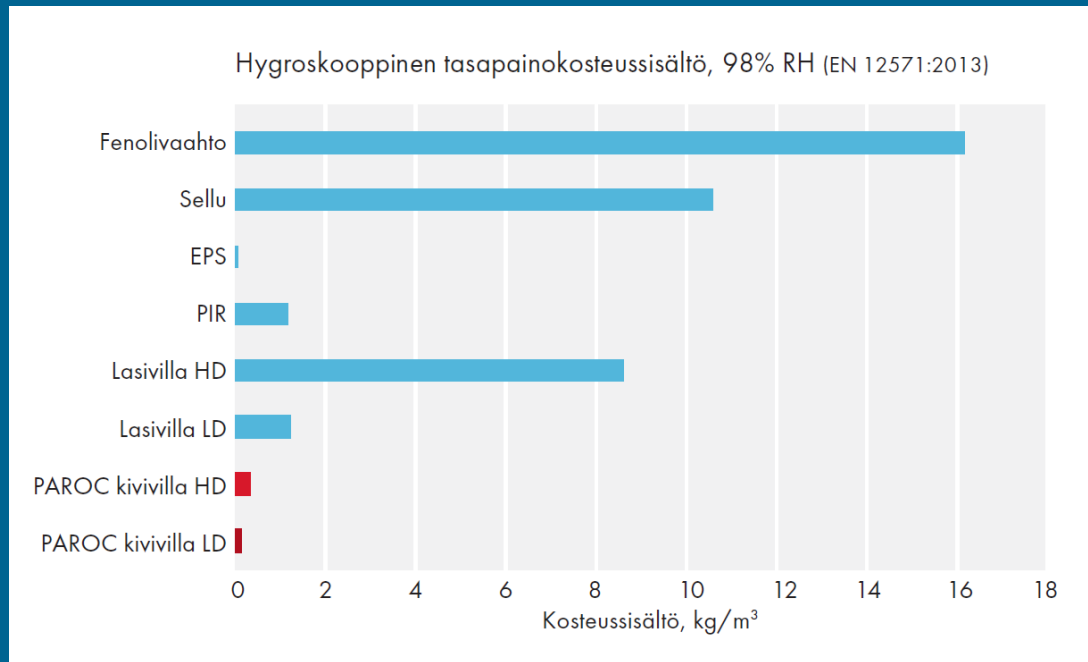
- Tasapainokosteus (EN12571)
- Vedenimeytyminen osittaisupotuksessa (EN12087)
- Kuivumisaika osittaisupotustestin jälkeen
- Kosteuden siirtyminen eristemateriaaleihin diffuusion avulla (EN 12088)
- Kapillaarinen vedenimeytyminen (soveltaen EN-480-5)

Hyttinen, H. ja Seppälä, T. 2017. Test report VTT-S-05337-17 (2.10.2017): Moisture in building insulations. Determination of effect of moisture to the technical properties of building insulations. Espoo, VTT Expert Services Ltd. Tutkimus suoritettu Paroc Oy Ab:n toimeksiannosta.

# **Kuinka paljon Paroc kivivilla kastuu kosteassa ilmassa?**

# Paroc kivivilla ei kastu

Hydroskooppinen vedenimeytyminen, testauslämpötila +23°C

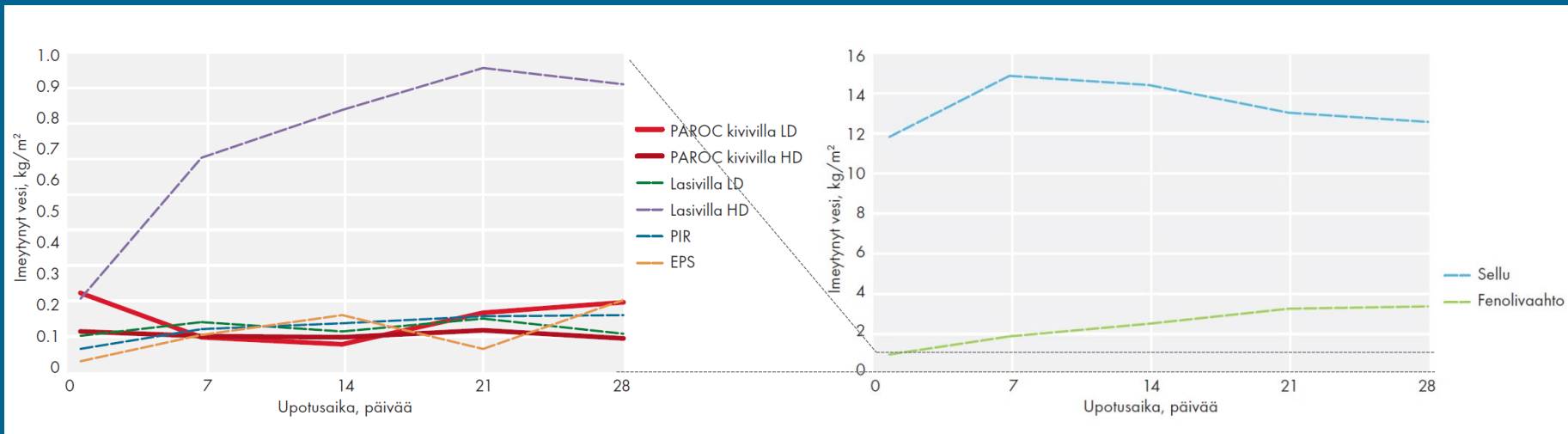


Kivivilla ei kastu  
kosteimmissakaan  
ilmasto-olosuhteissa!

**Kuinka paljon Paroc kivivilla imee  
itseensä vettä esim. lätäköstä?**

# Paroc kivivilla ei ime vettä

Vedenabsorptio osittaisella upotuksella, kesto 7vrk, 14 vrk, 21 vrk ja 28 vrk

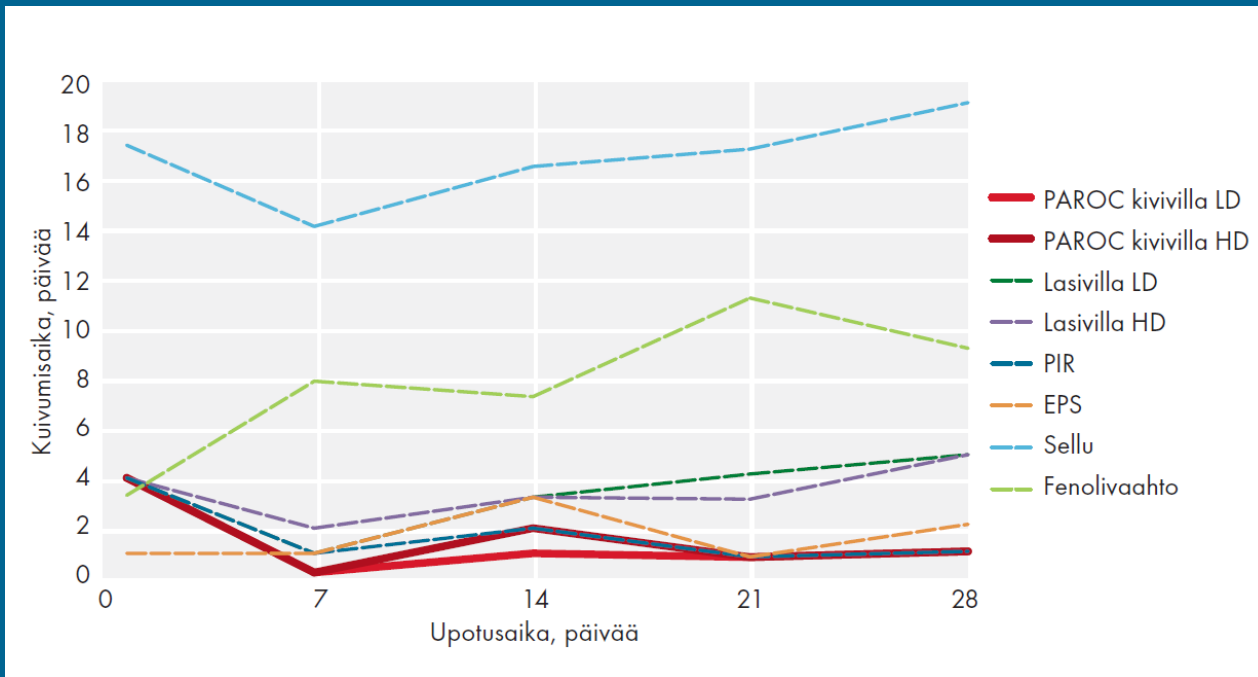


Paroc kivivilla ei ime itseensä vettä – vaikka seisoisi lätäkössä 4 viikkoa.

# Milloin kastunut Paroc kivivilla on kuiva?

# Paroc kivivilla kuivuu nopeasti

Eristeen kuivumisaika kastumisen jälkeen, kuivatuslämpötila +23°C / 50%RH



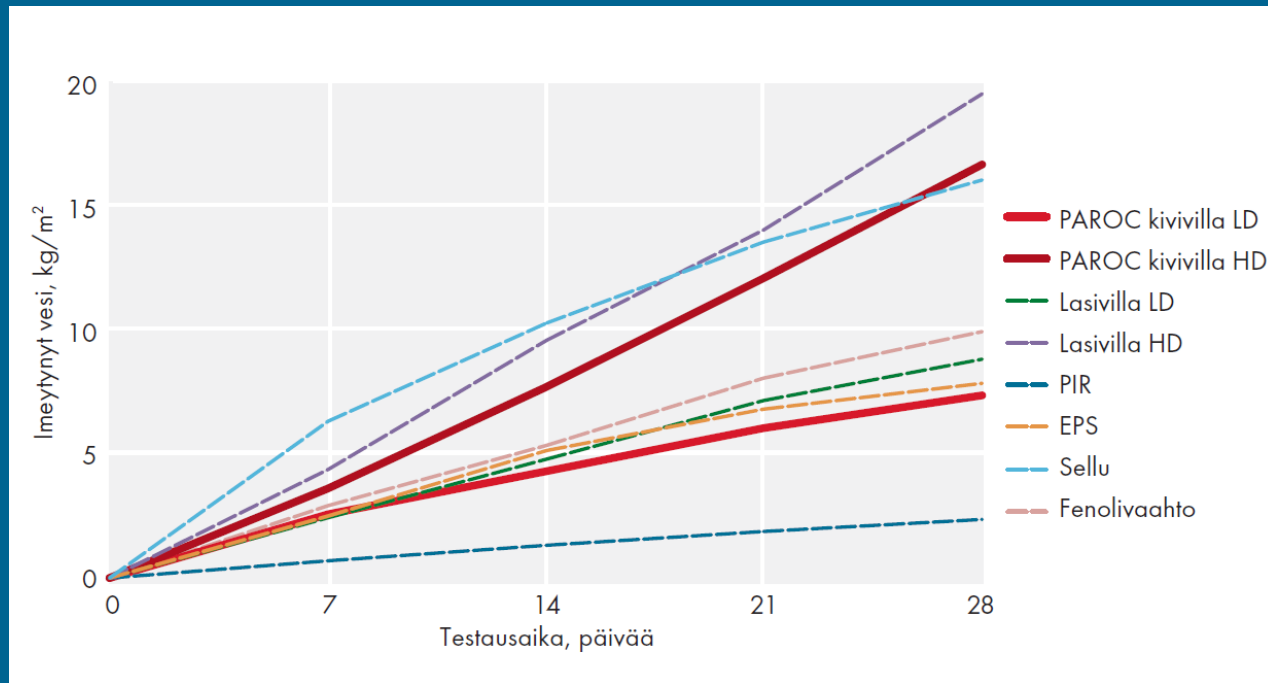
Kivivilla kuivuu noin 1-2 vuorokaudessa normaalissa huoneenlämmössä!



# Miksi Paroc kivivilla tarvitsee höyrynsulun?

# Paroc kivivilla läpäisee vesihöyryä

Veden imeytyminen diffuusiolla, testauslämpötila +50°C, näytekappale käännettiin ympäri 7 päivän välein



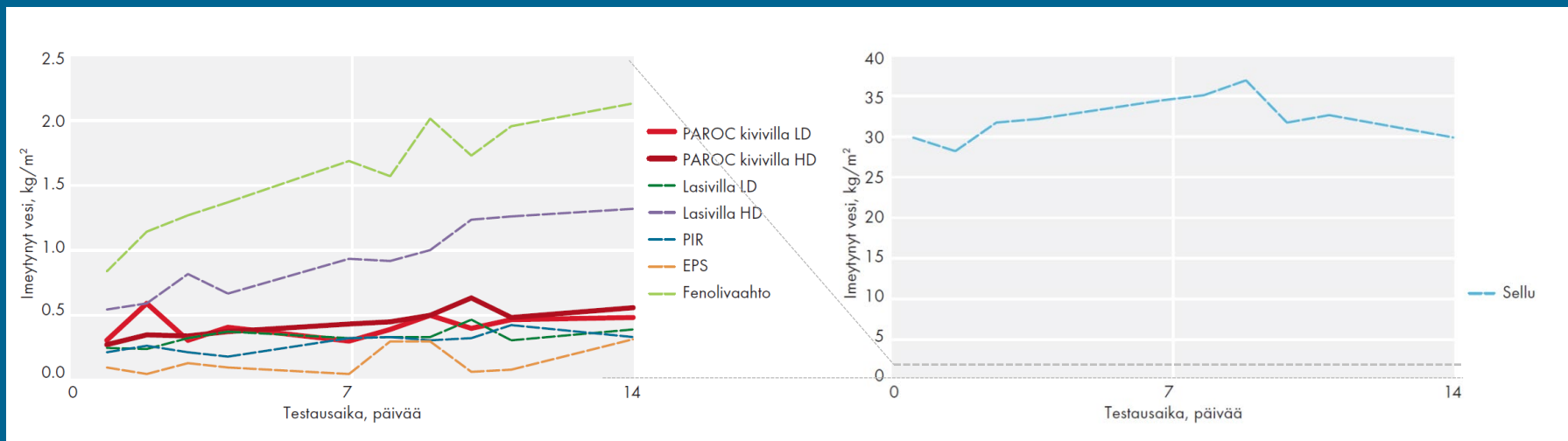
Vesihöyry kulkee kivivillan huokosissa kuten ilmassa → **höyrinsuluttomassa rakenteessa sisäilman kosteus tiivistyy rakenteen uloimpiin osiin.**

Rakennusvaippaan vaaditaan höyrytiivis sisäpinta eristetyypistä riippumatta.

# Kuljettaako Paroc kivivilla vettä kapillaarisesti?

# Paroc kivivilla ei nosta vettä kapillaarisesti

Veden imeytyminen kapillaarisesti, veden pinta 3mm näytettä ylempänä ( 7vrk, 14 vrk)



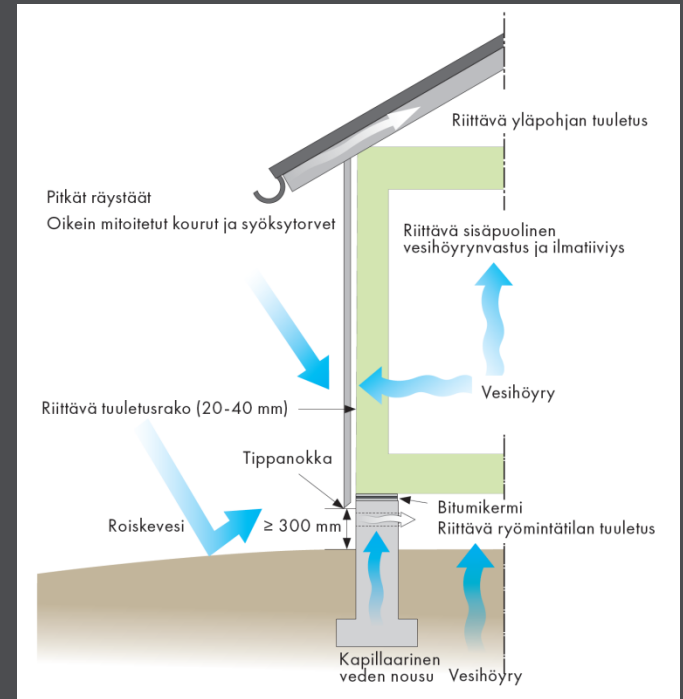
Paroc kivivilla ei kuljeta vettä kapillaarisesti vaan toimii kapillaarikatkona aivan kuten yleisimmät routaeristeet.



# **Kosteus rakennuksessa eristämisen näkökulmasta**

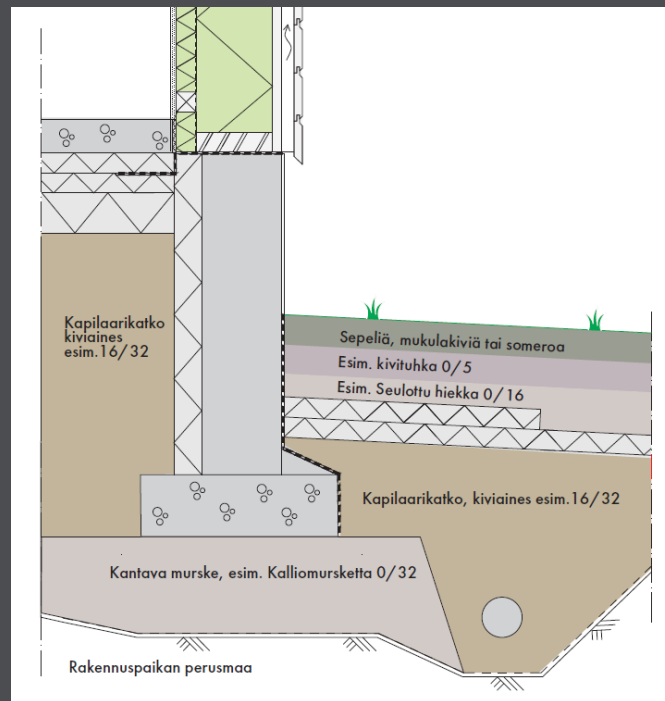
# Kosteus rakennuksessa

- Hyvä kosteudenhallinta on rakennuksen moitteettoman toimivuuden perusta.
- Kosteudenhallinta ei edellytä, että kaikki on täysin kuivaa, mutta kaikki herkät materiaalit on pidettävä tarpeeksi kuivina ongelmien välttämiseksi
- Perusohje:
  - Varmista, ettei kosteus pääse rakenteisiin ja
  - varmista oikeilla materiaalivalinnoilla, että rakenteissa oleva kosteus pääsee kuivumaan



# Routimaton perustus ja kuiva alapohja

- Maassa olevan veden jäätyminen perustusten lähellä estetään routaeristeillä ja lämmöneristämällä perusmuuri.
- Lattialaatan alapuolella kapillaarinen kosteuden nousu rakenteisiin estetään kapillaarikatkolla (esim. kiviaines 16/32)
- Lämmitetyssä rakennuksessa kosteus pyrkii siirtymään lattiarakenteen läpi alaspäin diffuusiolla. Riittävä lämmöneristyskerros koko lattian alalla auttaa pitämään riittävän lämpötilaeron sisätilan ja maaperän välillä, jotta diffuusion suunta ei pääse muuttumaan.
- Huokoinen eriste mahdollistaa betonilaatan kuivumisen molempiin suuntiin.



# Kuiva maanvarainen alapohja

- Tutkimusasetelma:
  - 80mm pinnoittamaton betonilaatta, jonka alla 200mm kivivillaa vs. EPS –eristettä. Rakenteen alla on 300mm paksu sorapatja kapillaarikatkona.
  - Tarkastelu aika simulaatiossa 4 vuotta
  - Maapohjan lämpötilavaihtelut tarkastelun aikana +6 – +16°C (maksimilämpötila 3. elokuuta)
  - Maaperän kosteus 100%RH
- Tulosten mukaan kivivillalla eristetty laatta kuivuu puolet nopeammin kuin tiivistä eristettä käytettäessä.
- Rakennetta on tutkittu myös käytännössä

Eriste	Betonin kuivumisaika tasoon 85%RH	Betonin kuivumisaika tasoon 80%RH
Paroc kivivilla	100 vrk	130 vrk
EPS	226 vrk	443 vrk





# Nopeasti kuivuvat ulkoseinärakenteet

Paroc kivivillan kosteustekniset ominaisuudet nopeuttavat rakennusprojektia ja säästävät kustannuksia merkittävästi:

120mm paksun betonisen sisäkuoren kuivumisaika eri eristeillä:

Eriste	Ulkoseinärakenne	Kuivumisaika, 85% RH	Pinnoituskuiva sisäpinta	Kuivumisaika, 80% RH
Paroc kivivilla, 220 mm	BSW Ohutrappaus Tuuletettu julkisivu	135 vrk 125 vrk 178 vrk	~4,8 kk	342 vrk 184 vrk 336 vrk
EPS, 220 mm	BSW Ohutrappaus Tuuletettu julkisivu	474 vrk 457 vrk 514 vrk	~16kk	756 vrk 707 vrk 808 vrk
PIR, 170 mm	BSW Ohutrappaus Tuuletettu julkisivu	458 vrk 440 vrk 490 vrk	~15,4 kk	621 vrk 701 vrk 762 vrk
PIR (alumiinipinta), 170 mm	BSW Ohutrappaus Tuuletettu julkisivu	716 vrk	~23,8 kk	913 vrk
Fenolivaahto 70mm	BSW Ohutrappaus Tuuletettu julkisivu	402 vrk 392 vrk 441 vrk	~13,7 kk	493 vrk 486 vrk 541 vrk

\*Moisture performance of mineral wool insulation products in highly insulated structures, Tuomo Ojanen, VTT, NSB 2017.

# Turvallinen asennusvaihe

- VTT:llä teetetyt tutkimuksen ja simulointien mukaan viistosateelle alttiina oleva suojaamaton kivivillaeriste ulkoseinässä ei aiheuta kosteuskertymää rakenteisiin edes neljän kuukauden mittaisella tarkastelujaksolla
- Kivivilla-eristeet lisäävät rakenteiden vikasietoisuutta. Kivivilla ei sulje kosteutta rakenteeseen vaan mahdollistaa rakenteen nopean kuivumisen.
- Huokoisen materiaalirakenteen ansiosta kosteus ei voi tiivistyä kivivillaeristekerrokseen.



# Tuulettuvat loivat katot

- Suomessa sataa aina, joten asennustyöt tulee suunnitella niin, että avoimet rakenteet pystytään suojaamaan.
- Asennusvaiheessa rakenteisiin pääseen veden tulee päästä kuivumaan.
- Tuulettuva, huokoinen eristekerros mahdollistaa rakennusaikaisen kosteuden poistumisen rakenteista.
- Kivivillan diffuusiovastuskerroin ( $\mu$ ) on 1. Tämä tarkoittaa sitä, että vesihöyry liikkuu kivivillakerroksessa samalla tavalla kuin puhtaassa ilmassa. Huokoinen eriste ei näin ollen muodosta estettä syvimpienkään rakennekerrosten kuivamiselle.



# Hikoilemattomat putket ja kanavat

- Eristämättömät kylmät vesiputket ja ilmanvaihtokanavat voivat "hikoilla". Tällöin putkea ympäröivän lämpimän ilman sisältämä kosteus tiivistyy putken tai kanavan kylmään ulkopintaan, jonka lämpötila on kastepisteen alapuolella. Kun vesi tiivistyy putken pintaan, voi se aiheuttaa korroosiota tai tihkua ympäröiviin rakenteisiin aiheuttaen sekundaarisia kosteusongelmia
- Kylmien putkien hikoilua voidaan vähentää eristämällä putket kondenssieristeillä. Tähän tarkoitukseen soveltuu lämmöneriste, jolla voidaan muodostaa koko putken osalle tiivis ulkopinta.
- Eristeen lämmin pinta estää vesihöyryn kondensoitumisen



# Kosteuden aiheuttamat riskit

1. Korroosio
2. Home
3. Suorituskyvyn heikkeneminen

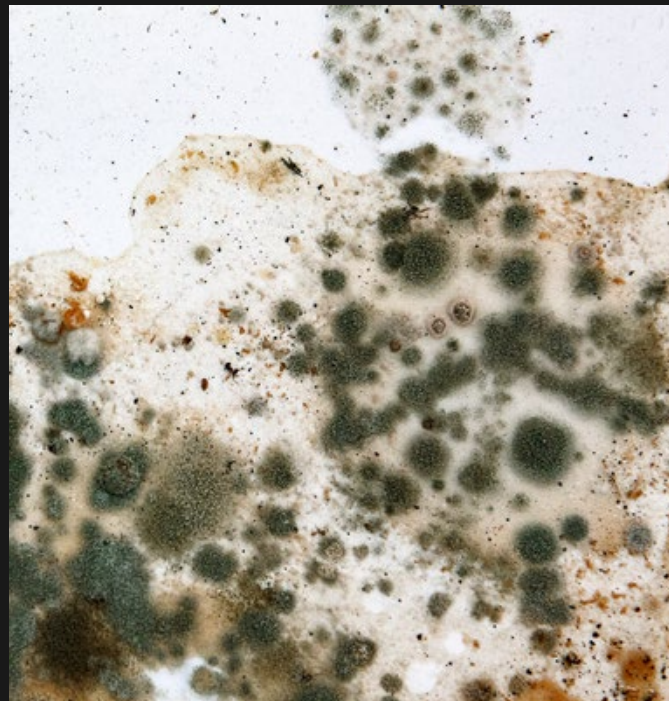
# Korroosio

- Eristemateriaali voi edistää korroosiota aktiivisesti lisäämällä veden elektrolyyttistä kapasiteettia vapauttamalla vesiliukoisia ioneita tai muuttamalla merkittävästi veden happamuutta (pH).
- Paroc kivivillassa vesiliukoisten ioneiden määrä on hyvin alhainen ja kemiallinen tasapaino on epäsuotuisa korroosiolle.
- Eristemateriaalit, joissa käytetään palonestokemikaaleja, edistävät usein korroosion muodostumista. Paroc kivivilla on luonnostaan palamaton, joten siinä tällaisia kemikaaleja ei ole käytetty.



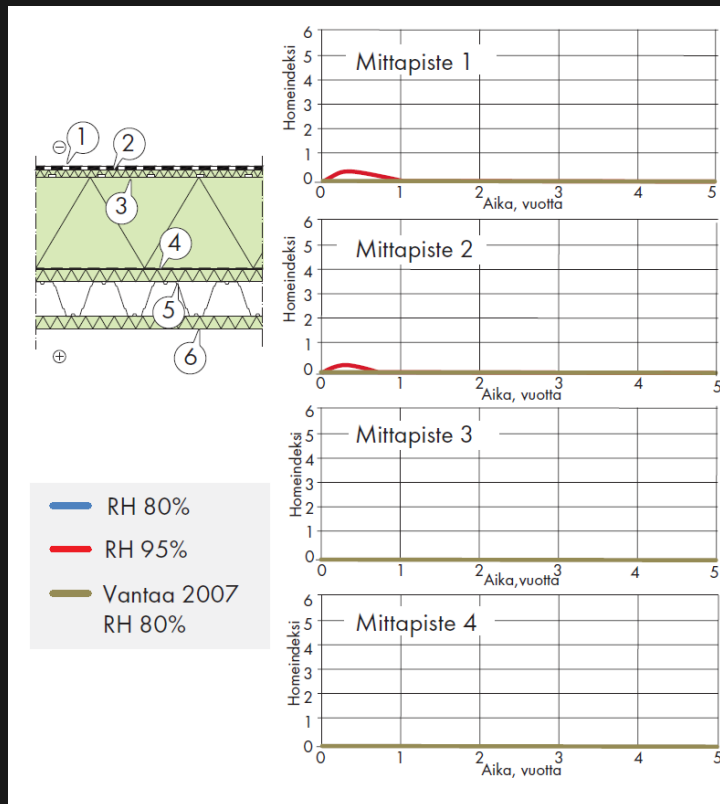
# Home

- Vaikka lämmöneriste altistuukin betonielementtien valu- ja kuivumisvaiheessa suurelle määrälle kosteutta, muodostaa tuore betoni ympärilleen sellaiset pH-olosuhteet, etteivät mikrobit / home pysty niissä elämään. Sama koskee myös rapattuja rakenteita
- Kivillä on epäorgaaninen materiaali, joten se ei ole suotuisa kasvualusta homeelle.
- Paroc on teettänyt kivillalle hometestit puolueettomassa laboratoriossa, jossa todettiin, että kivillä on vastustuskykyinen homekasvulle.
  - Testi tehtiin 95 – 100% suhteellisessa kosteudessa ja 22°C asteen lämpötilassa käyttämällä kaikkein tyypillisimpiä hometyyppejä.



# Turvalliset rakenteet

- Puolueettomien tutkimusten ja laskelmien mukaan Paroc kivivillalla eristetyt rakenteet pysyvät kuivina – myös ääriolosuhteissa.
  - Tutkimuksessa oli mukana 13 tyypillisintä rakennetta
  - Rakenteiden toiminta tutkittiin vuoden 2030 ilmasto-olosuhteissa 5 vuotta
  - Rakenteita tarkasteltiin 80% (normaali taso) ja 95% (kostunut rakenne) suhteellisessa kosteudessa.

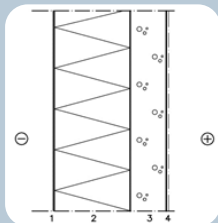


\*Sweco RA08\_61351 / 16.12.2015

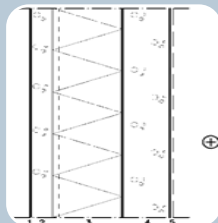


# Turvalliset rakenteet

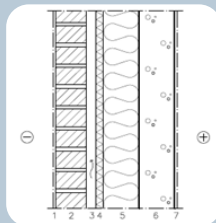
EI HOMETTA!



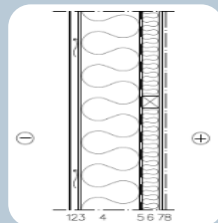
Rakenteen kosteustekninen suorituskyky perustuu ohut-rappauskerroksen riittävään vedenkestävyyteen ja vesihöyrynläpäisevyyteen.  
Kun pintakerros on ehjä, rakenne toimii hyvin!



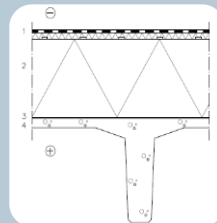
Kosteusteknisesti toimiva rakenne!



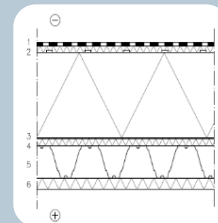
Kosteusteknisesti toimiva rakenne!



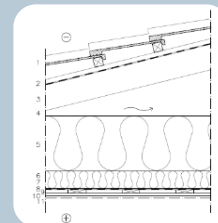
Simuloinnissa käytetty tuuletusvälin leveys 22mm soveltuu sekä puuverhotuille, että levyrakenteisille julkisivuille.  
Kosteusteknisesti toimiva rakenne!



Rakennusvaiheen kosteudenhallinta on tärkeää eristemateriaalista riippumatta!  
Kosteusteknisesti toimiva rakenne!



Simuloinnissa ei otettu huomioon profiilipellin höyrynläpäisyä ja oletettiin, että sisäilma voi virrata vapaasti saumojen läpi. Sen johdosta tämä laskelma pätee myös rei'itetyle pellille.  
Kosteusteknisesti toimiva rakenne!



Yläpohjan tuuletuksen on oltava riittävä.  
Kosteusteknisesti toimiva rakenne!

# Suorituskyvyn heikkeneminen

- Lämmöneristeen tulee pitää alkuperäiset mittansa lämpötila- ja kosteusvaihteluiden aikana.
- Kivivillakuitu on epäorgaaninen, joten sen lämpölaajenemiskerroin on erittäin pieni  $5.5 - 7.0 \times 10^{-6}$  1/K. Kuitujen pieni liike ei vaikuta itse kivivillalevyn mittoihin.
- Kivivilla ei kutistu eikä turpoa kosteuden vaikutuksesta



# KUIIVAKETJU

# KUIVAKETJUN MERKITYS

## OMISTAJA

Asettaa rakennuksen kosteusturvallisuudelle tavoitteet, vaatimukset ja suunnitteluohjeet. Vastaa projektin laadunvarmistuksesta ja seurannasta.

## SUUNNITTELIJA

Suunnittelee yksityiskohtaiset kosteusturvalliset rakenteet.

Valitsee oikeat materiaalit rakenteisiin niiden kosteusteknisen suorituskyvyn perusteella.

## MATERIAALIVALMISTAJA

Antaa asianmukaista tietoa materiaalien kosteusominaisuuksista ja tuotteiden varastoinnista työmaalla.

## URAKOITSIJA

Suunnittelee ja toteuttaa kosteudenhallinnan asennusvaiheessa.

Varaa riittävästi aikaa eri materiaalien kuivumiselle.

Varastoi materiaalit valmistajan ohjeiden mukaan. Opastaa käyttäjää.

## KÄYTTÄJÄ

Opettelee käyttämään rakennusta. Tarkkailee vettä käyttäviä asennuksia ja koneita.

Huolehtii jatkuvasta kunnossapidosta.



# Yhteenveto

# Tutkitusti ja 80 vuoden kokemuksella



- Pysyy kuivana korkeissa ilmankosteuksissa
- Ei ime vettä
- Kuivuu erittäin nopeasti
- Ei nosta vettä kapillaarisesti
- Antaa ympäröivien rakenteiden kuivua
- Ei homehdu eikä aiheuta muiden rakenteiden homehtumista
- Ei aiheuta korroosiota
- Minimoi rakenteiden kuivumisajan

# Erityisen vaativiin kosteusolosuhteisiin suosittelemme solulasia





A woman with blonde hair, wearing a grey business suit, is standing in a meeting room. She is holding a white marker and drawing a diagram on a glass wall. The diagram consists of a horizontal line with an arrow pointing to the left, and a vertical line intersecting it. There are also some faint markings on the wall. In the background, other people are visible but out of focus. The overall atmosphere is professional and collaborative.

# KYSYMYKSIÄ?

Kiitos!