

SISÄILMAN LAATU

Mika Korpi

5.4.2022

The logo for Vahanen consists of the word "VAHANEN" in a bold, sans-serif font. The letters are filled with a gradient of blue and teal colors, with the 'V' and 'N' being a darker blue and the 'A', 'H', 'A', 'N', 'E', and 'N' being a lighter teal.

Vahanen Rakennusfysiikka Oy

Sisäilman määritelmä

- **Sisäilma** on sisätiloissa hengitettävä ilma, jossa ilman perusosien lisäksi saattaa olla eri lähteistä peräisin olevia kaasumaisia ja hiukkasmaisia epäpuhtauksia.
- **Sisäilmasto** muodostuu sisäilmasta ja siihen vaikuttavista fysikaalisista tekijöistä.
- **Sisäilmastotekijöitä:**
 - sisäilman kaasumaiset yhdisteet
 - sisäilman hiukkasmaiset epäpuhtaudet
 - lämpötila
 - kosteus
 - ilman liike
 - säteily
 - valaistus
 - melu

Miksi sisäilma on tärkeää?

- Ihminen viettää 90...95 % ajastaan sisätiloissa ja hengittää vuorokaudessa jopa 40 kuutiometriä ilmaa, josta valtaosa on sisäilmaa.
- Sisäilman epäpuhtaudet voivat aiheuttaa tai pahentaa allergia- ja ärsytysoireita sekä keuhkosairauksia.

Lähde: Sisäilmayhdistys

Hyvä sisäilma ei tunnu miltään!

Sisäilman laatuun vaikuttavat osatekijät:

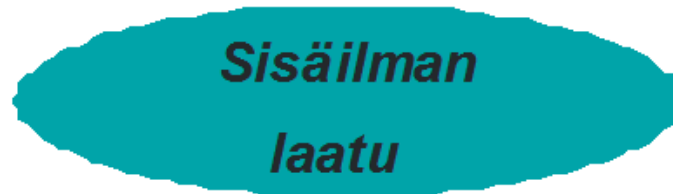
RAKENNUS:

- Rakeneratkaisut
- Rakenteiden tiiviys
- Materiaalivalinnat



ASUKKAAT:

- Elintavat
- Siivous



TALOTEKNIikka:

- Ilmanvaihto
- Lämmitys



YMPÄRISTÖ:

- Ulkoilman laatu
- Maapohja

Sisäilmastoluokitus 2018

- **Luokitusta voidaan käyttää apuna, kun tavoitteena on rakentaa entistä terveellisempiä ja viihtyisämpiä rakennuksia.**
- **Sisältää mm.**
 - **Sisäilmaston tavoitearvot (sisäilmastoluokat S1, S2 ja S3)**
 - **Suunnittelu- ja toteutusohjeet**
 - **Vaatimukset rakennustuotteille**

S1 = Yksilöllinen sisäilmasto

S2 = Hyvä sisäilmasto

S3 = Tyydyttävä sisäilmasto (täyttää säädökset ja vähimmäisvaatimukset)

Sisäilmastoluokitus 2018

- **Sisäympäristön tekniset tavoitearvot rakennuksen käytön aikana**
 - **Lämpöolosuhteiden tavoitearvot**
 - **Ilman liikenopeuden tavoitearvot**
 - **Sisäilman laadun tavoitearvot (CO₂, hiukkaset, radon jne.)**
 - **Ääniolosuhteiden tavoitearvot**
 - **Valaistuksen tavoitearvot**

Suunnittelu- ja toteutusohjeet	Vaatimukset rakennustuotteille
<p>Rakennus ja rakenteet</p> <ul style="list-style-type: none">• Ohjeet rakennus- ja rakennesuunnittelulle• Rakennustöiden puhtausluokitus (P)• Vaatimukset kosteudenhallinnasta <p>Työmaasuunnittelu</p> <ul style="list-style-type: none">• Kosteudenhallintasuunnitelma <p>Rakennuttaminen</p> <ul style="list-style-type: none">• Tavoitteiden asettaminen <p>Talotekniikka</p> <ul style="list-style-type: none">• Suunnitteluarvot• Ilmanvaihtolaitoksen puhtausluokitus (P)	<p>Rakennusmateriaalien päästöluokitus (M)</p> <ul style="list-style-type: none">• Päästökriteerit• Muut vaatimukset <p>Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus (M)</p> <ul style="list-style-type: none">• Yleiset vaatimukset• Tuoteryhmäkohtaiset vaatimukset

Sisäilmastoluokitus 2018

- Rakennusmateriaalien päästöluokitus M
 - M1 luokka paras
 - Luokkaan M3 kuuluvat materiaalit, jotka eivät täytä luokan M2 vaatimuksia

Taulukko 3.1.1. M1- ja M2- luokkien vaatimukset rakennusmateriaaleille.

Tutkittavat ominaisuudet	M1 [mg/m ² h]	M2 [mg/m ² h]
Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden (TVOC) kokonaisemissio. Yhdisteistä tunnistettava vähintään 70 %.	< 0,2	< 0,4
Yksittäinen VOC µg/m ³	≤ EU-LCI	≤ EU-LCI
Formaldehydin (HCOH) emissio	< 0,05	< 0,125
Ammoniakin (NH ₃) emissio	< 0,03	< 0,06
(EC) No 1272/2008 -luokittelun mukaisten luokkaan 1A ja 1B kuuluvien CMR-yhdisteiden emissio ¹⁾	< 0,005	< 0,005
Hajun hyväksyttävyyys	+0,0	+0,0

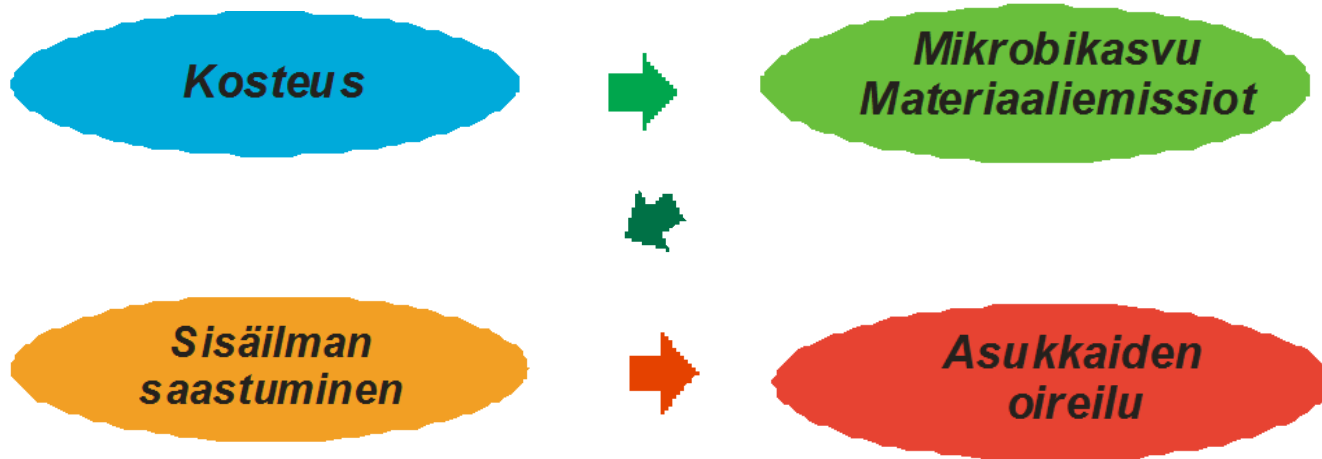
¹⁾ ei koske formaldehydiä

Laastit, tasoitteet ja silotteet eivät saa sisältää kaseiinia.

LCI-arvot µg/m³, (kts. http://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci/values_fi)



Kosteus



Mikäli materiaalien kosteuspitoisuus pysyy pitempiaikaisesti korkealla tasolla, alkaa materiaaleissa tapahtua joko mikrobikasvua tai orgaanisissa materiaaleissa hajoamisprosessi.

Riittävä sisäilman vesihöyrypitoisuus, suhteellinen kosteus RH, mikrobikasvuston alkamiselle on 70 – 75%.

Ilma sisältää aina tietyn määrän kosteutta, mikä usein ilmaistaan suhteellisen kosteuden avulla. Suhteellisella kosteudella RH tarkoitetaan prosentuaalisesti ilmassa olevan kosteusmäärän v suhdetta kyllästyskosteuteen v_k .

$$RH = \frac{v}{v_k} = \text{Mitä on?}$$

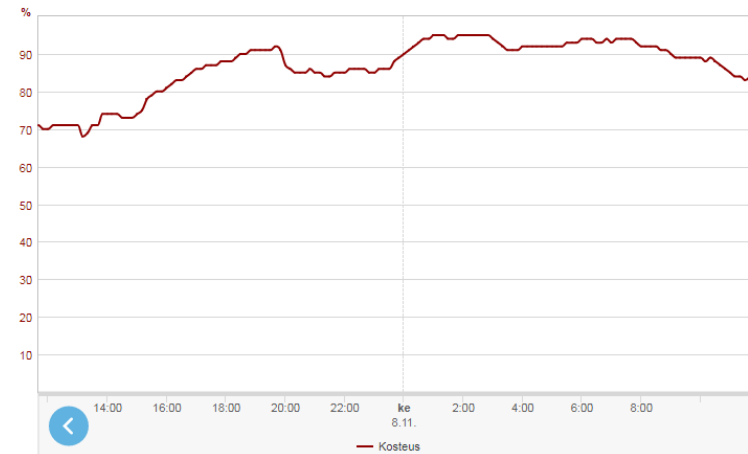
Mitä mahtuu?

Esimerkiksi 20°C lämpötilassa olevassa ilmassa voi maksimissaan olla vesihöyryä 17,28 g/m³. Jos ilmassa on vesihöyryä 10,06 g/m³, niin RH on 10,06 / 17,28 x 100 = 58%

Viimeisin säähavainto Vaasa Klemettilä ke 8.11. 11:40

Lämpötila	6,2 °C	Kosteus	84 %
Kastepiste	3,7 °C	Edeltävän tunnin sademäärä	0,0 mm (11:00)
Tuulen nopeus	5 m/s	Tuulen suunta	etelätuulta (195°)
Tuulen puuska	11 m/s	Paine	1021,0 hPa
Näkyvyys	50 km	Pilvisuus	melkein pilvistä (6/8)
Lumensyvyys	0 cm		

Sää Tuuli Kosteus Paine Näkyvyys ja pilvisuus Lumensyvyys Vuorokausiarvot

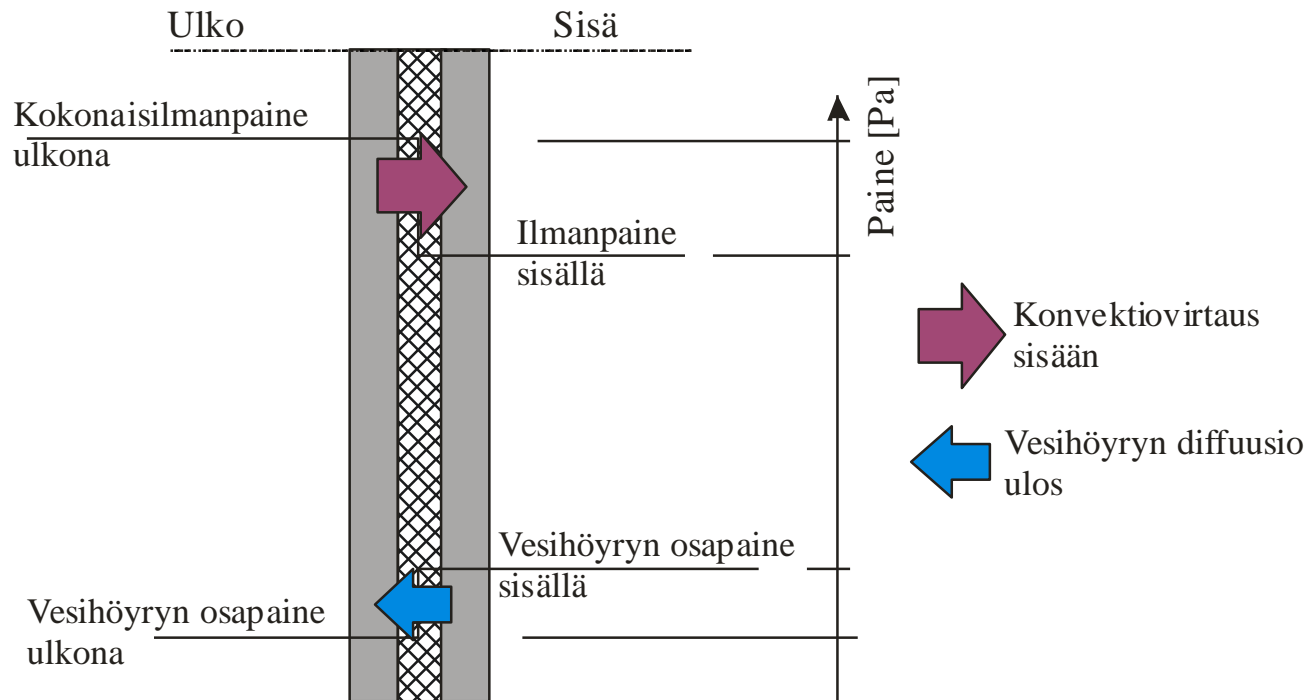


t [°C]	v _k [g/m ³]	p _k [Pa]	t [°C]	v _k [g/m ³]	p _k [Pa]	t [°C]	v _k [g/m ³]	p _k [Pa]
-20	0,88	102	15	12,86	1708	50	83,14	12390
-19	0,95	111	16	13,65	1820	51	87,10	13020
-18	1,04	122	17	14,49	1939	52	91,21	13677
-17	1,14	135	18	15,37	2064	53	95,48	14362
-16	1,25	149	19	16,30	2197	54	99,92	15075
-15	1,38	164	20	17,28	2337	55	104,52	15818
-14	1,52	181	21	18,31	2484	56	109,30	16592
-13	1,67	200	22	19,40	2640	57	114,25	17397
-12	1,83	221	23	20,54	2805	58	119,39	18234
-11	2,01	243	24	21,74	2979	59	124,72	19105
-10	2,20	266	25	23,00	3162	60	130,24	20010
-9	2,40	292	26	24,32	3355	61	135,95	20951
-8	2,61	319	27	25,71	3559	62	141,87	21928
-7	2,84	348	28	27,17	3773	63	147,99	22943
-6	3,08	379	29	28,70	3999	64	154,33	23997
-5	3,33	412	30	30,31	4237	65	160,88	25090
-4	3,60	447	31	31,99	4487	66	167,66	26224
-3	3,89	485	32	33,75	4750	67	174,67	27401
-2	4,19	524	33	35,60	5027	68	181,90	28620
-1	4,51	566	34	37,54	5317	69	189,38	29884
0	4,85	611	35	39,56	5622	70	197,11	31194
1	5,21	658	36	41,68	5943	71	205,08	32551
2	5,58	708	37	43,90	6279	72	213,31	33956
3	5,98	762	38	46,21	6631	73	221,80	35410
4	6,40	818	39	48,63	7001	74	230,56	36915
5	6,84	878	40	51,16	7388	75	239,60	38472
6	7,31	941	41	53,79	7793	76	248,91	40082
7	7,80	1008	42	56,54	8218	77	258,51	41747
8	8,32	1079	43	59,41	8663	78	268,40	43468
9	8,87	1154	44	62,40	9128	79	278,59	45247
10	9,45	1234	45	65,52	9614	80	289,08	47084
11	10,06	1318	46	68,77	10122			
12	10,71	1408	47	72,15	10653			
13	11,39	1502	48	75,67	11207			
14	12,10	1603	49	79,33	11786			

DIFFUUSIO JA KONVEKTIO

Vesihöyryn liikkuminen rakenteessa tapahtuu:

- **diffuusiona**, jossa vesimolekyylit siirtyvät korkeammasta konsentraatiosta alhaisempaan eli suuremmasta vesihöyryn osapaineesta alhaisempaan.
- **konvektiona**, jossa ilma toimii vesihöyryä siirtävänä aineena



Höyrynsulku



Höyrynsulun tehtävänä on estää ilmavuodot ja ilman sisältämän vesihöyryn tunkeutuminen rakenteeseen konvektion ja diffuusion seurauksena.

Hengittävä rakenne

- Rakenteiden hengittämisellä ei tarkoiteta ilman virtausta vaan rakenteen kykyä sitoa ja luovuttaa kosteutta.
- Nykykäsityksen mukaan rakenteista on ehdottomasti tehtävä tiiviitä ja hyvä sisäilma luodaan ilmanvaihdolla.
- Kuka haluaa hengittää vanhojen rakenteiden läpi virrannutta ilmaa?

Taulukko 6.1. Ulko- ja sisäilmassa tyypillisiä, sekä kosteusvaurioihin viittaavia mikrobisukuja, -lajeja ja -ryhmiä.

Ulkoilma	Sisäilma	Kosteusvauriot
<i>Cladosporium</i> , basidiomykeetit ¹⁾ , <i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Alternaria</i> , hiivat, <i>Geotrichum</i> , steriilit ²⁾	<i>Penicillium</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Cladosporium</i> , hiivat, bakteerit	<i>Acremonium</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. ochraceus</i> , <i>A. penicillioides</i> / <i>A. restrictus</i> ³⁾ , <i>A. sydowii</i> , <i>A. versicolor</i> , basidiomykeetit ¹⁾ , <i>Chaetomium</i> , <i>Eurotium</i> , <i>Exophiala</i> , <i>Oidiodendron</i> , <i>Geomyces</i> , <i>Paecilomyces</i> , <i>Phialophora</i> , <i>Scopulariopsis</i> , <i>Sporobolomyces</i> , <i>Sphaeropsidales (Phoma)</i> , <i>Stachybotrys/ Memnoniella</i> ³⁾ , sädesienet (mm. <i>Streptomyces</i>), <i>Trichoderma</i> , <i>Tritirachium/ Engyodontium</i> ³⁾ , <i>Ulocladium</i> , <i>Wallemia</i>

1) Kantasieniä, esimerkiksi useimmat tutut "metsäsienet", lahottajat, käävät ja ruostesienet, 2) lajeja, jotka eivät muodosta käytetyissä laboratorio-olosuhteissa lajintunnistuksen mahdollistavia itiörakenteita, 3) hyvin lähisukuisia ja ominaisuuksiltaan samanlaisia lajeja tai sukuja.

Lähde: YMPÄRISTÖOPAS 2016
Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

Taulukko 6.2. Eri mikrobiryhmien kasvun vähimmäiskosteusvaatimukset rakennusmateriaalissa.

Mikrobiryhmä	Ilman suhteellinen vähimmäiskosteus
Homesienet	70...85 %
Bakteerit ja sädesienet	95 %
Sinistäjä- ja lahottajasienet	95 %

Taulukko 6.3. Esimerkkejä eri mikrobilajien ja -ryhmien vähimmäiskosteusvaatimuksista.

RH _{min} ¹⁾	Esimerkkilajeja ja -sukuja
RH _{min} < 75 %	<i>Aspergillus penicillioides / restrictus, Eurotium, Wallemia</i>
75 % ≤ RH _{min} ≤ 79 %	Useimmat <i>Aspergillus</i> -lajit (mm. <i>A. versicolor, A. ochraceus</i> ja <i>A. sydowii</i>), <i>Paecilomyces</i> , eräät <i>Penicillium</i> -lajit
80 ≤ RH _{min} ≤ 89 %	Useimmat <i>Penicillium</i> -lajit, <i>Aspergillus fumigatus, Alternaria, Aureobasidium, Chaetomium, Cladosporium</i>
RH _{min} ≥ 90 %	<i>Fusarium, Stachybotrys, Mucor, Rhizopus</i> ja <i>Ulocladium</i> , lahottajasienet, sädesienet

1) Vähimmäiskosteusvaatimukset on määritetty laboratorio-olosuhteissa rakennusmateriaaleilla noin + 25°C lämpötilassa. Matalammassa lämpötilassa vähimmäiskosteusvaatimus on korkeampi.

Lähde: YMPÄRISTÖOPAS 2016
Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

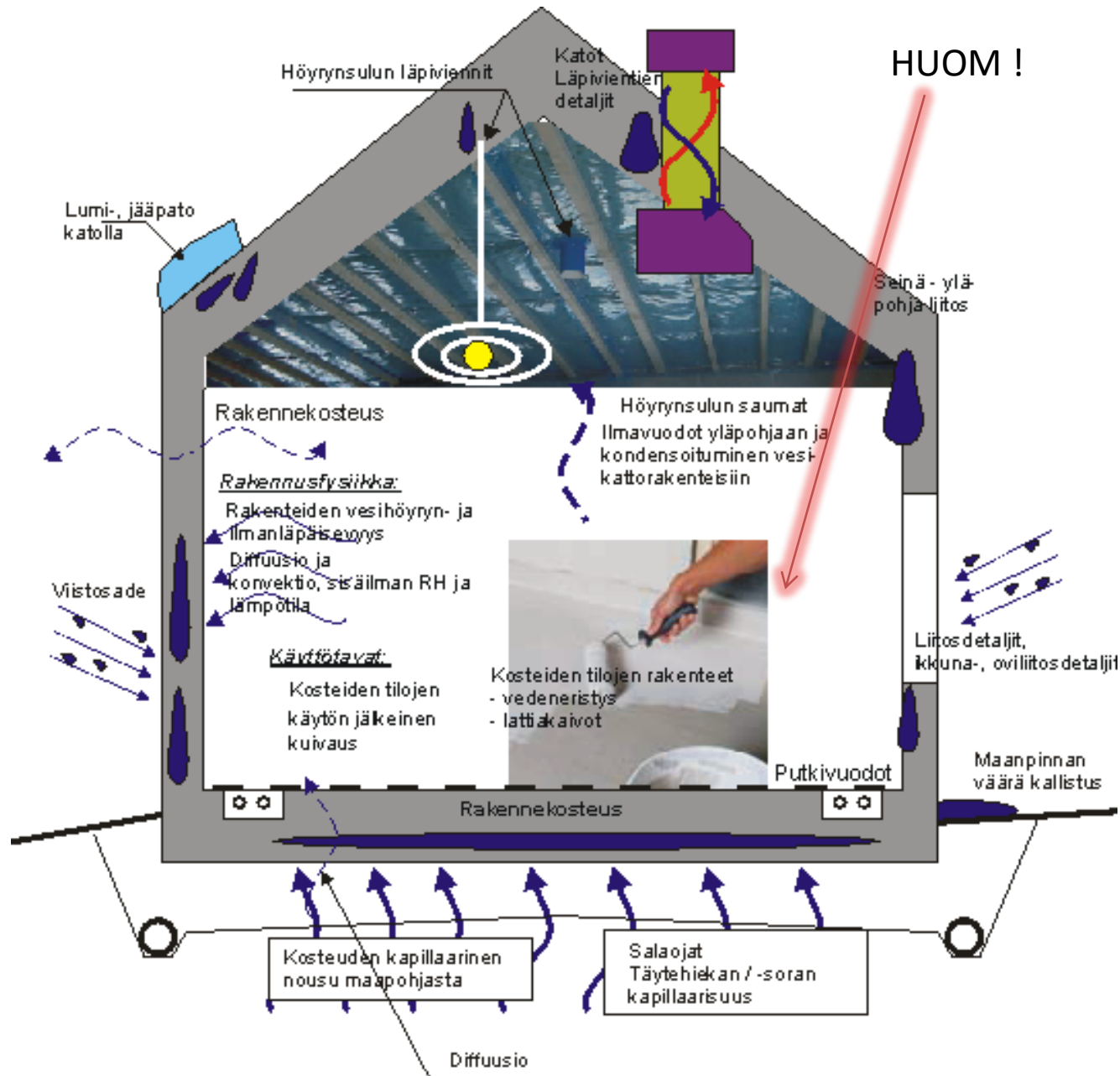
Taulukko 6.5. Homehtumisriskin kannalta kriittinen kosteus eri materiaaleilla kolmen kuukauden tarkastelujaksolla. Taulukon aineisto: Johansson P., 2014.

Materiaali	Alin mikrobikasvun mahdollistava kosteus (RH)	
	Lämpötila + 22°C	Lämpötila +10°C
Puu (mänty)	75...79 %	85...90 %
Vaneri	75...79 %	75...85 %
Lastulevy	79...85 %	90...93 %
Ohut kovalevy	85...89 %	93...95 %
Märkätilan kipsilevy	89...95 %	> 95 %
Tuulensuojakipsilevy	89...95 %	> 95 %
Tervapaperi	89...95 %	> 95 %
Sementtipohjainen levy	> 95 %	> 95 %
Lasivilla	> 95 %	> 95 %
EPS-lämmöneriste	> 95 %	> 95 %

Lähde: YMPÄRISTÖOPAS 2016
Rakennuksen kosteus- ja sisäilmatekninen kuntotutkimus

DIFFUUSION/KONVEKTION AIHEUTTAMA KOSTEUS- JA HOMEVAURIO





Mikroorganismer.

Luftburna mögelsvampar och mykotoxiner i svenska problemhus – anpassning till byggprocessen

Projekt nr 19970192 (FORMAS)

SBUF Rapport nr: 11019

Solna 2004-11-22



Bild 1 Mögelfläckar på papp (kartongen) *Bild 2* Rinningsmärken på skivorna

Slutsatser

Paketering av gipsskivor i tät plast medför risk för kondens och hög relativ fuktighet som kan initiera mögelangrepp innan skivorna monterats. Det krävs en bättre hantering av skivorna från fabrik och bättre anvisningar om hur de skall lagras på arbetsplatserna. Med beaktande av resultaten att gipsskivor har ett tröskelvärde på ca 85 % relativ fuktighet, för att initiera mögelangrepp avråds byggsektorn för användning av dessa skivor i fuktiga utrymmen såsom våtrum, i utfackningsväggar, som vindskivor eller annan utomhusexponering.

Studien visar dessutom att fritt vatten inte behövs för start av tillväxten av mögelsvampar (bl.a *Stachybotrys chartarum*) på gipsskivor. För successivt uppfuktade gipsskivor behövs en mycket liten förhöjning av RF för att mögelsvamparna skall börja växa.

Omgivningsfuktigheten (t.ex. RF i Stockholmsluft) är över kritisk RF för generell mögeltillväxt största delen av året vilket ofta orsakar mögelpåväxt på utfackningsväggarnas gipsskivor.

Sisäilman epäpuhtaudet:

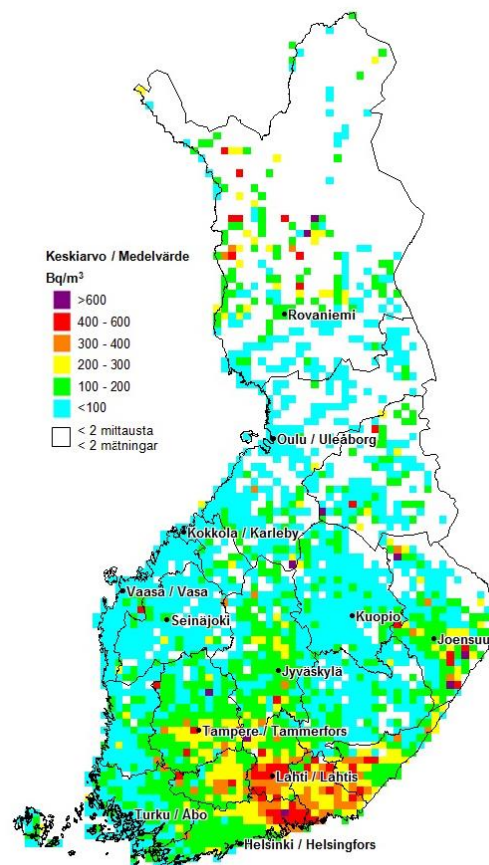
Kaasumaiset epäpuhtaudet:

- Orgaaniset yhdisteet:
 - Haihtuvat orgaaniset yhdisteet TVOC
 - Formaldehydi
- MVOC (Mikrobien tuottamat hiilivety-yhdisteet)
- Epäorgaaniset yhdisteet:
 - Ammoniakki
 - Hiilidioksidi CO₂
 - Hiilimonoksidi CO
- Radon

Partikkelit:

- Pöly PM₁₀
- Mikrobi-itiöt
- Asbesti
- Mineraalikuidut

stuk.fi



Rakennusten ilmanpitävyys

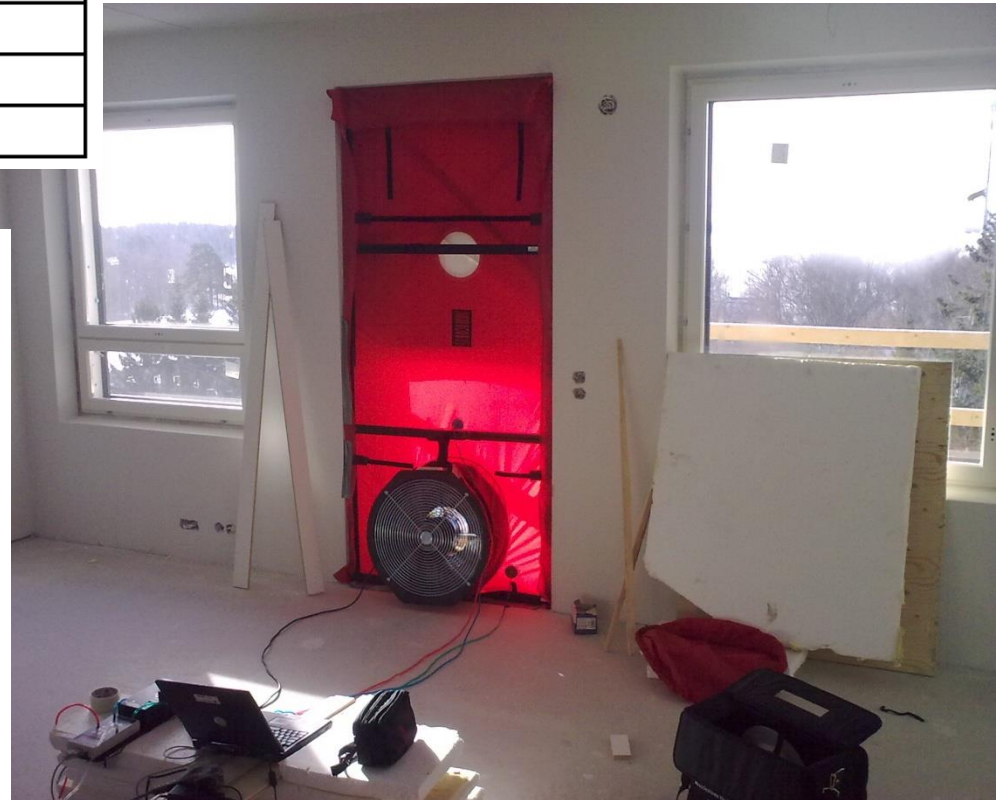
Ilmavuotoluku, q_{50} . Ilmavuotoluvulla q_{50} kuvataan rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilmavirtaa tunnissa 50 Pa:n paine-erolla kokonaissisämittojen mukaan laskettua rakennusvaipan pinta-alaa kohden.

<0,6	A, kiitettävä
0,6-	B, erittäin hyvä
1 - 2	C, hyvä
2 - 3	D, tyydyttävä – lievästi riskialtis
3 - 4	E, välttävä – riskialtis
> 4	F, huono – erittäin riskialtis

Taulukko 4. Ilmanpitävyyden merkitys.

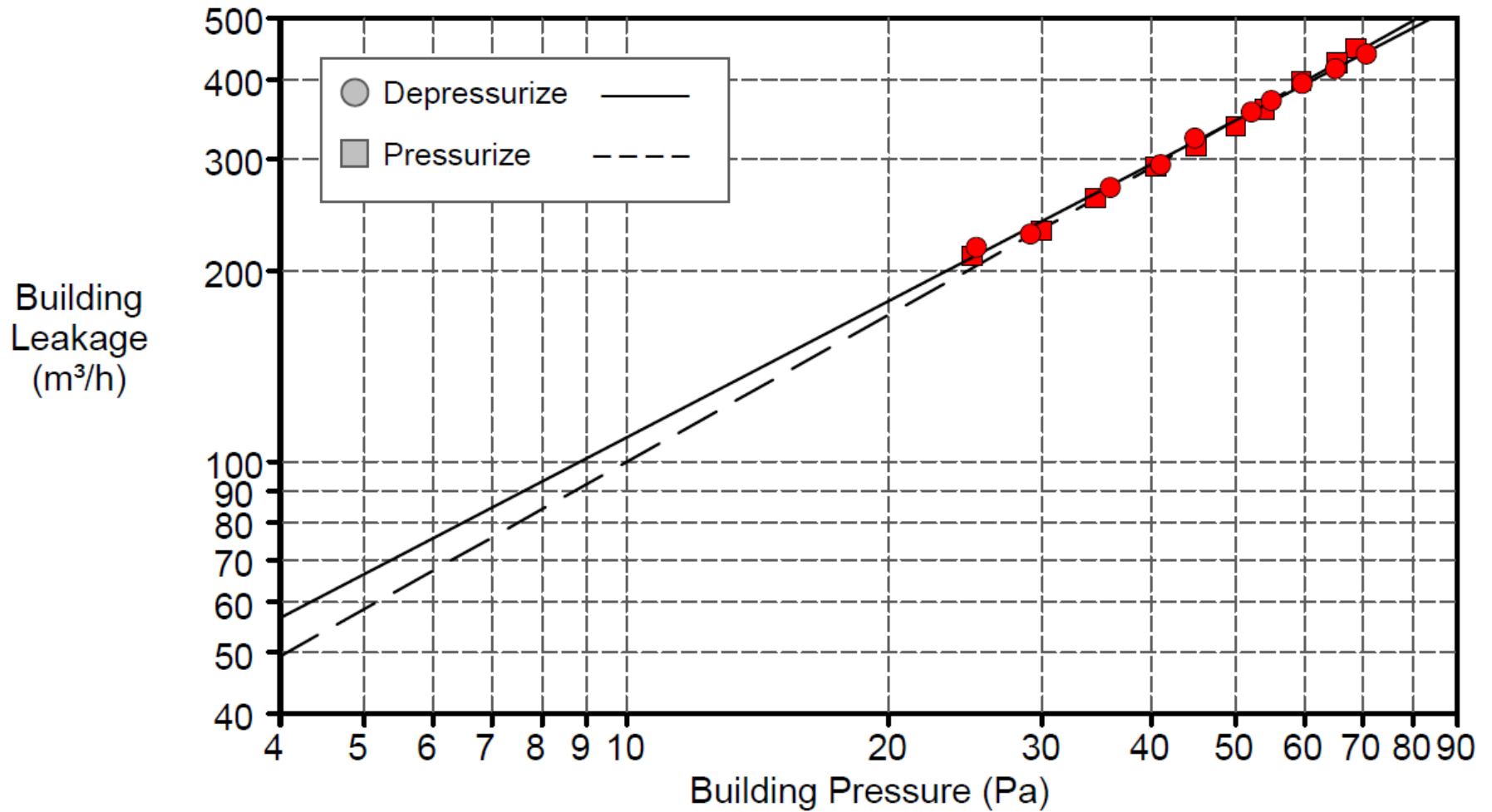
Edut :

- Energiankulutus vähenee. Yhden yksikön (1 1/h) vähennys ilmavuotoluvussa (n_{50}) vähentää lämmitysenergian kulutusta noin 4–6 % tyypilliseen suomalaiseen pientaloon verrattuna.
- Rakennusvaipan epätiivyydestä johtuvat hallitsemattomat ilmavirtaukset vähentyvät, jolloin vedontunne vähenee ja lattiapinnat eivät jäähy epä mukaviksi.
- Sisäilman kosteuden virtaaminen rakenteisiin vähenee.
- Rakenteista tulevien epäpuhtauksien (mineraalikulut, mikrobit, radon) virtaaminen sisäilmaan vähenee.
- Ilmanvaihtolaitteiston toiminta on paremmin hallittavissa. Hatarassa talossa lämmöntalteenottolaite ei tuo odotettuja säästöjä.

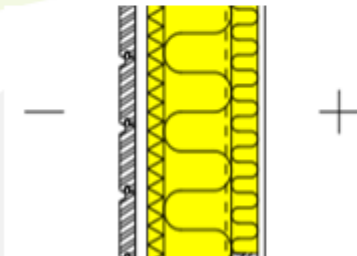
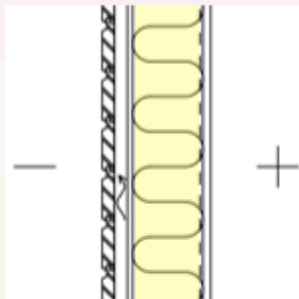


Rakennuksen vaipan ilmatiiveys

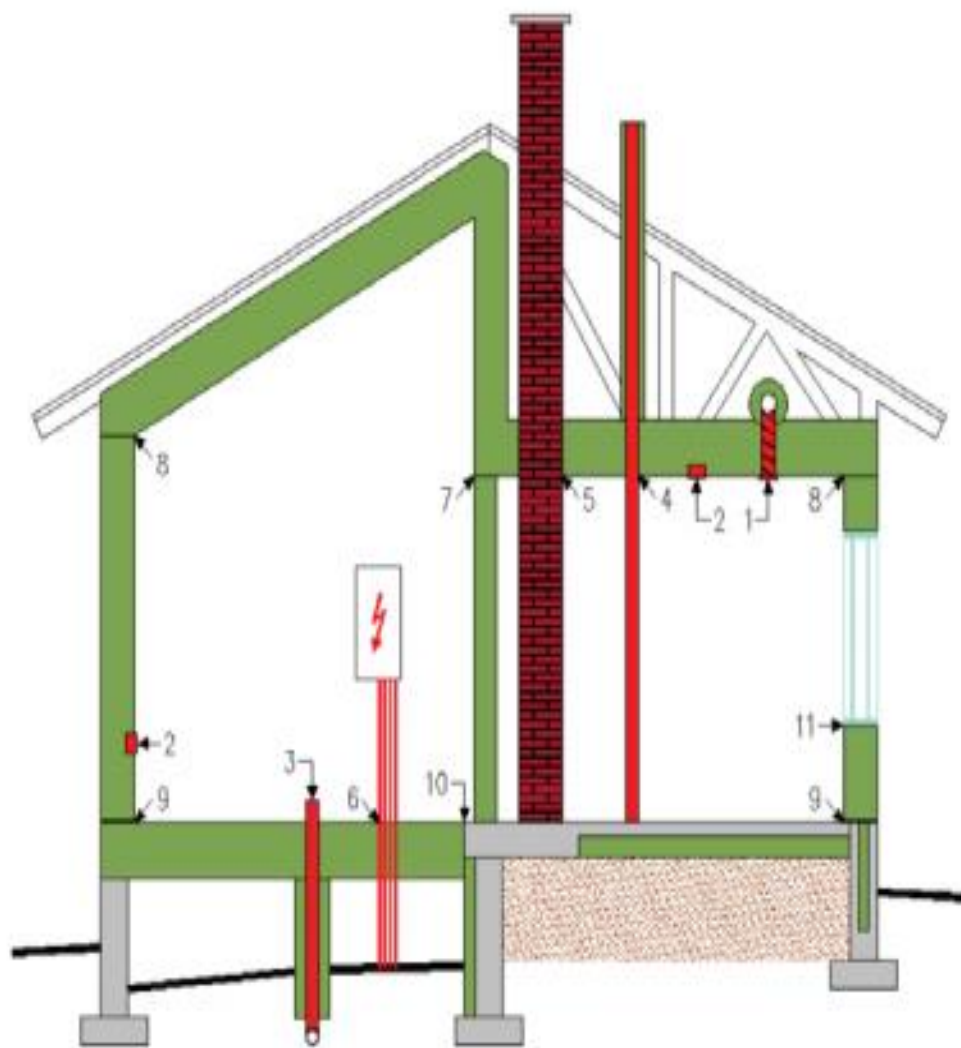
Rakennuksen mitattu ilmavuotoluku q_{50} määritetään 50 Pa:n paine-erolla



Seinäesimerkkejä eri vuosilta - mineraalivillaeriste



Vuosi	RakMk U-arvo [W/(K·m ²)]	Eristettä yhteensä [mm]	Eristekerrokset [mm]	Rakenteen U-arvo [W/(K·m ²)]
1976	0,4	100		0,37
1978	0,35	125		0,32
1985	0,28	150		0,27
2003	0,25	175	125 + 50	0,22
2007	0,24	175	125 + 50	0,22
2010	0,17	205	30 + 125 + 50	0,17
2012	0,17	205	30 + 125 + 50	0,17



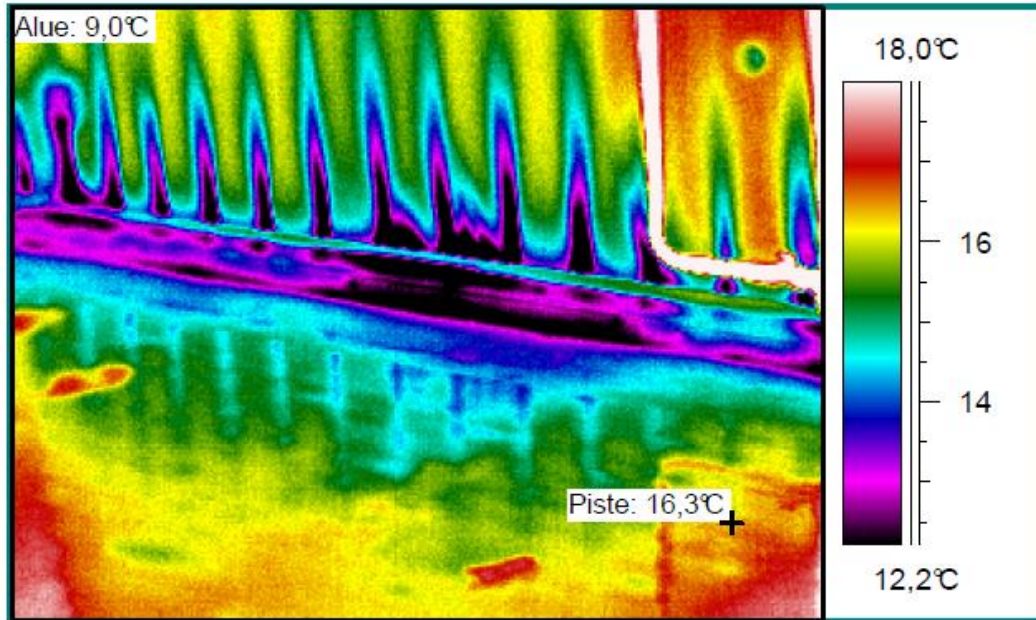
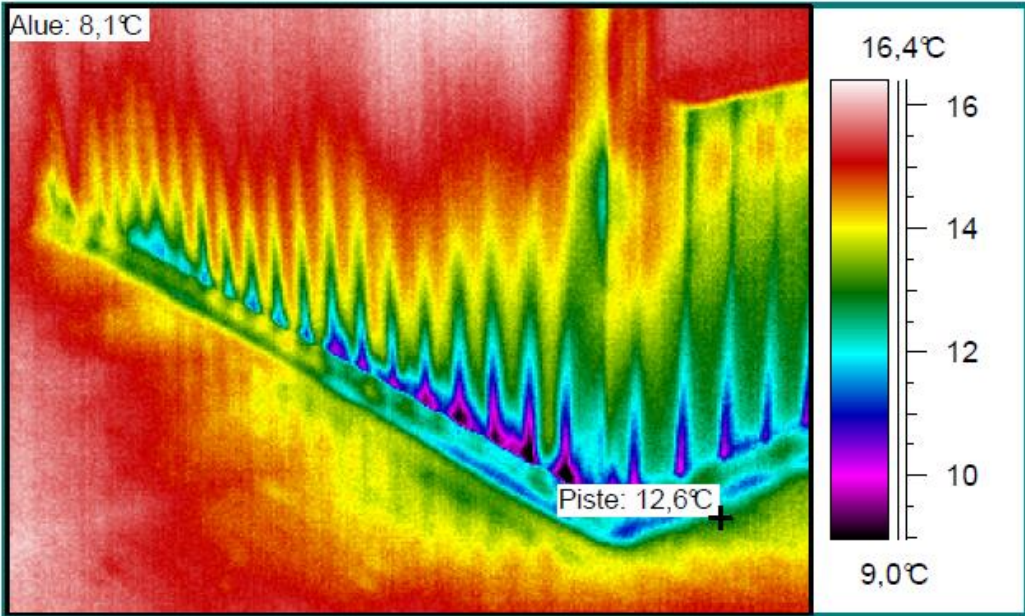
- 1 Ilmansulun ulkopuolelle tehtyjen IV-asennusten läpiviennit
- 2 Ilmansulun ulkopuolelle tehtyjen sähköasennusten läpiviennit
- 3 Viemäreiden läpiviennit alapohjassa
- 4 Viemärin tuuletusputken läpivienti yläpohjassa
- 5 Savuhormin läpivienti yläpohjassa
- 6 Sähköpääkeskuksen johtojen läpiviennit alapohjassa
- 7 Kantavien väliseinien liittymät
- 8 Ulkovaipparakenteiden liittymät
- 9 Elementtien saumat
- 10 Tuulottuvan ja maanvaraisen alapohjan liittymä
- 11 Ikkunoiden ja ovien liittymät

Kuva 2. Yleisimmät ilmvuotokohdat rakennuksen vaipassa (lähde: Sisäilmayhdistys)

Sisäilmaongelma vanhassa koulurakennuksessa

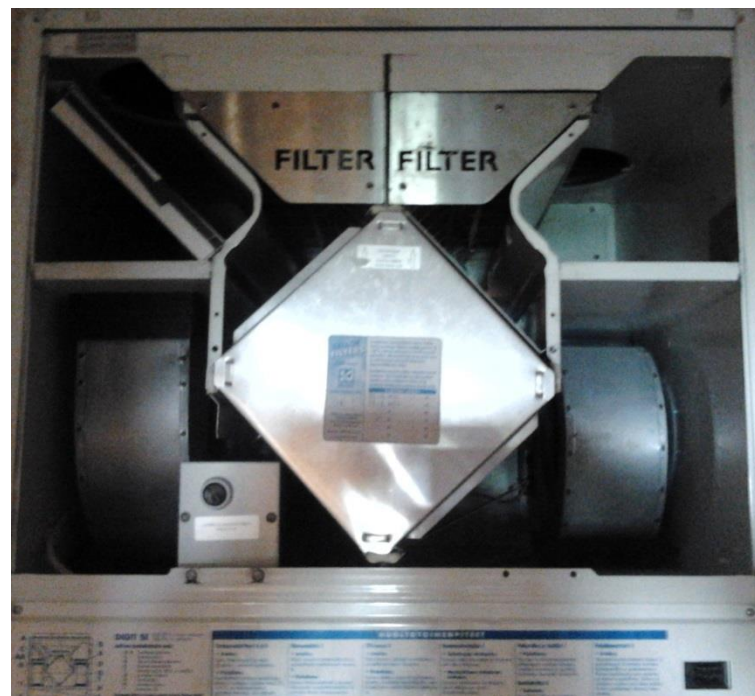
- Rakennuksen ryömintätilaan oli lattiaremontin jälkeen jätetty vanhan lattian eristeitä ym. orgaanista materiaalia.
- Koulun henkilökunta ja oppilaat olivat pitkään oireilleet rakennuksessa
- Jostain syystä ryömintätilaa ei ollut aikaisemmin tutkittu ?
- Tiiviysmittauslaitteiston ja lämpökameran avulla ongelma dokumentoitiin





IV-kone

- Kanavien tiiviys rakennusaikana, pöly!
- Laitteiston säätö
- Suodattimien puhdistus ja vaihto
- Koneen puhdistus
- Älä koske säädettyihin venttiileihin !
- Opettele käyttämään laitetta oikein !
- Aina päällä !



Avaimet hyvään sisäilmaan

Rakennusaikainen kosteuden hallinta

Ilmatiivis rakennus

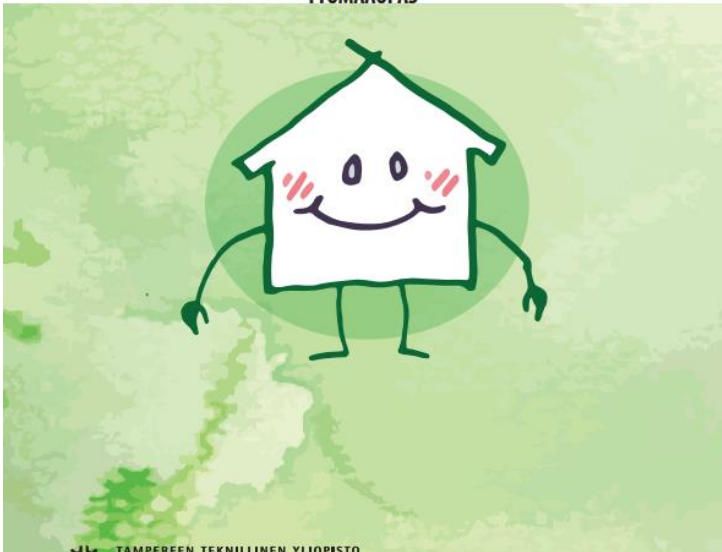
Materiaalivalinnat

Ilmanvaihto

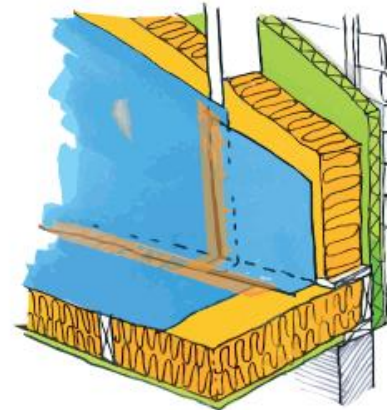
Motivan sivuilta energiatehokkaan rakentamisen parhaita käytäntöjä - BUILD UP Skills -koulutusmateriaalit



ENERGIATEHOKKAAN RAKENTAMISEN TYÖMAAOPAS



8. Liitos- ja limityssaumat sekä pienet reiät teipataan höyrynsulkuteipillä.



https://www.motiva.fi/koti_ ja_ asuminen/rakentaminen/build_up_skills_finland/build_up_skills_-koulutusmateriaalit

Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Sadepäivien määrä ja sademääriä

Sadepäivien määrä (sademäärä = 1,0 mm)				
Kuukausi	Helsinki	Tampere	Jyväskylä	Oulu
I	10	10,5	11	8
II	8	7,5	7	7
III	8	8,5	9	7
IV	7	7,5	8	6
V	6	6,5	7	7
VI	8	8,5	9	8
VII	8	9,5	11	9
VIII	11	11	11	10
IX	10	10	10	9
X	10	11	12	9
XI	12	12	12	10
XII	11	11	11	9
I-XII	109		118	99

Keskimäärin joka kolmas päivä sataa vettä tai lunta



TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Sademäärä (mm)				
Kuukausi	Helsinki	Tampere	Jyväskylä	Oulu
I	47	45	43	30
II	36	33,5	31	23
III	38	37,5	37	24
IV	36	36,5	37	20
V	32	35	38	30
VI	49	54	59	45
VII	62	70,5	79	60
VIII	78	83	88	66
IX	66	64,5	63	42
X	73	66,5	60	41
XI	68	62,5	57	36
XII	58	52,5	47	30
I-XI	643		639	447

Lähde: Ilmatieteenlaitos. Arvot on laskettu vuosilta 1971-2000.

Tampere arvioitu

Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Rakennustyömaan olosuhdehallinta

- Rakennustyömaiden olosuhdehallinnalla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla varmistetaan
 - materiaalien asennusolosuhteet
 - betonin lujittuminen
 - rakenteiden kuivuminen
 - terveet rakennukset
- Toimenpiteitä ovat
 - aikataulujen hallinta
 - riittävä työmaan sääsuojaus, lämmitys ja ilmanvaihto
 - olosuhteiden seuranta ja tarpeenmukainen säätäminen



Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Työmaan sääsuojaus



- Ilmankosteuden seuraaminen on tärkeää, kun työskennellään sääsuojoissa.
- Tuuletusta lisätään, jos ilman suhteellinen kosteus nousee yli 60 %:n.



TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

 **BUILD UP SKILLS**
ENERGY TRAINING FOR BUILDERS
FINLAND

Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Yläpohjat

- Yläpohjan voi rakentaa valmiiksi maassa ja nostaa paikoilleen.
- Säästöjä työmäärässä ja rakennusajassa.
- Ei tarvita telineitä, työturvakaiteita,...
- Yläpohjan lämmöneristyksen voi tehdä heti runkotöiden jälkeen. Näin kuivuminen alkaa nopeasti.



Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Kuivan rakentamisen työsuunnittelu

- Särsuojauksen suunnittelu on tärkeä osa työsuunnittelua.
- Asennussuunnitelmat, materiaalit, telineet, särsuojat ja laitteet kannattaa kriittisiin töihin hankkia hyvien sääolojen vallitessa.
- Valmistaudu sateen varalle. Keskimäärin joka kolmas päivä sataa vettä tai lunta.
- Asennusjärjestyksillä voidaan helpottaa tai pilata kuivan rakentamisen onnistumista.



Esimerkiksi

- Rakennuslevyjä asennetaan väliseiniin ennen kuin aluskate on asennettu tai julkisivut ummessa
- Kylmänä vuodenaikana ulkoseinien kosteussulun sisäpuolinen lämmöneristys asennetaan ennen maanvaraisen laatan valua. (Lämmöneriste kastuu ja saattaa jäätyä, erityisesti nurkissa)

PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Nykyajan suunnitelma
Höyrysulun kondenssi

09C HÖYRYSULKU ERISTEEN SISÄSSÄ

Kosteuskondenssia työmaaolosuhteissa.



KONDENSITARKASTELUT KO. RAKENTEELLA

Sisäilma 60%RH T20°C } Ei kondenssia
Ulkoilma 95%RH T-15°C }

Sisäilma 65%RH T20°C } Kondenssi 6g/m²/vrk
Ulkoilma 95%RH T-15°C }

Sisäilma 70%RH T20°C } Kondenssi 16g/m²/vrk
Ulkoilma 95%RH T-15°C }

Jos ulkoseinärakenne on ilman sisäpuolista levyä edellä esitetyissä olosuhteissa on kondenssi 30g/m²/vrk.

Sisäilman suhteellinen kosteus työmaaolosuhteissa on oltava alle 60%RH.

Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Materiaalien suojaus

Eristys:

- maakosteudelta
- sateelta

Huolehdittava:

- tuuletukselta
- valumavesistä

Muistettava

- kuljetuspakkaus ei ole sadesuoja
- vältettävä pitkiä varastointiaikoja työmaalla



Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Lyhytaikainen varastointi ulkona



- Ikkunat odottavat hetken ulkona siirtoa sisätiloihin; ne on välivarastoitava irti maasta.



- Ikkunoiden omat kuljetuksen aikaiset suojaukset eivät riitä.
- Huomioi veden ohjautuminen; vesi ei saa jäädä seisomaan suojan päälle tai kuorman alle.



Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Betonin kuivumisajan arviointi

Nyrkkisääntö:

- Betonilattialle on varattava kuivumisaikaa viikko/cm aina 4 cm:iin asti.
- Yli 4 cm:n menevälle paksuudelle tulee varata 2 viikkoa / lisä-cm.
- Yli 6 cm paksun betonin kuivumisaika on 4 viikkoa / jokainen lisä-cm.
- Toisin sanoen 8 cm paksun betonin on annettava kuivua vähintään $(4 \times 1) + (2 \times 2) + (2 \times 4) = 16$ viikkoa.

Nyrkkisääntöä voi käyttää aikataulusuunnittelussa
- ei pinnoitustöiden aloituspäätöksen perusteena.

Jos aikataulu on kireä, laatan tekoon voidaan käyttää nopeasti kuivuvaa betonia. Tällöin tulee huomioida, että kuivumiskutistuma suurenee, mikä lisää pintamateriaalien irtoamisen riskiä.

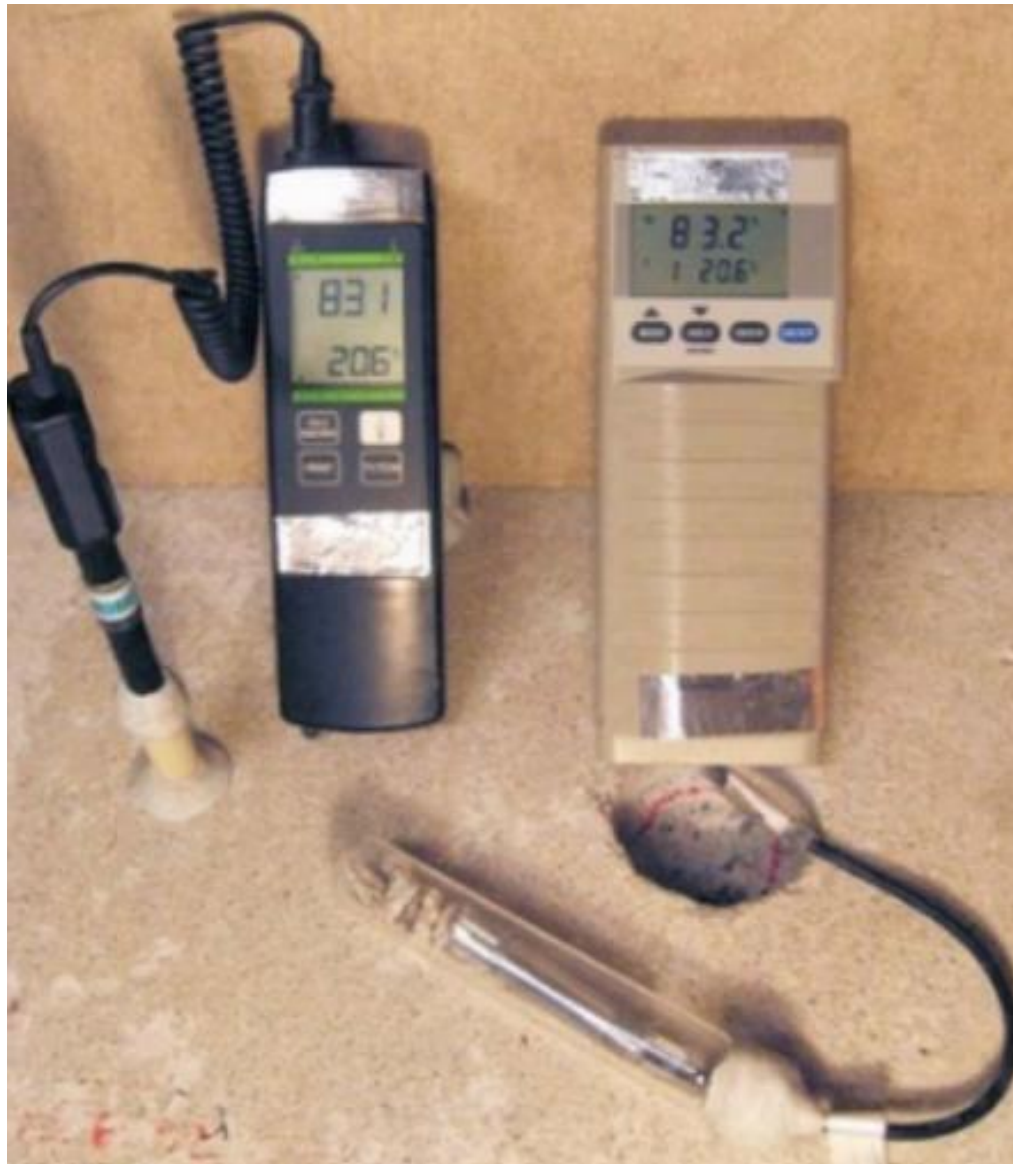


Kuivatusaikaan vaikuttavat:

- Korkealujuuksisilla betonilaaduilla kuivumisnopeus jopa kaksinkertainen tavalliseen betoniin verrattuna.
- Yhteen suuntaan kuivuva rakenne kuivuu 2-3-kertaa hitaammin kuin kahteen suuntaan kuivuva.
- Betonin lämpötilan nosto 10 asteella yleensä puolittaa kuivumisajan.
- Ilman suhteellisen kosteuden (RH) lasku 60 %:sta 50 %:iin nopeuttaa kuivumisaikaa noin 20 %.
- Alle 50 % RH ei oleellisesti nopeuta kuivumista, mutta yli 60 % kosteus hidastaa sitä merkittävästi.
- Betonin uudelleen kastuminen kuivumisjakson aikana lisää kuivumisaikaa 1,4–2-kertaiseksi.
- Rakenteen suhteellisen kosteuden tavoitetaso vaihtelee pinnoitusmateriaalin mukaan ja vaikuttaa kuivatusaikaan.



Rakennusaikainen kosteudenhallinta



Rakennusaikainen kosteudenhallinta

SisäRYL 2013

Taulukko 1041:T4. Betonialustan suhteellisen kosteuden (RH %) enimmäisarvot (Lähde: Betonirakenteiden päällystämisen ohjeet)

Päällystemateriaali	Betonin RH (%) arviointisyvyydellä (A)	Betonin ja/tai tasoitteen RH (%) pinnassa ja 1...3 cm:n syvyydellä (0,4 x A)
Muovimatot	85	
Linoleumi	85	
Kumimatot	85	
Korkkilaatat	85	75
Tekstiilimatot, jossa tiivis alusta (vinyyli, kumi, kumilateksisively)	85	
Luonnonmateriaalista tehdyt tekstiilimatot	85	
Flokutatut matot ja laatat	85	
Täyssynteettiset tekstiilimatot ilman alusrakennetta	90	75
Muovi-, kumi- ja linoleumilaatat	90	

Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Työmaan ilmanvaihto

- Kynnysraot ja pienet talotekniikan läpimenot sopivat hyvin työmaan ilmanvaihtoon.
- Työmaan ilmankosteutta mitataan.
- Tuuletusikkunoilla säädetään sopiva ilman kosteus.
- Parvekeovia aukomalla hukataan energiaa turhaan.



Aukko Ø160 mm
40-100 m³/h



Kynnys rako 5 cm
70-200 m³/h



Tuuletusikkuna
0-2000 m³/h



Oviaukko
0-10000 m³/h



Rakennusaikainen kosteudenhallinta

Kuivata
tuulettamalla



Talvella rakenteet kuivuvat tuulettamalla:

- ulkoilma on hyvin kuivaa, kun lämpötila laskee pakkasen puolelle
- tuulettamalla sisään saadaan kuivaa raitista ulkoilmaa ja ulos johdetaan kosteaa ilmaa.



Kuivaketju10

Mikä on Kuivaketju10

- Kuivaketju10 on rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli, jolla vähennetään kosteusvaurioiden riskiä rakennuksen koko elinkaaren ajan.
- Kosteusriskien hallinta perustuu ketjuun, jossa riskit torjutaan rakennusprosessin kaikissa vaiheissa ja torjunnan onnistuminen todennetaan luotettavalla tavalla.
- Toimintamalli sisältää Kuivaketju10-riskilistan ja -todentamisohteen, joissa on esitetty kymmenen keskeisintä kosteusriskiä.
- Näiden kosteusriskien hallinnalla vältetään yli 80 prosenttia kosteusvaurioiden seurannaiskustannuksista



Kuivaketju10-riskilista

Riittämätön kokonaisaikataulu vaikeuttaa merkittävästi Kuivaketju10:n onnistumista.

- 1.** Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita.
- 2.** Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle.
- 3.** Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan.
- 4.** Kosteutta siirtyy ilmansulkerakenteiden vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi.
- 5.** Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin.
- 6.** Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja.
- 7.** Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet.
- 8.** Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen.
- 9.** Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen.
- 10.** Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti.

Kuivaketju10

Tilaaminen

Kuivaketju10:n käyttäminen alkaa aina tilaajan päätöksestä toteuttaa hanke toimintamallin periaatteiden mukaisesti. Päätöksen jälkeen tilaajan ensimmäinen tehtävä on kiinnittää hankkeeseen mukaan pätevä kosteuskoordinaattori, joka koordinoi tilaajan valtuutuksella Kuivaketju10:n toteuttamista koko rakennushankkeen ajan.

Vaativuudeltaan tavanomaisissa hankkeissa tilaaja voi itse toimia koordinaattorina suunnittelutyön alkamiseen asti. Tilaajan tulee sopia suunnittelijoiden ja urakoitsijoiden kanssa jo tarjouspyyntövaiheessa käytettävästä toimintamallista. Kuivaketju10:n käyttö tulee kirjata pakollisena vaatimuksena myös lopullisiin suunnittelu- ja urakkasopimuksiin.



KIITOS

Mika Korpi

5.4.2022

The logo for Vahanen consists of the word "VAHANEN" in a bold, sans-serif font. The letters are colored in a gradient of teal and blue, with the 'V' and 'N' being a darker blue and the other letters being a lighter teal.

Vahanen Rakennusfysiikka Oy