

# Sisäilman laatu ja mittaukset

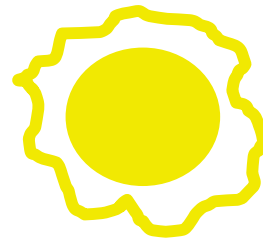
Lapuan Kulttuurikeskus  
Vanha Paukku  
Jorma Tuomisto 29.1.2013

Seinäjoen ammattikorkeakoulu  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

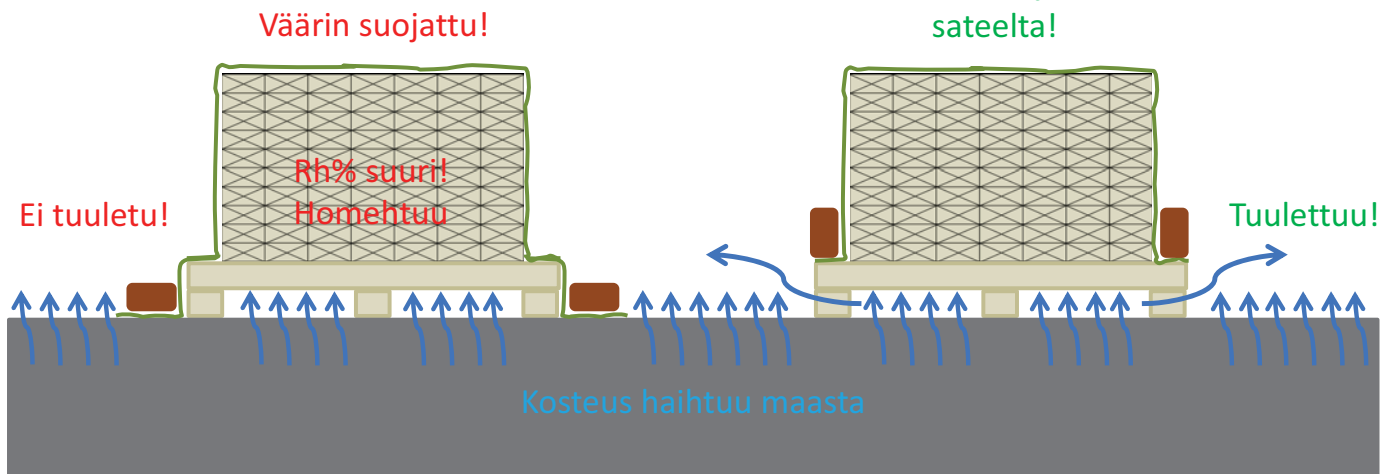


## Älä kannata hometta sisään rakennukseen!

- Rakennuspuutavaran homehtumisriski on kesähelteillä suuri, jos maasta haihtuva kosteus ei pääse tuulettumaan vaan kostuttaa puutavaran.

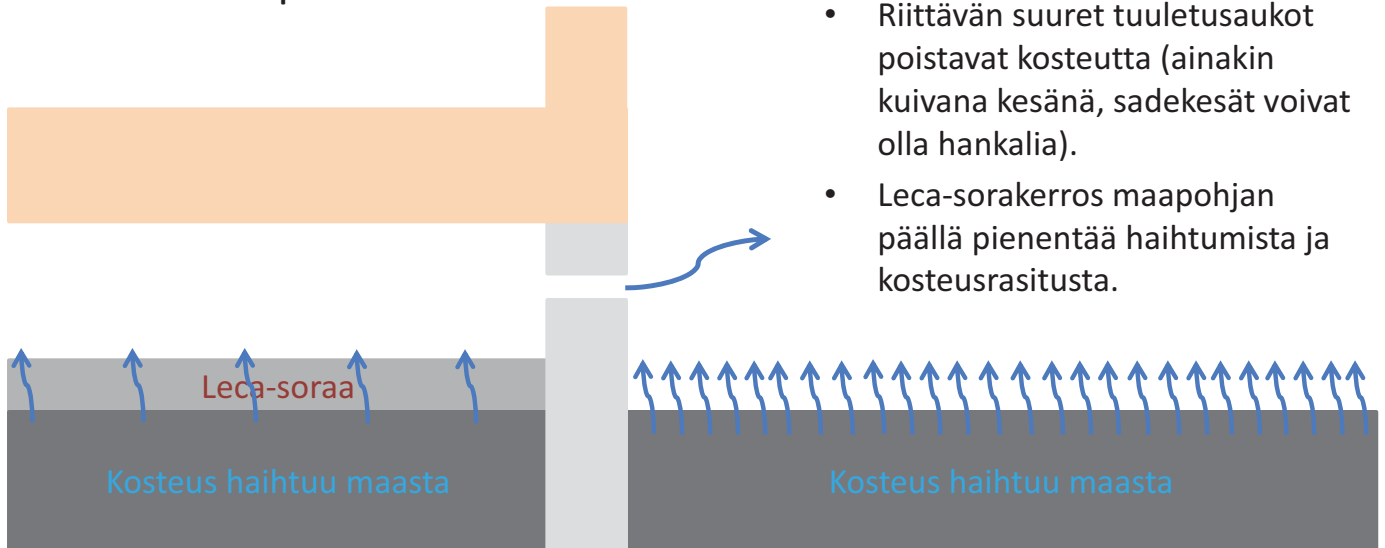
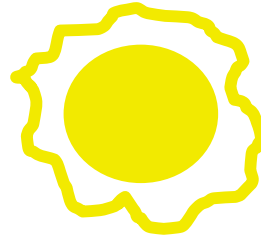


Oikein suojattu  
sateelta!



# Rossipohjassakin voi olla ongelmia!

- Rossipohjan homehtumisriski on kesähelteillä suuri, jos maasta haihtuva kosteus ei pääse tuulettumaan vaan kostuttaa puutavaran.



- Riittävän suuret tuuletusaukot poistavat kosteutta (ainakin kuivana kesänä, sadekesät voivat olla hankalia).
- Leca-sorakerros maapohjan päällä pienentää haihtumista ja kosteusrasitusta.

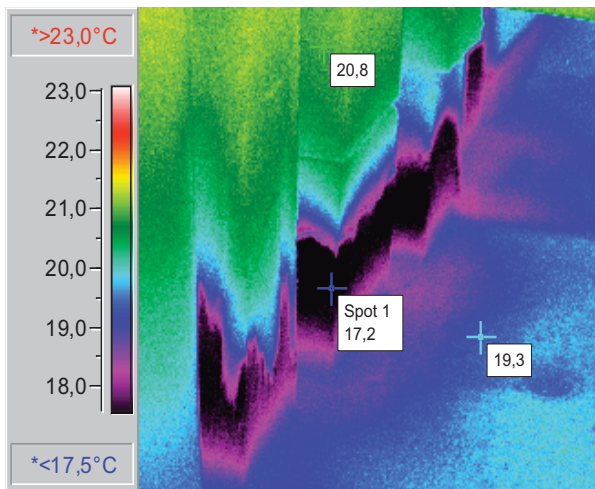
## Kapillaarinen vedennousu maaperästä

- Hienoa raekokoa olevat maalajit (savi, hieta, fillerihiekka) tai paljon hienoainesta sisältävät sorat nostavat kapillaarisesti vettä maaperästä rakenteisiin => hometta.
- Riittävän paksu kerros kapillaarikatkona toimivaa soraa (tietty rakeisuus, hienoaines seulottu tai pesty pois) estää tämän.



Kuva: Jorma Tuomisto

# Kosteusvaurioiden paikantaminen



- Märkä rakenne haihduttaa kosteutta lämpimään tilaan. Haihtuminen kuluttaa energiaa ja pudottaa pintalämpötilaa
- Tiivis maalipinta voi kuitenkin estää haihtumisen.

## Täytesorakerroksen paksuuden mittaus

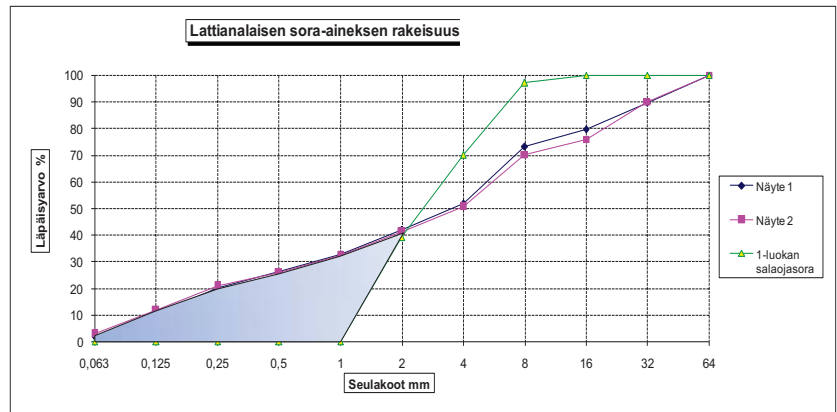


- Täytesorakerroksen paksuus voidaan yksinkertaisesti mitata poraamalla reikä lattian läpi ja juntaamalla harjateräs maapohjaan.
- Kun harjateräs ylittää maakerrokseen asti maa tarttuu terästen harjoihin ylös vetäessä ja paksuudet on näin helppo mitata.
- Usein reiän voi tehdä vaikka kynnykslistan alle, jolloin varsinaiseen lattiaan ei tule reikää lainkaan.

# Ongelmia täytesoran rakeisuudessa

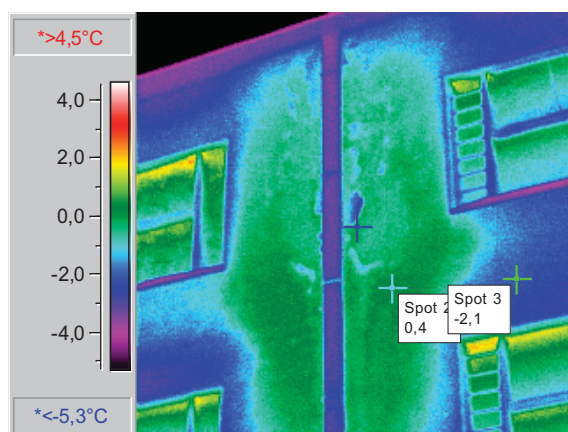


Kuvat Jorma Tuomisto



- Lattian alainen täytesora saattaa olla liian hienojakoista, jolloin se nostaa kapillaarisesti kosteutta maaperästä.
- Soranäytteen otolla, sen seulonnalla ja kapillaarisen nousukorkeuden määrittämisellä vika selviää.

# Kastuneet julkisivurakenteet



- Vuotavat syöksytorvet ja kastunut seinä näkyvät selkeästi lämpökuvassa. Yleensä nämä vauriot näkyvät myös paljaalla silmällä.

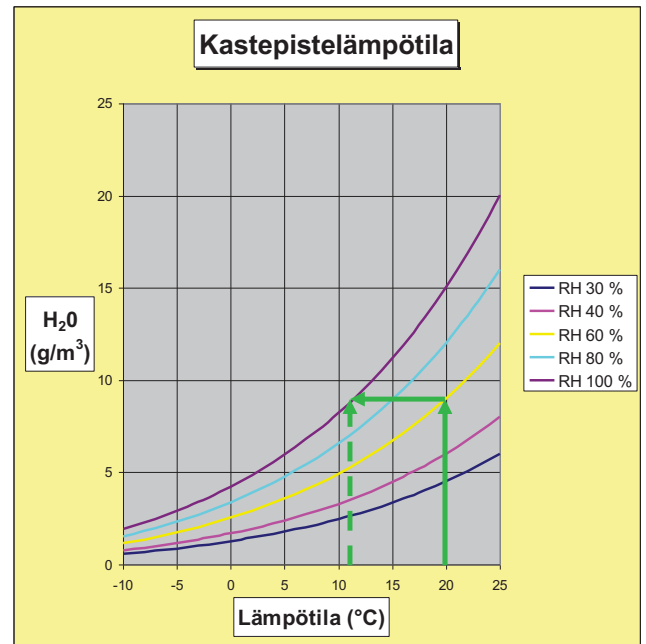


# Ilman suhteellinen kosteus

Ilmassa voi olla eri lämpötiloissa korkeintaan tietty määrä kosteutta. Mitä pienempi lämpötila, sitä vähemmän vesigrammoja ilma voi sisältää.

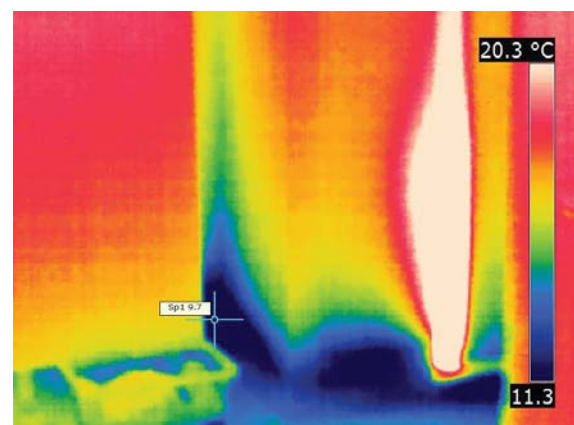
Jos 20 °C ilma, jonka suhteellinen kosteus on 60 %, jäähtyy 8 °C, niin suhteellinen kosteus kasvaa 100 %:in ja syntyy kastepiste eli kosteutta tiivistyy rakenteiden pinoille tai eristetyn rakenteen sisään.

Ilmanvaihdon avulla voidaan liika kosteus poistaa ja välttää kastuminen.



## Kastepiste rakenteen pinnalla -> kesällä hometta

- Ohessa valokuva paikalla rakennetun kylmiön seinästä.
- Seinälamelli alapäästä kylmä (pintalämpötila min 9.7 °C), mahdollisesti lamelli kostunut sisältä, ei eristä enää kunnolla.
- Pintaan syntyy kastepiste kesällä, kun huoneilman RH% korkea -> homekasvua.

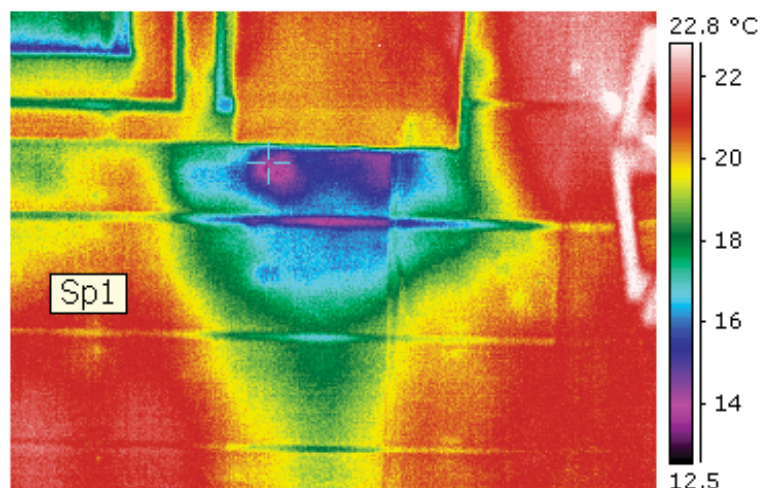


# Rintamamiestalot eivät kestä nykyistä vedenkäyttöämme

Painovoimaisella ilmanvaihdolla toimivia puutaloja tehtiin ennen ja ne toimivat moitteettomasti. Nykyisin niissä on kuitenkin ongelmia. MIKSI?

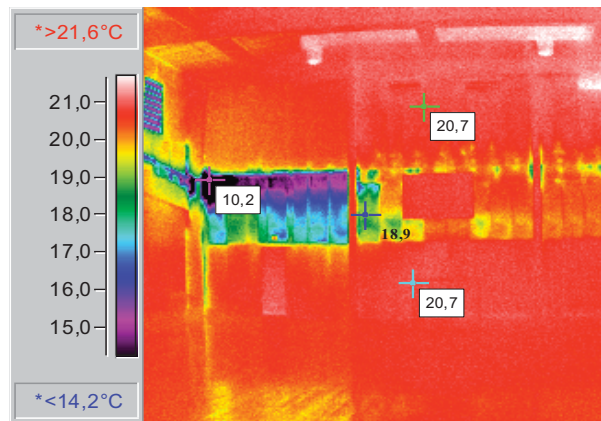
- Alkuperäiset rintamamiestalot olivat lähes kuivia: ei vesijohtoja, ei kylpyhuoneita, ei suihkua, ei vesivessoja, ei pyykin- tai astianpesukonetta eikä saunaa.
- Peseytyminen ja pyykki pihasaunassa, vesi kannettiin kaivosta, perheen tarve muutama ämpärillinen vettä lähinnä ruoanlaittoon puuliedellä.
- Tiilestä muurattu savupiippu keskellä taloa oli lämmin ympäri vuoden.
- Ilma vaihtui piipun kautta ja vei vähäiset höyryt pois.
- Nykyisin käytetään vettä monikymmenkertainen määrä, 100-300 litraa /päivä/henkilö. Erään arvion mukaan tästä haihtuu sisäilmaan nelihenkiessä perheessä yhteensä noin 14 litraa vuorokaudessa.
- Ellei sitä saada vesihöyrynä ulos, talo kastuu, homehtuu ja lahoaa. Vanha painovoimainen ilmanvaihto ei ole tähän riittävä.
- Nykyaikainen koneellinen ilmanvaihto palauttaa poistoilman energiasta 70-80 % takaisin eli kierrättää lämpöä.
- Samalla poistetaan suuri määrä pienhiukkasia sisään otetusta ilmasta.

## Puhallusvilla laskeutunut



- Oheisena rakenteena
  - hirsi
  - puhallusvilla+pystyrunko
  - hirsipaneeli
- Puhallusvilla oli joko laskeutunut tai ei ollut alun perinkään täyttänyt tilaansa

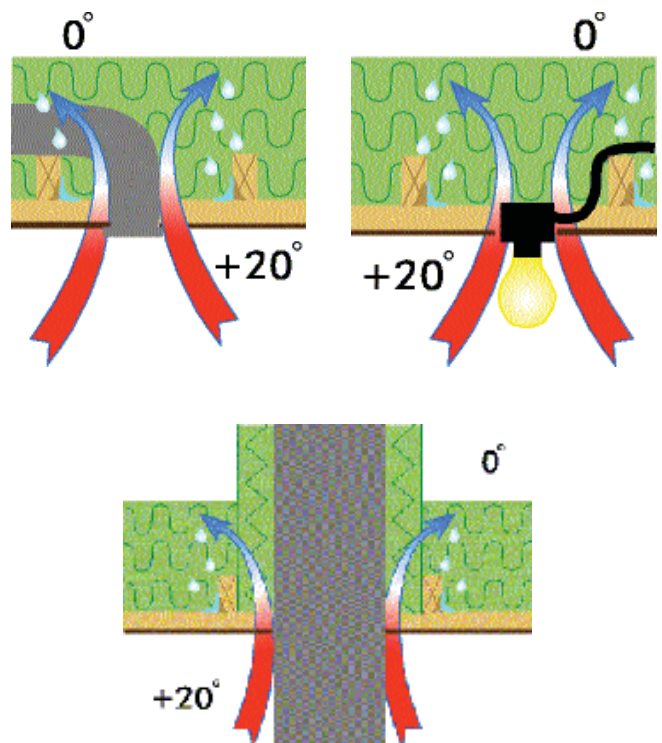
# Ilmavuotojen paikallistaminen



- Kuvassa koulun voimistelusalin, jonka takaosassa toisessa kerroksessa IV-konehuone.
- IV-konehuoneessa vaikuttava kova alipaine hakee korvausilman väliseinän ja vasemmalla olevan ulkoseinän kautta.
- Kylmä ilmavirta jäädyttää seinän noin 10 °C lämpötilaan.

## Höyrynsulun heikot kohdat

- Höyrynsulun heikot kohdat asettuvat tavallisesti erilaisien läpiviientien yhteyteen, kuten ilmastointiasennusten, sähköasennusten ja savuhormien läpiviennit.
- Näiden **vuotokohtien kautta** voi **rakenteisiin** siirtyä ilman sisältämän kosteuden myötä **suuriakin vesimääriä**, jotka aiheuttavat mikrobi- ja homevaurioita.
- Myös **kaksinkertaiset höyrynsulut** aiheuttavat kosteusongelman sulkujen väliin.



# Puutteellisen höyrynsulun aiheuttama vuoto

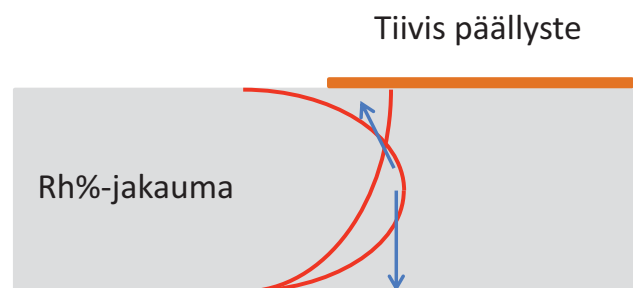
- Nämä vuodot sekoitetaan usein katon vuotoihin, vaikka kyse on tiivistyvän höyryn aiheuttamasta kosteudesta.
- Kosteus aiheuttaa homeetta ja jos rakennuksessa on alipainetta, home voi levitä koko rakennukseen.



Kuva Jorma Tuomisto

## Betonirakenteen kuivuminen

- Betonin kuivuminen riippuu ympäristöolosuhteista ja betonin laadusta.
- Valu voi olla pinnalta kuiva, mutta ytimestä märkä -> tiiviin päällysteen alla kosteus alkaa kohota -> homehtumisvaara.

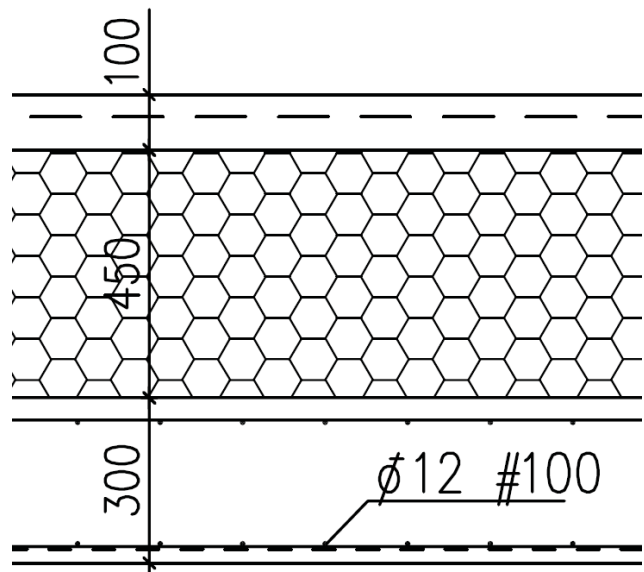


Luotettava kosteusmittaus tehdään porareistä tietyltä syvyydeltä. Mittausprosessi on monimutkainen ja vaatii yleensä vähintään 3 vrk ja se edellyttää hyvää perehtyneisyyttä asiaan (mieluiten mittaajakurssi).



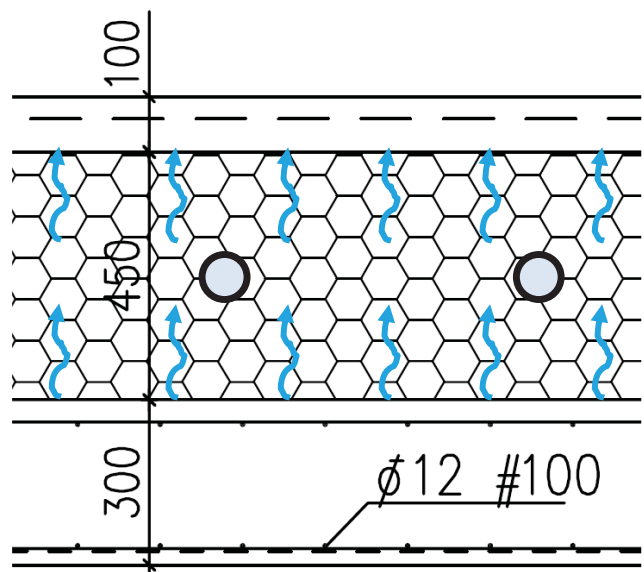
# Yhdistelmä rakenteet voivat tuoda yllätyksiä betonin kuivumiseen

- Esimerkkinä uusi koulurakennustyömaa
- Kellarissa väestönsuoja ja siis 300 mm betonivalu
- Yläpuolella 450 mm lecasoraa
- Päällimmäisenä 100 mm betonilattia luokkatilassa.
- Milloin lattiaan voi liimata tiiviin muovimaton?



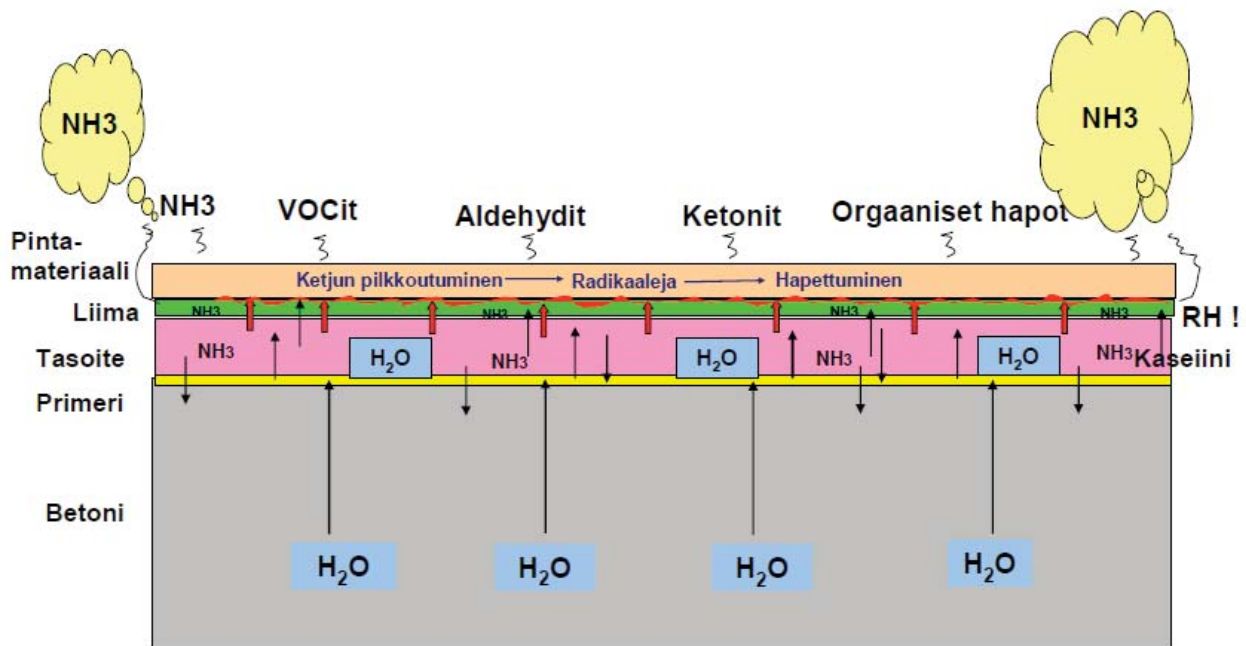
## Kuivumisongelma

- Paksu väestönsuojan valu kestää kuivua jopa vuosia. Samalla se luovuttaa kosteutta Leca-soralle, joka puolestaan pitää pintalattian märkänä paljon pidempään kuin lattia muualla rakennuksessa.
- Kosteutta pitää seurata mittauksin (RH%<85 ennen muovimaton liimausta)



- Radon-putkituksen kaltaisen alipaineistetun kuivauksen avulla saadaan kuivuminen nopeutetuksi ja turvatuksi.

# Kosteus pintalattian alla -> Kemiallisia muutoksia -> Emissioita

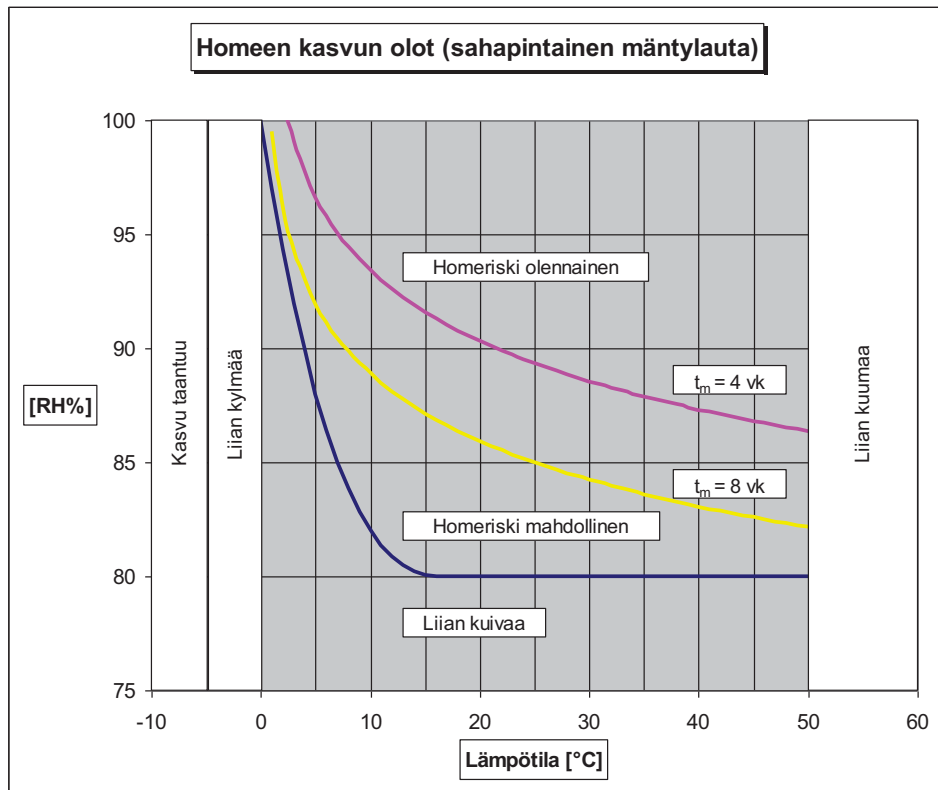


Kuva: Helena Järnström, VTT

## Esimerkkejä emissio-ongelmista

- TXIB –viskositeetin muuntoaineen emissiot muovimatoista, liimoista ja maaleista (Texanol).
- 2-Etyylihexanoli, jota käytetään lisäaineena mm. liimoissa ja PVC-tuotteissa. Sitä syntyy myös kosteuden vaikutuksesta lattianpäällystesseemissä.
- Lisäksi kosteuden aiheuttamat vauriot tuottavat emissiona 2-Etyylihexanolia, kun PVC hajoaa.
- Nämä ovat tyypillisiä 1980-90 –lukujen taloissa.

# Homeen ilmaantuminen mäntylaudassa – Lämpö, kosteus ja aika keskeisiä



Laskentamalli: Hannu Viitanen, VTT

## Silmin nähtävä home



Kuva Jorma Tuomisto

- Jos homekasvusto on silmin nähtävissä, ei tarkempia mittauksia enää tarvita. Näkyvä home tulkitaan aina terveyshaitaksi.
- Kastumisen syyt on selvitettävä ja poistettava.
- Pelkkä näkyvän homeen poistaminen tai peittäminen ei riitä.
- Hometta ei useinkaan saa kunnolla pois desinfiointiaineilla ja ne ovat itsessään usein tosi vaarallisia myrkkijä.

# Rakenteiden suojaus

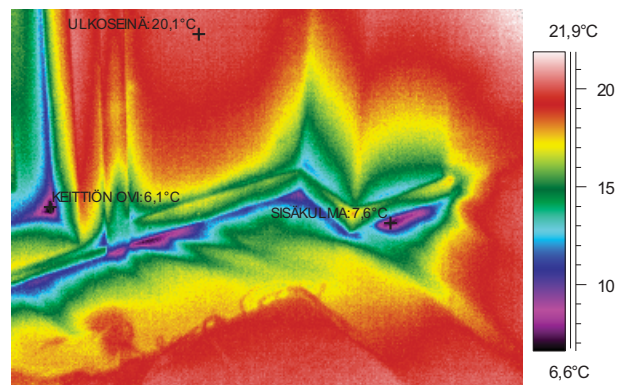


Kuvat Jorma Tuomisto

Rakenteet on ja materiaalit on syytä suojata huolellisesti vesi- ja lumisateilta. Kaikki ylimääräinen vesi edellyttää myöhempää kuivausta ja energiankulutusta sekä sisältää riskin rakenteiden homehtumisesta.

## Ilmanvaihto tasapainoon!

- Jos rakennetaan tai lisätään ainoastaan koneellinen poistoilma, niin kiinteistöön syntyy alipaine, joka vetää korvausilmaa sieltä, missä rakenteissa suinkin vain on epätiiviyiskohtia.
- Usein se tapahtuu alapohjan läpi tai seinän ja lattian rajakohdasta.



Kuvat Jorma Tuomisto



# Alapohjan alla ei saa olla jätteitä!

- Jos huoneistossa on alipaine, niin se imee huoneistoon epäpuhtauksia alapohjan kautta



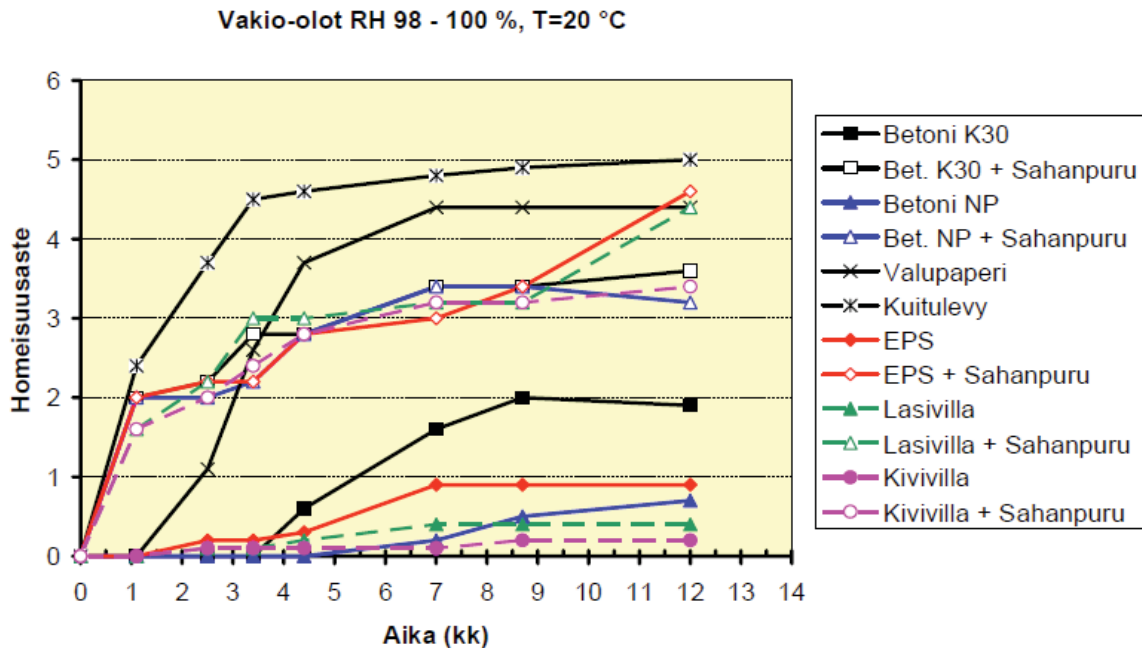
- Taannoin on ollut yleistä jättää sokkelin sisäpuolinen betoni-laudoitus purkamatta – poissa silmistä, poissa mielestä!
- Pitkällä aikavälillä se kuitenkin lahoaa ja on melkoinen homepommi!
- Sama koskee kaikkea orgaanis-peräistä rakennusjätettä.

Joskus on käytetty seinän alapäässä vasten kivijalkaa kreo-soottikyllästettyä puuta, joka on aiheuttanut sisäilmaongelman ja jopa syöpävaaran.

## Mistähän home tulee huoneistoon?



# Rakennustyömaan puhtaus on tärkeä!



VTT:n tutkimuksia, Hannu Viitanen, 2004

## Vapaaehtoinen sisäilmastoluokitus 2008

### S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät eikä vetoa tai yllilämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

### S2: Hyvä sisäilmasto

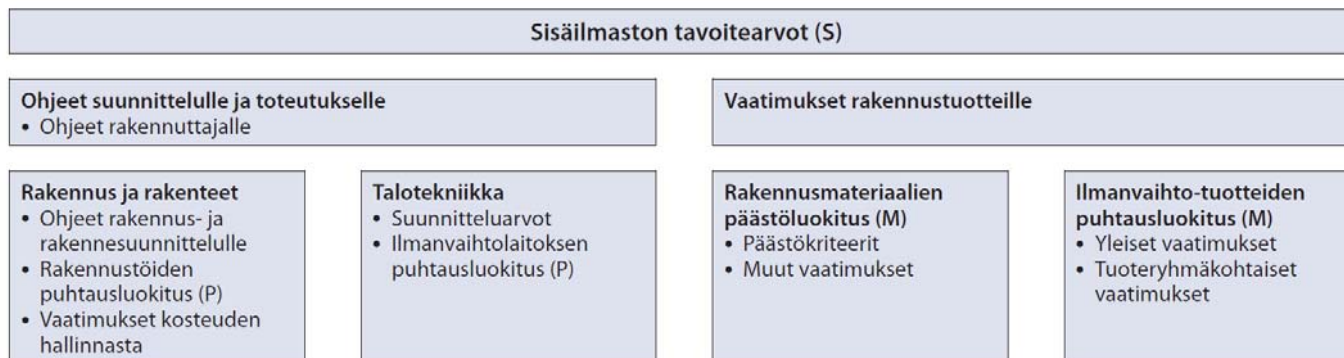
Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllilämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

### S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.

Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuoluokista. Tarvittaessa jonkin suuren arvo voidaan määrittellä tapauskohtaisesti.

# Luokituksen rakennetta



Lähde: LVI 05-10440 RT 07-10946 KH 27-00422 Ratu 437-T

- Rakennustöiden ja ilmanvaihtolaitoksen puhtausluokitus (P)
- Rakennusmateriaalien ja ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitus (M)
- Kosteudenhallintasuunnitelma

## Rakennusmateriaalien päästövaatimukset M1-luokassa

*Taulukko 3.1.1. Luokan M1 vaatimukset.*

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio (TVOC) on alle 0,2 mg/m<sup>2</sup>h. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin (H<sub>2</sub>CO) emissio on alle 0,05 mg/m<sup>2</sup>h.
- Ammoniakin (NH<sub>3</sub>) emissio on alle 0,03 mg/m<sup>2</sup>h.
- IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden (WHO 1987) emissio on alle 0,005 mg/m<sup>2</sup>h (ei koske formaldehydiä, sen kriteeri on annettu edellä).
- Materiaali ei haise, hajun hyväksyttävyyys kouluttamattomalla paneelilla arvioituna on >0,1.
- Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät saa sisältää kaseiinia.

Lähde: LVI 05-10440 RT 07-10946 KH 27-00422 Ratu 437-T

# Puhallinkuivaus

- Puhallinkuivauksessakin laitteistot ovat kehittyneet:
  - Ylemmässä kuvassa vanhan mallisen puhaltimen lämmin puhallusilma kulkee kaukana lattiapinnasta, jolloin lattian kuivaus puhaltimella on tehotonta.
  - Alemmassa kuvassa on uudempi puhallintyyppi, joka puhaltaa lämpimän ilman pitkin lattiapintaa, ja lattian kuivatus on tehokasta.



Kuva Jorma Tuomisto

# Imukuivaus

- Vettynyttä betonilattiaa kuivataan usein tehokkaasti niin, että **lattiaan porataan** noin metrin silmävälein **reikiä**, joihin kiinnitetään **alipainelietkuja** imemään **ylimääräistä kosteutta rakenteesta**.
- Porausreikiä voidaan käyttää muidenkin kuivausmenetelmien kanssa yhdessä. Lopuksi ne valetaan uudelleen umpeen.

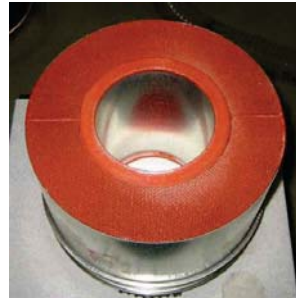


Kuva Jorma Tuomisto



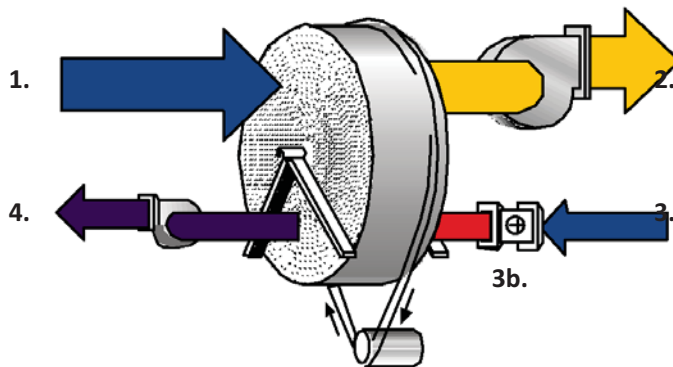
# Sorptiokuivaimen periaate 1

- Sorptiokuivaimen ytimenä on **pyörivä kuivauskenno**, jolla on tietyillä kemikaaleilla päällystetty aaltopahvia muistuttava rakenne.
- Kennon pyöriessä toista reunaa kuumennetaan puhaltamalla jolloin se sitoo kosteutta ja toista reunaa jäähdytetään, jolloin se luovuttaa tiivistynyttä vettä.



Lähde: Munters Oy

# Sorptiokuivaimen periaate 2



1. Kuivattava ilma  
4. Märkä reg. ilma

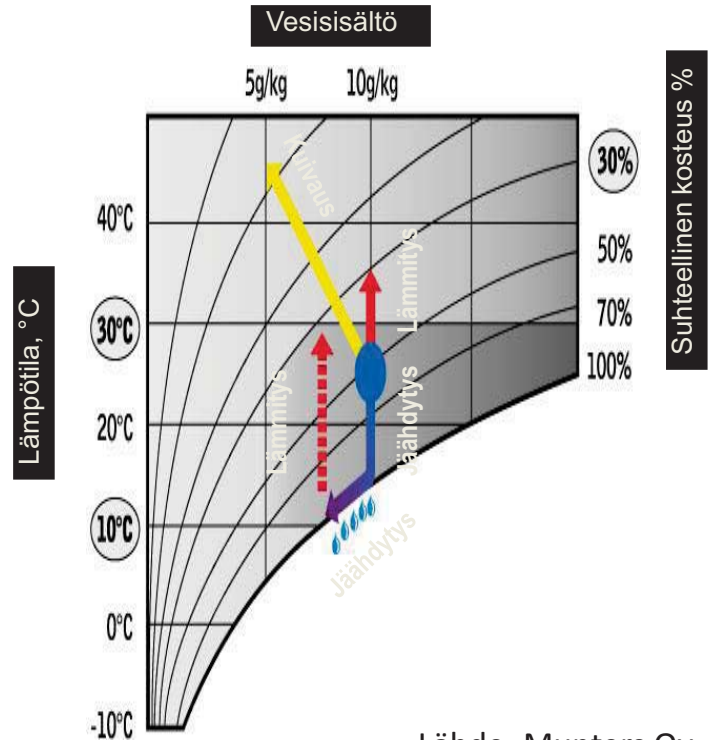
3b. Lämmitys

2. Kuiva ilma  
3. Regenerointi ilma

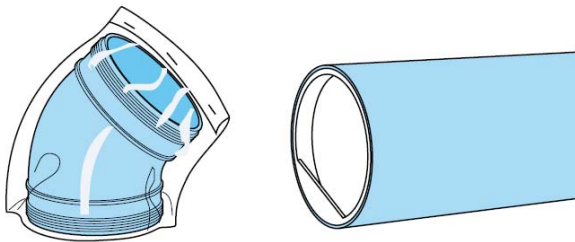
Lähde: Munters Oy

# Kuivaus, lämmitys ja jäähdytys IX-diagrammissa

- LVI-tekniikan suunnittelijat ja kuivaustekniikan ammattilaiset käyttävät ilman vesisisällön määrittämisessä ns. IX-diagrammia.
- Tehokkaiden kuivausmenetelmien käyttö edellyttää hyvää ammattitaitoa. Tällöin vältetään mm. ylikuivaus, jonka seurauksena puurakenteet halkeilisivat haitallisesti.



## Ilmastointiputkien toimitukset tulpattuna



1. Kanaviston puhtaus on tärkeää. Säilytä putket tulpattuina ja osat pusseissaan asennushetkeen asti. Sulje jo asennetut kanavat tulpilla odottamaan venttiilien asentamista.



Kuva Jorma Tuomisto

- Asennettavien osien suojaus työmaalla estää työmaapölyjen, siitepölyjen ja pieneläinten likaavan vaikutuksen.
- Nykyisin tehtaat käyttävät teräsosien korroosionestorasvoja paljon harkitummin kuin ennen.
- Myös liitosten teossa käytetyt liukuvoitelut voivat tuottaa sisäilmaongelmia.

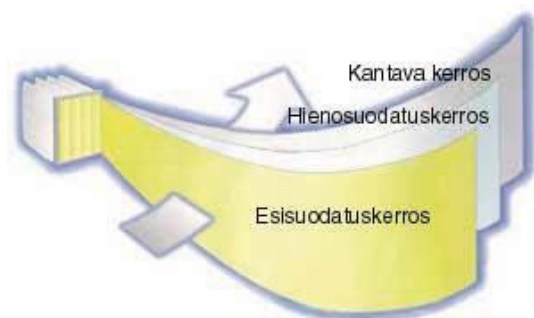
# Vaatimukset ilmansuodattimille

- Vaatimukset koskevat suodattimia, jotka on tarkoitettu käytettäväksi lähinnä julkisissa rakennuksissa tai liike-, toimisto- ja asuinrakennuksissa tuloilmasuodattimina.
- Luokiteltavien suodattimien tulee täyttää tyyppihyväksyntävaatimukset.
- Suodattimille tehdään **aistinvaraiset testit** ja **kuitujen irtoamistesti** sekä tutkitaan **biosidit** ja **torjunta-aineet**, **ilmansuodattimen suoritusarvot** ja **suodattimen vaihto- tai puhdistustarve**.
- Suodattimien luokitus on muista ilmanvaihtotuotteista poiketen kaksijakoinen.
- **Kaikki luokitellut suodattimet kuuluvat M1-puhtausluokkaan**, mutta tämän **lisäksi** ne on jaoteltu **eri luokkiin niiden hiukkaserotusasteen perusteella**, esim. F7 + M1.



## Ilmansuodattimien ominaisuudet

- Ilmansuodatinten oleellisia ominaisuuksia ovat:
  - hiukkasten erotusaste (% taulukko)
  - taskun syvyys
  - nimellisvirtaama ( $m^3/s$ )
  - alkupainehäviö (Pa)
  - pölynsitomiskyky (g)
  - pinta-ala ( $m^2$ )
  - puhdistustapa

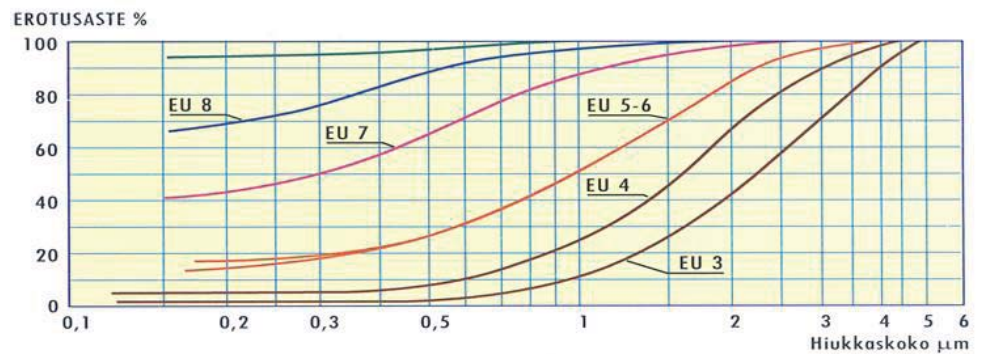
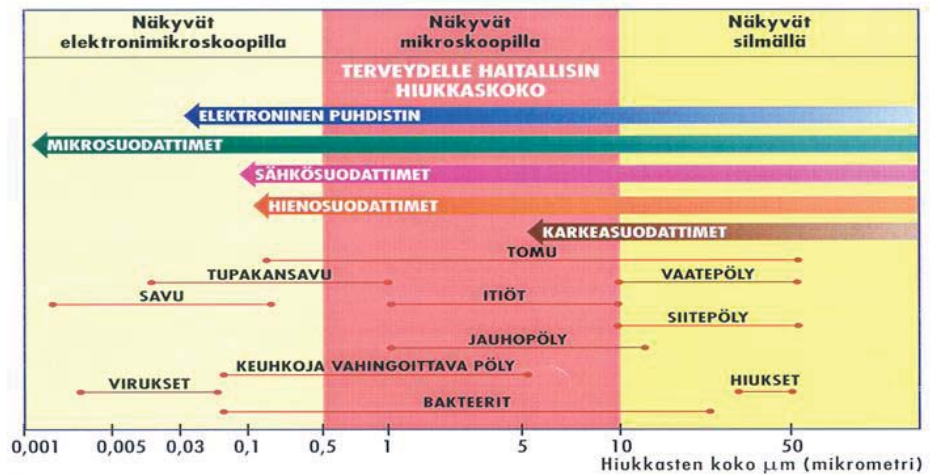


Suodatinluokka	Hiukkasten erotusaste
EU5 / F5	95 %
EU6 / F6	96 %
EU7 / F7	98,5 %
EU8 / F8	99 %

# ULKOILMAN SUODATUS

Tulo-poisto ilmanvaihdossa valtaosa tuloilmasta tulee suodattimien kautta

Hiukkaskoot, suodatinluokat ja suodatuskyky



## Ilmansuodatusvaatimukset sisäilmaluokittain

Taulukko 2.4.5. Tuloilman suodatus ja ilmanvaihdon puhtausluokka.

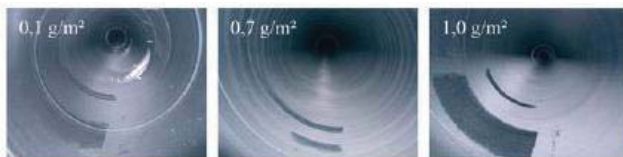
Suure	S1	S2	S3
Suodatusluokka	F8*	F7*	F6*
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokka	P1	P1	P2

\* Vilkkaiden liikenneväylien ja muiden hiukkaslähteiden läheisyydessä (<150 m) tulee S1- ja S2-luokissa käyttää yhtä luokkaa tehokkaampaa tuloilman suodatusta.

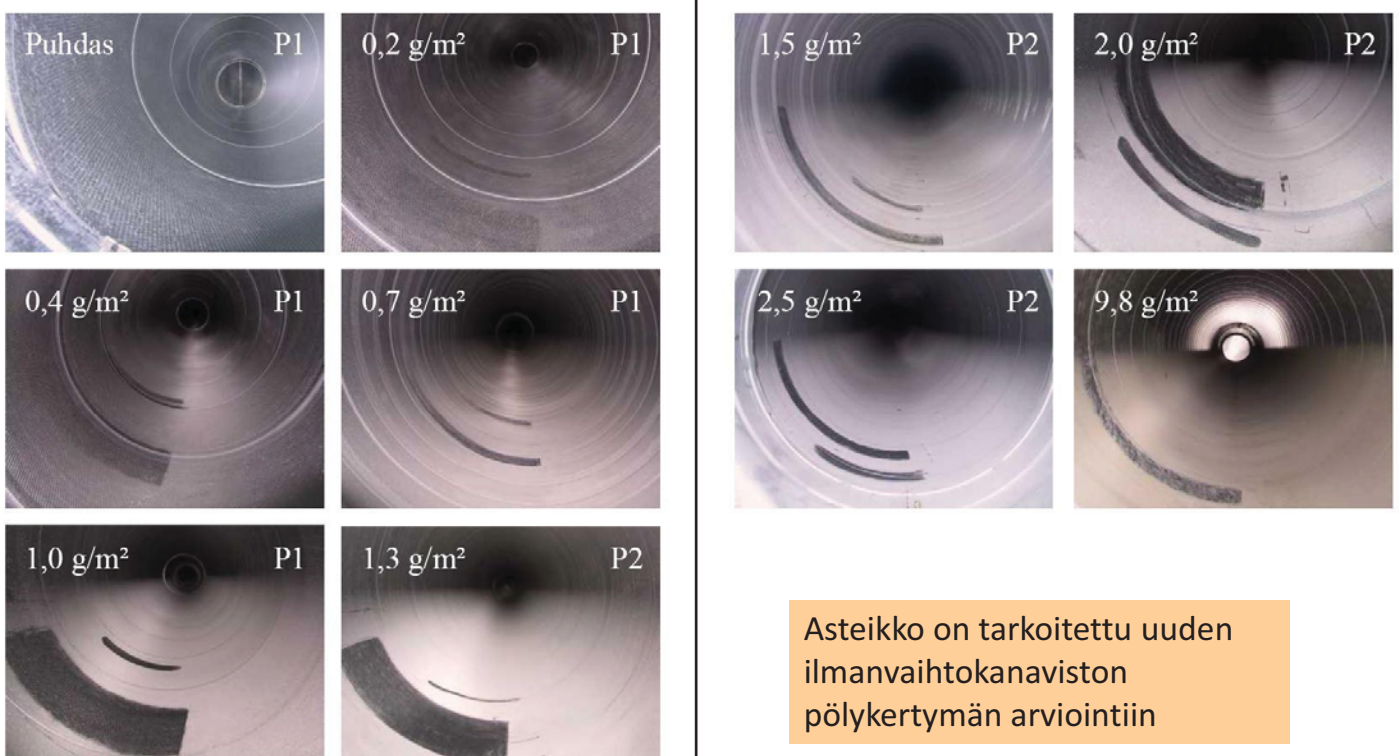


# Vaatimukset kanaville ja niiden osille

- Vaatimukset koskevat tavanomaisella tekniikalla valmistettuja peltikanavia ja niiden osia sekä muista materiaaleista valmistettuja kanavaosia.
- Peltikanavilla vaatimuksia on asetettu pölykertymälle, öljyisyydelle ja hajutuotolle.
- Muista materiaaleista valmistetuille osille on lisäksi vaatimuksia kemiallisille emissioille ja ilmavirtaan irtoaville mineraalikuiduille.

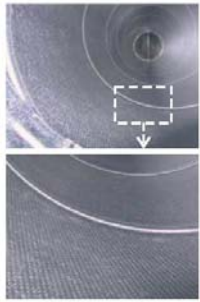


## Visuaalinen puhtausasteikko

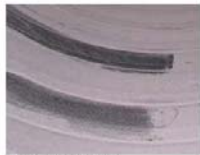


Asteikko on tarkoitettu uuden ilmanvaihtokanaviston pölykertymän arviointiin

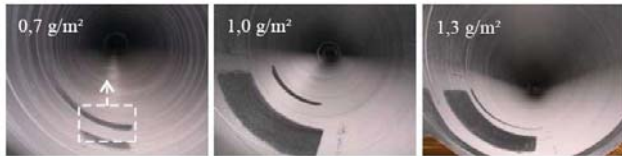
# Tarkastusohjeet



Kuva 2.1 Puhtaassa kanavassa kierresaumat erottuvat kirkkaina ja kanavan pohjan peltipinnan rosoisuus erottuu selvästi.



Suurennos (kuva 2.2) Polyisessä kanavassa pohjan peltipinnan rosoisuus ei enää erotu.



Kuva 2.2 Polyyraja (klo 3 - klo 9) alkaa erottua polymäärän lähestyessä  $1,0 \text{ g/m}^2$  (vertaa kuvat 2.2 ja 2.3). Polyrajan "terävyys" korostuu yli  $1,0 \text{ g/m}^2$ :n polykertymillä (Kuva 2.4).

## TARKASTUKSEN YKSITYISKOHDAT

### 1. Yleisvaikutelma

- Jos kanavan yleisvaikutelma on kultava ja kanavan alupuolinen osa hohtaa metallisesti, kanavan pölymäärä on alle  $0,4 \text{ g/m}^2$
- Jos yleisvaikutelma on harmaa, tarkastellaan sormipyyhkäisyä

### 2. Sormipyyhkäisy

- Jos pölyä ei jää kasautua kanavan pohjalle, kanavan pölymäärä on alle  $0,7 \text{ g/m}^2$
- Jos pölyä kasautuu kanavan pohjalle, tarkastellaan pohjan erottuvuutta

### 3. Kanavan pohjan erottuvuus

- Jos peltipinnan rosoisuus erottuu selvästi kello 6:n kohdalla (kuva 2.1), kanavan pölymäärä on alle  $0,4 \text{ g/m}^2$
- Jos rosoisuus ei erotu selvästi (Suurennos kuva 2.2), tarkastellaan, kierresaumojä

### 4. Kierresaumojen erottuvuus

- Jos kierresaumat erottuvat kirkkaina (kuva 2.1), kanavan pölymäärä on alle  $0,7 \text{ g/m}^2$
- Jos saumat erottuvat tummina tai ne näyttävät hukuttavan pölyyn, tarkastellaan polyrajan erottuvuutta

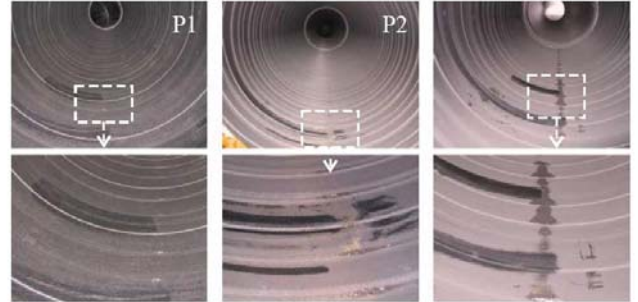
### 5. Polyrajan erottuvuus

- Jos kanavassa ei näy selkeää polyrajaa kello 3:n ja kello 9:n kohdalla, kanavan pölymäärä on alle  $0,8 \text{ g/m}^2$  (ks. kuva 2.2)
- Jos polyraja erottuu selvästi, verrataan sitä kuviin 2.3 ja 2.4

Kuva 2.3 Jos polyraja voidaan havaita, mutta se ei eronu terävästi, kanavan pölymäärä on  $1,0 \text{ g/m}^2$

Kuva 2.4 Jos terävä polyraja voidaan havaita, kanavan pölymäärä on yli  $1,0 \text{ g/m}^2$

## METALLIJAUHE

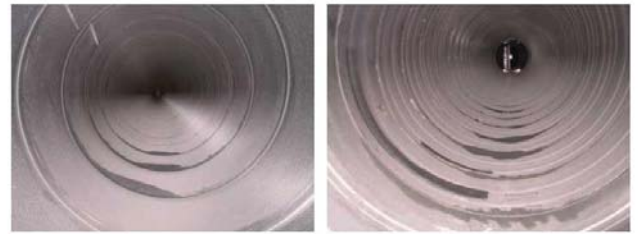


Kuva 3.1 Kanava, joka sisältää metallijauhetta alle  $1,0 \text{ g/m}^2$ .

Kuva 3.2 Kanava, joka sisältää metallijauhetta alle  $2,5 \text{ g/m}^2$ .

Kuva 3.3 Kanava, joka sisältää metallijauhetta yli  $30 \text{ g/m}^2$ .

## ÖLJY



Kuvat 3.4 (a) ja (b). Öljy erottuu polyisessä kanavassa tummina läikkinä kierresaumojen kohdalla. Öljyiset kanavat edellyttävät aina laajempia tutkimuksia.