



TALLINNA TEHNIKAKÕRGGKOOI  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

# NIISKUSTEHNILINE TOIMIVUS

Leena Paap  
2011/2012

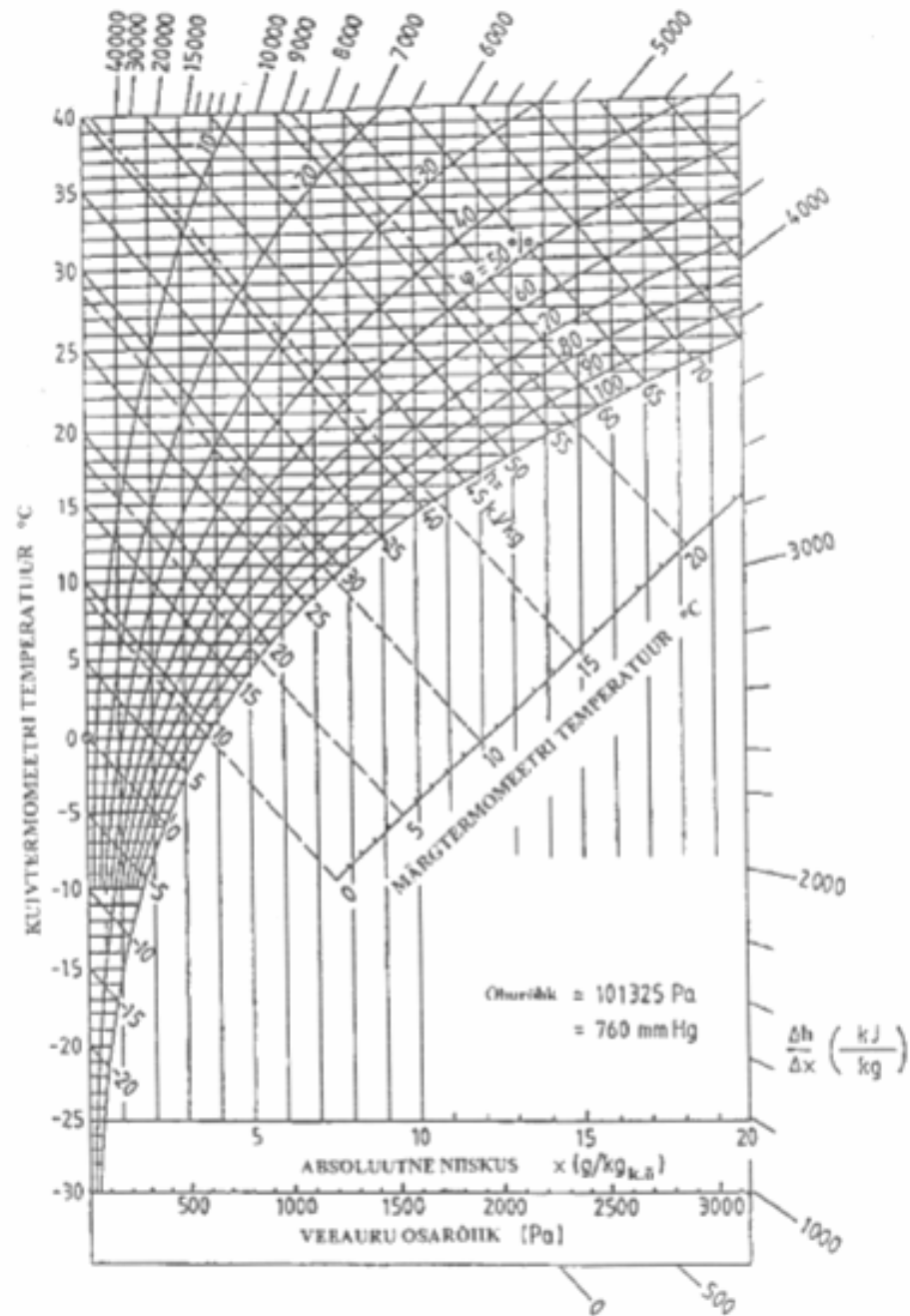
# MÕISTED "Niiskustehniline toimivus"

**Relatiivne (suhteline) niiskus** – õhu tegeliku niiskussisalduse ja sellele temperatuurile vastava suurima võimaliku õhu niiskussisalduse suhe.  
 $\varphi$  või RH (- või %).

## **Absoluutne niiskus**

on ühes massi või mahuühikus gaasis leiduva vee(auru) mass või maht.  
(kg/m<sup>3</sup>, kg/kg, m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>).

Maksimaalne võimalik absoluutne niiskus sõltub gaasi temperatuurist: mida külmem on gaas, seda vähem mahutab see veeauru ja vastupidi.



Teevõrk 13.1 Niiskuse ja temperatuuri diagramm

# Niiskus ehitusmaterjalides

Vesi võib materjalis esineda kõigis oma kolmes olekus

1. Auruna
2. Veena  
(vaba vesi, keemiliselt  
ja füüsiliselt seotud)
3. Jääna



Niiskuse liikumapanevaks jõuks on :

- Suhtelise õhuniiskuse erinevus ( $\varphi, RH$ )
  - Niiskussisalduse erinevus ( $u, w, \Psi$ )
    - Rõhu erinevus ( $p_{cap}$ )

$$J = -\delta_{\varphi} \frac{\partial \varphi}{\partial x} = -D_w \frac{\partial w}{\partial x} = -\delta_v \frac{\partial v}{\partial x} = -\delta_p \frac{\partial p}{\partial x}$$

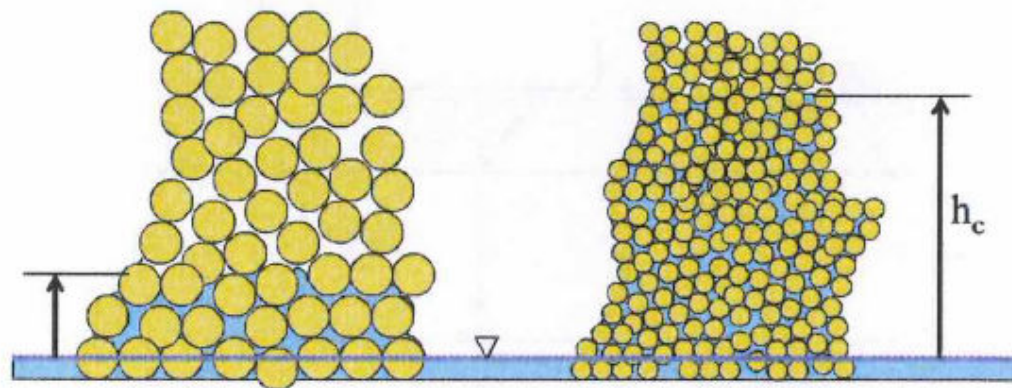
# Materjali niiskussisaldus

1. Kaaluline niiskussisaldus  $u$  kg/kg
2. Niiskussisaldus massi mahu järgi  $w$  kg/m<sup>3</sup>
3. Mahuline niiskussisaldus  $\Psi$  m<sup>3</sup> /m<sup>3</sup>

# Kuidas satub niiskus materjali?

- ehitusniiskusest,
- pinnase niiskusest,
- sademetest,
- eksploatatsioonilisest niiskusest,
- hügrokoopsest niiskusest (materjali omadus neelata niiskust õhust),
- kondentsveest

## Capillary Rise



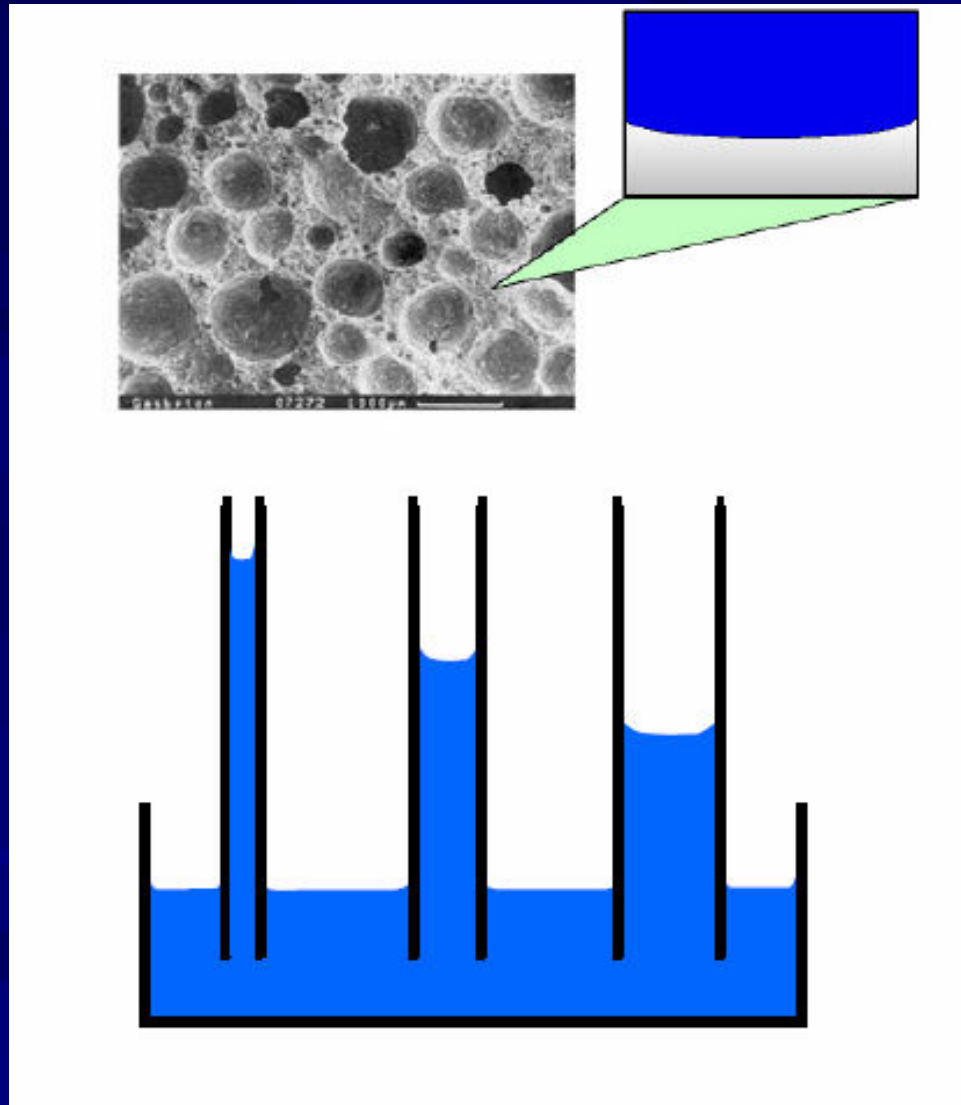
L-O Nilsson

PhD Moisture Course LTH 2011

6



# Kapillaarne liikumine



# Kaldvihm

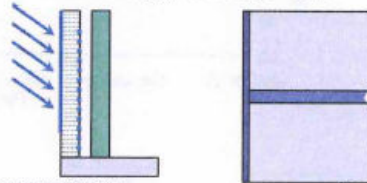
## Moisture in Outdoor Structures

### Boundary conditions:

- Outdoor air RH & T
- "Equivalent outdoor T & RH"
- Material surface T & RH
- Driving rain
- Surface Water film
- TOW, TOD
- Surface Material Properties
- Indoor air T, RH & v

### Driving rain:

- Absorption/drying or water film/ water penetration in cracks, gaps, joints
- Drainage, two-step "seal"



L-O Nilsson

PhD Moisture Course LTH 2011

15

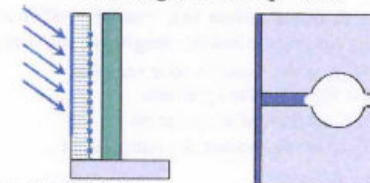
## Moisture in Outdoor Structures

### Boundary conditions:

- Outdoor air RH & T
- "Equivalent outdoor T & RH"
- Material surface T & RH
- Driving rain
- Surface Water film
- TOW, TOD
- Surface Material Properties
- Indoor air T, RH & v

### Driving rain:

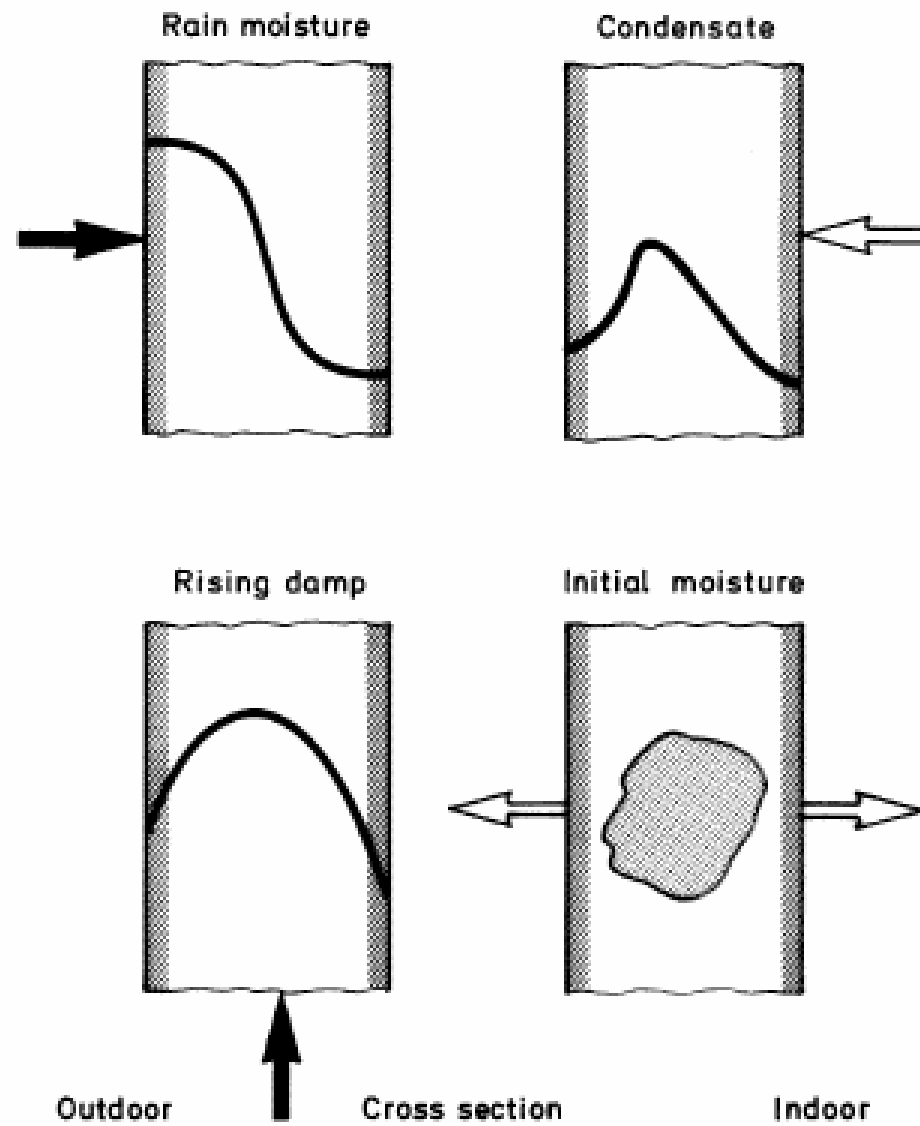
- Absorption/drying or water film/ water penetration in cracks, gaps, joints
- Drainage, two-step "seal"



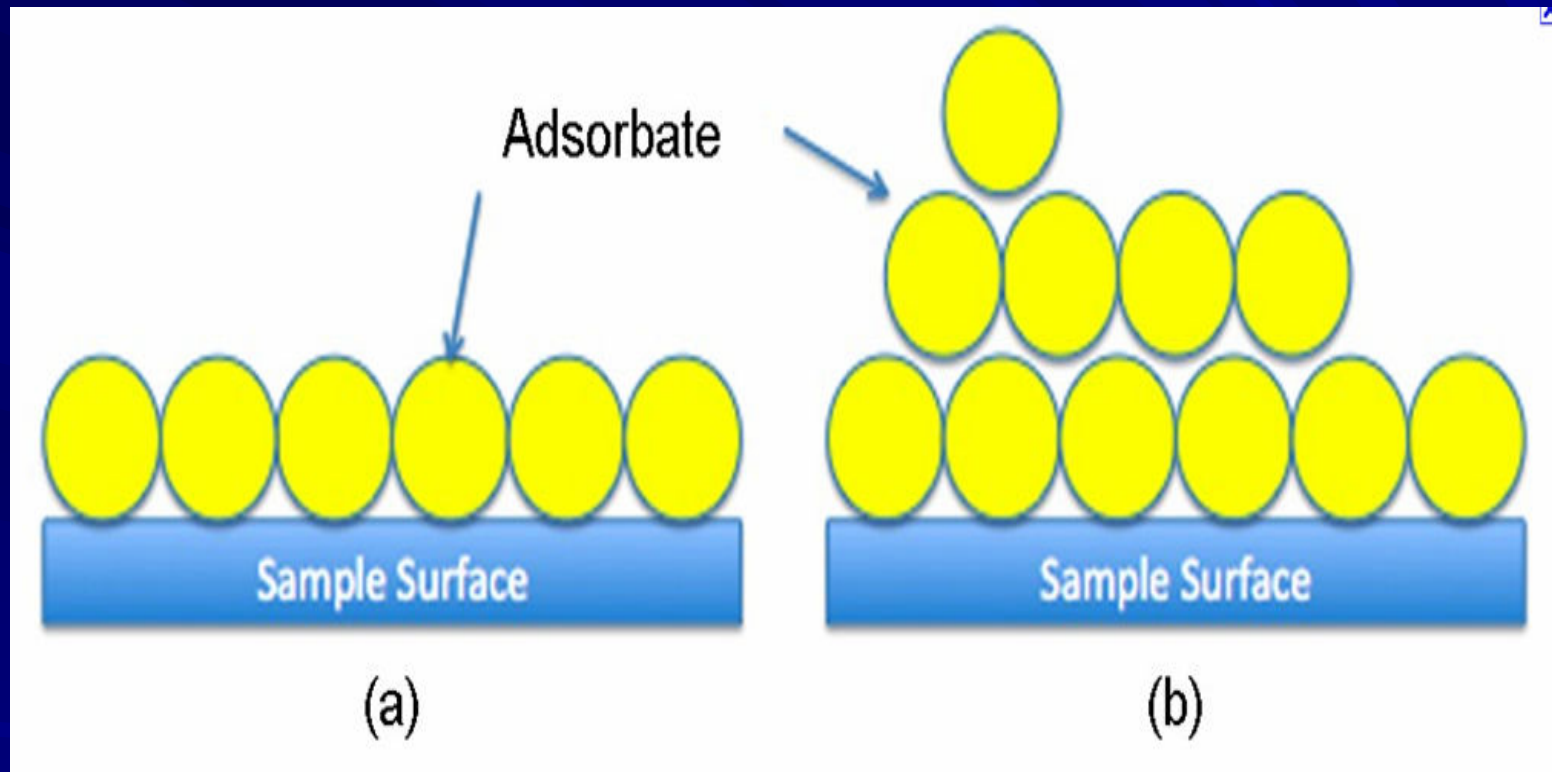
L-O Nilsson

PhD Moisture Course LTH 2011

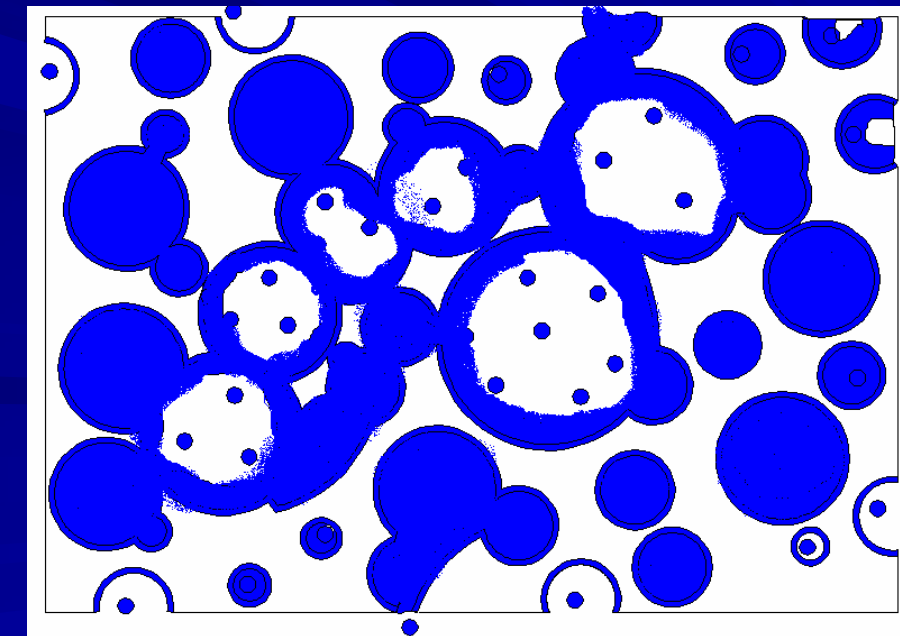
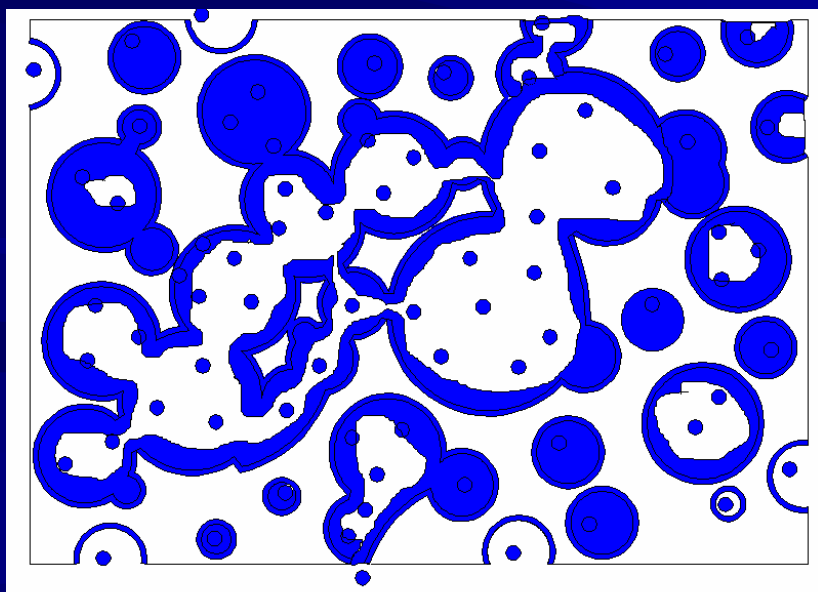
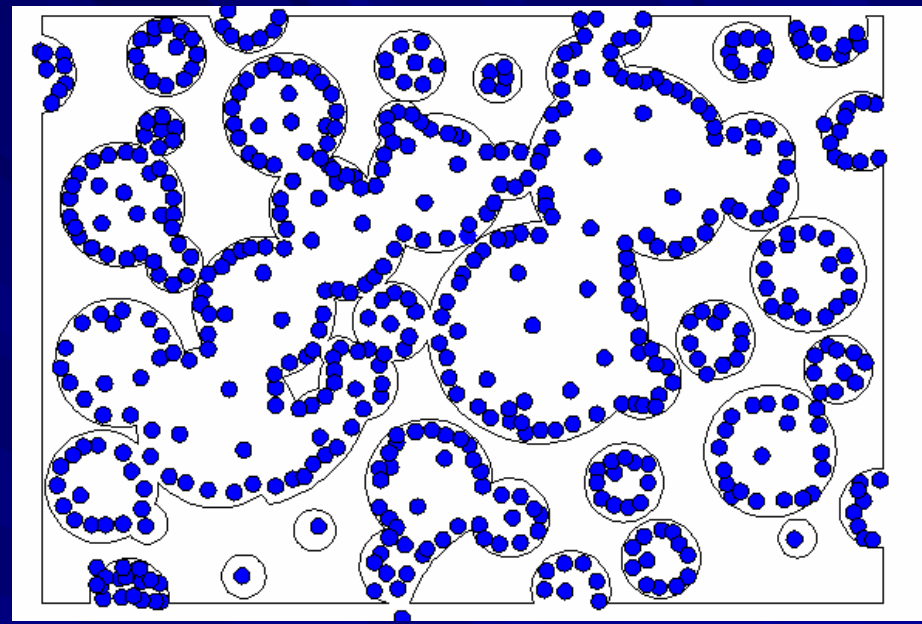
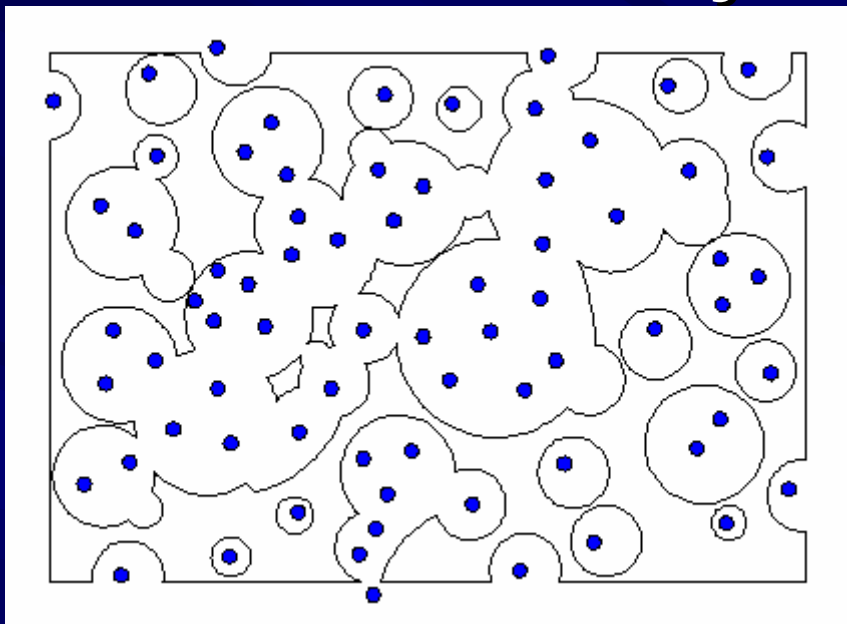
16



# Kuidas toimub materjali niiskumine



# Materjali niiskumine



## Materjali niiskussisaldus sõltub:

- Ümbritseva õhu suhtelisest niiskusest (RH%)
- Temperatuurist (kõrgel temperatuuril on niiskussisaldus väike)
- Kas on tegemist kuivamise või niiskusega

# Kuidas niiskus (vesi, veeaur) materjalis liigub?

Poorses materjalis liigub niiskus gaasilises  
ja vedelas olekus.

Olulisemad vee ja veeauru liikumise viisid  
poorsetes materjalides on:

- Veesurve mõjul
- Raskusjõu mõjul
- Kapilaarsel teel
- Konvektsiooni teel
- Difusiooni teel

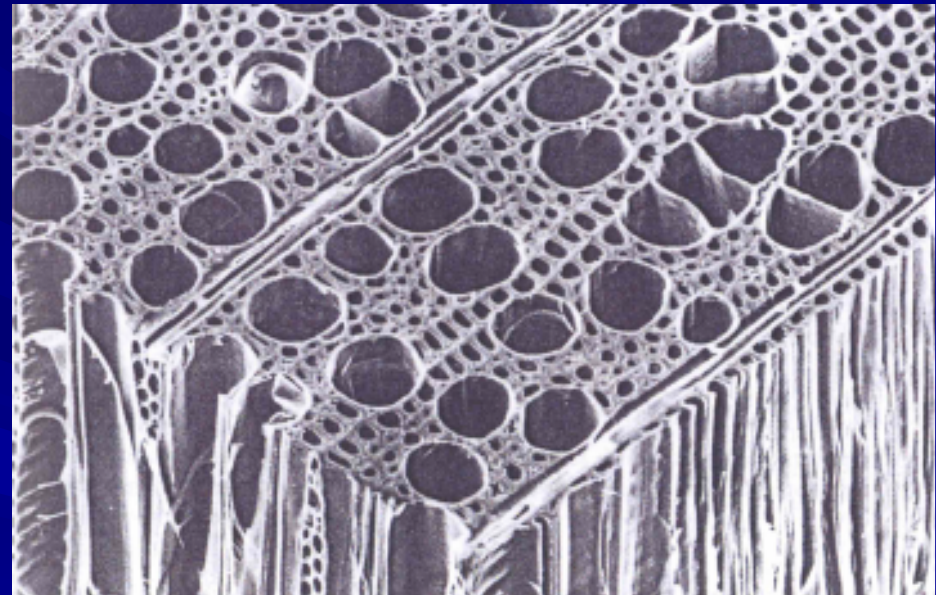
**Ehituskvaliteedi  
küsimus**

# Niiskus ehitusmaterjalides

Eh. materjalid koosnevad  
pooridest ja tahkest osast

Materjalide poorsus on  
keerukas

Niiske materjal koosneb:  
Poori seinamaterjalist  
Õhust materjali pooris  
Vaba vesi

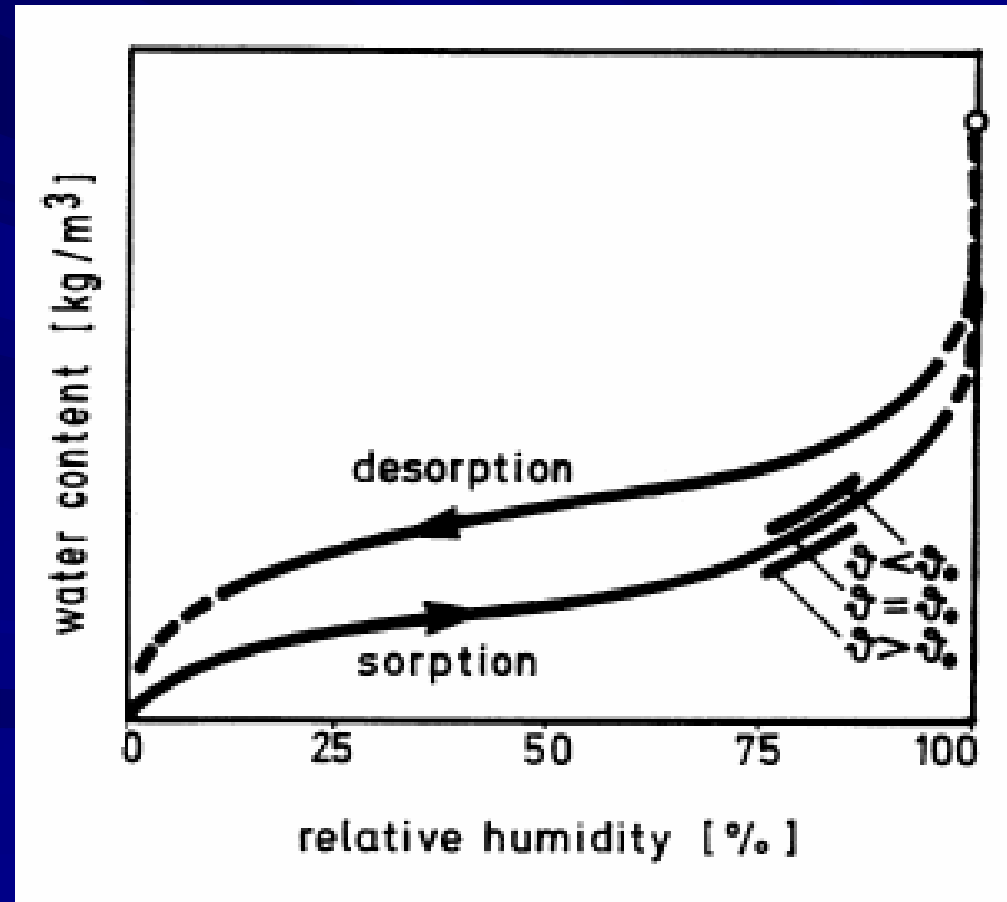


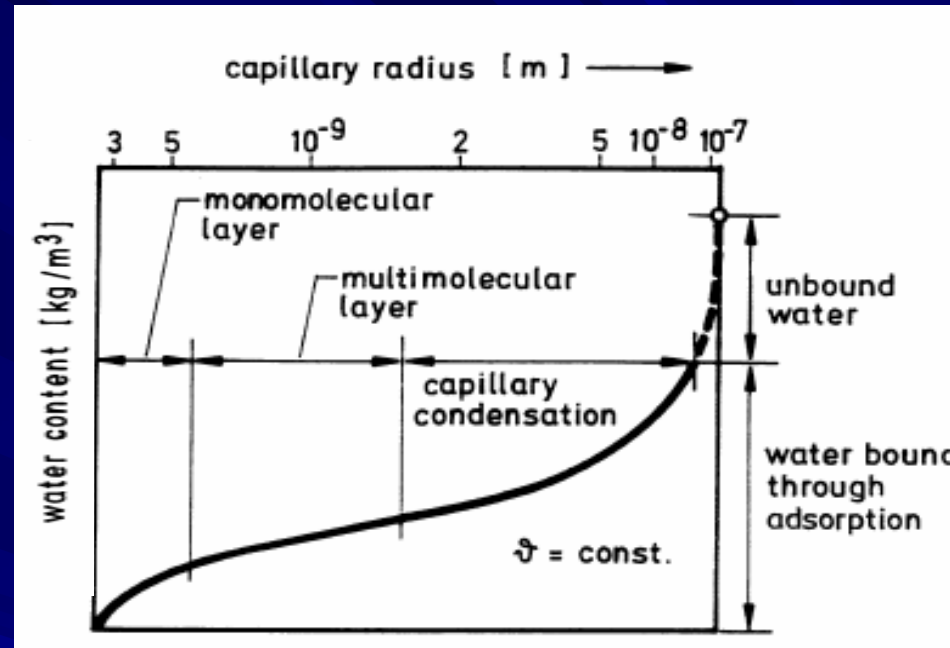
Pooriehitus mõjutab materjali niiskustehnilisi omadusi,  
tasakaalniiskuse graafiku kuju ning niiskusjuhtivust.



Materjali märgumist ja kuivamist on võimalik vältida **sorbtsioon** ja **desorbtsiooni** kõveraga.

Igal materjalil on ainult talle omane kõver.





**Monomolekulaarne adsorbtsioon-** Materjal on absoluutselt kuiv. Vee lisandumisel tekib õhuke vee kiht poori seintele

**Polümolekulaarne adsorbtsioon-** Suhtelise niiskuse tõusmisel kleepub rohkem veemolekule pooride seintele. Õhukene veekiht pakseneb.

**Kapilaarkondensaat-** Suur osa pooridest on täitunud veega

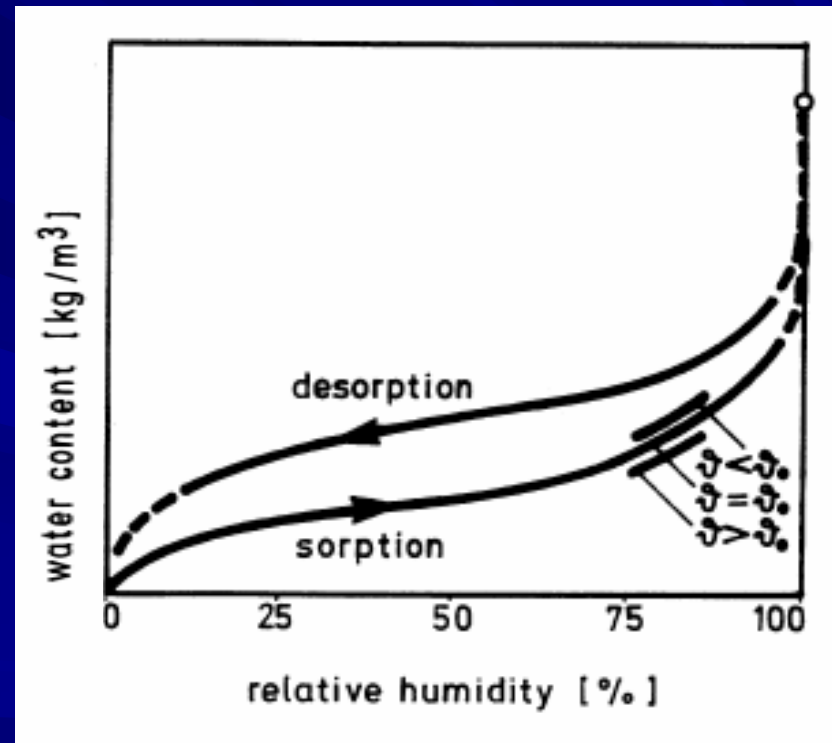
**Hügrokoopne ala** – lõppeb seal ära kus õhust enam materjal ei suuda niiskust mahutada.

**Kapilaarna ala** – poorides oleva õhu RH on 100%.

# Hüsterees

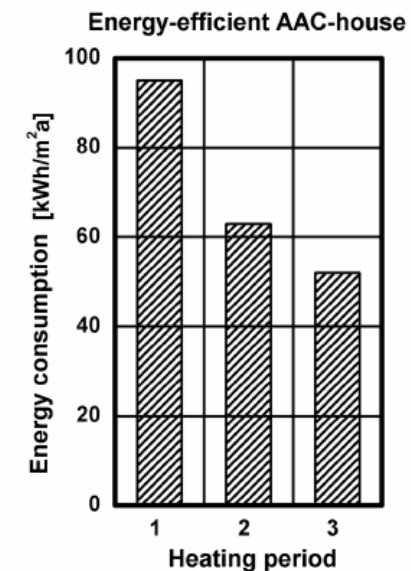
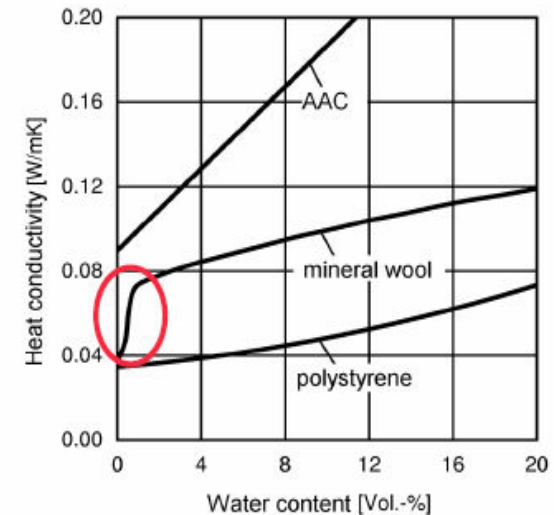
Teatud punktist kuivama hakates jääb materjal ikkagi niiskemaks kui ta märgudes oli.

105 kraadi juures saab materjal kuivaks sest siis aurustub ka kapillaarides olev vesi.



# Niiskuse mõju

- vähendab välispiirete soojapidavust
- Vähendab materjalide tugevust ja jäikust
- hallituse kasv pindadel
- puit materjalide kõdunemine
- materjalide paisumine
- külmakahjustused
- esteetiline välimus
- metallide korrosioon
- Väheneb materjalide soojusmahtuvus



- Mikroorganismide kasv
- Mäardumine
- Veeauru kondenseerumine









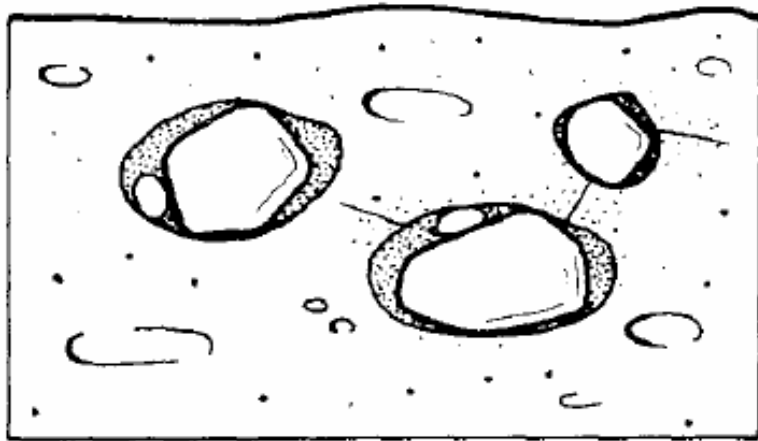


# Veeauru rõhk

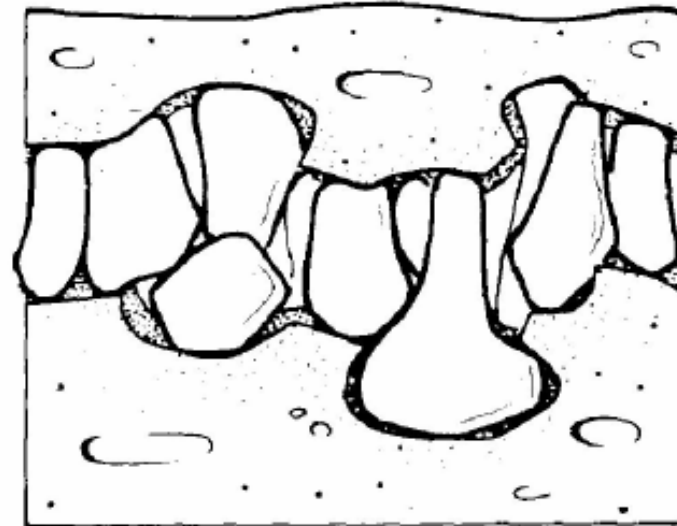


# Külmakahjustused

Plaster and masonry can be damaged in their structure by volume increase because of ice formation



Pore filling degree  $< 0,9$

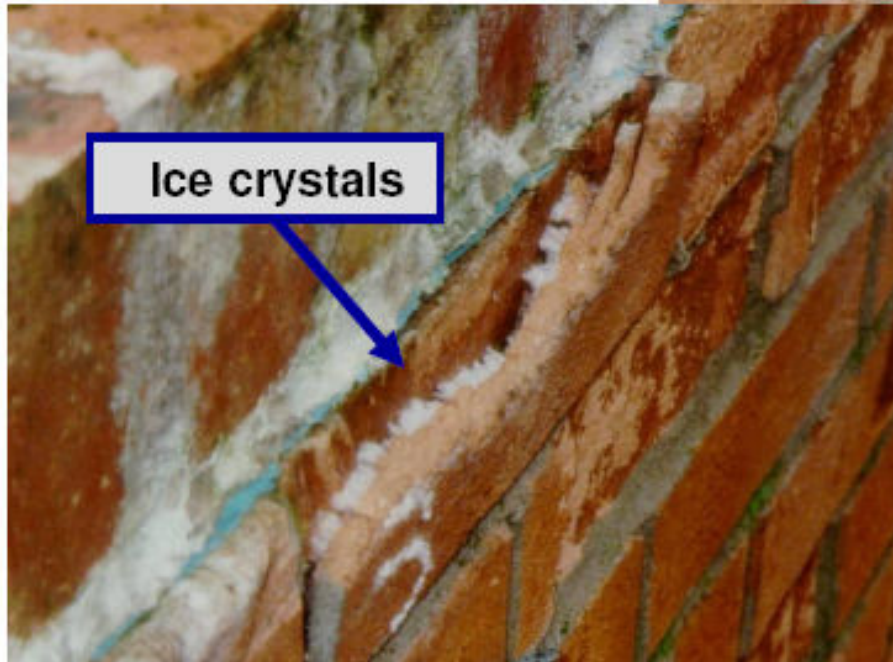


Pore filling degree  $> 0,9$

Pore filling degree depends on pore size  
→ critical saturation degree  $\ll 0,9$

## Moisture related damage

- frost damage

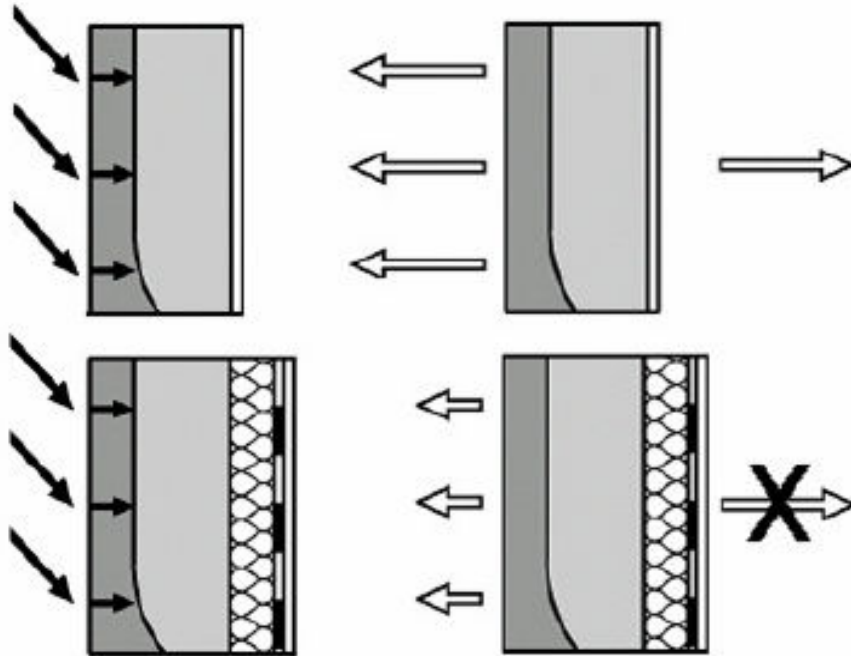


Ice crystals

Damage due to high  
wind driven rain load  
respectively  
insufficient frost  
resistance

## Moisture related damage

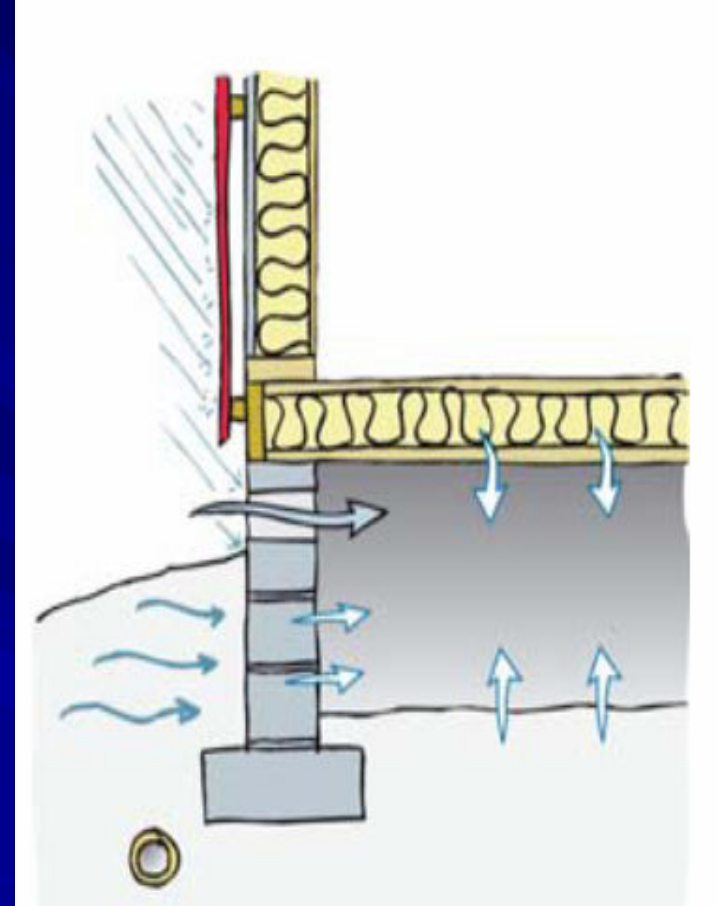
- frost damage

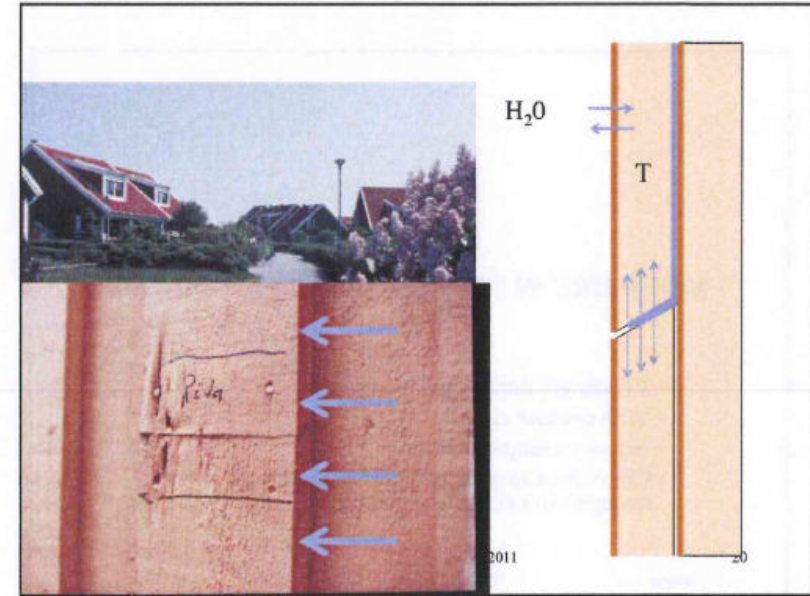
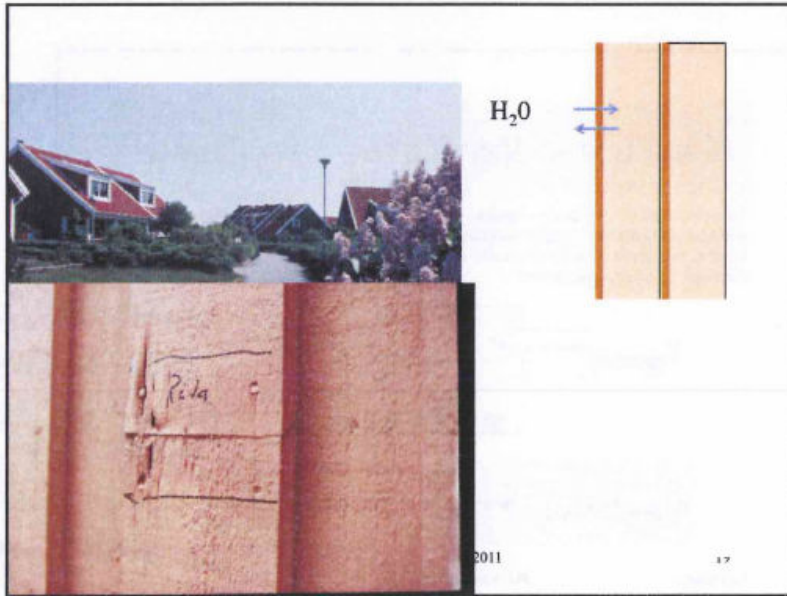


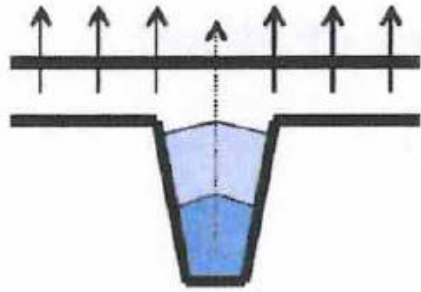
Damage of finishing coat on masonry after application of interior foam glass insulation



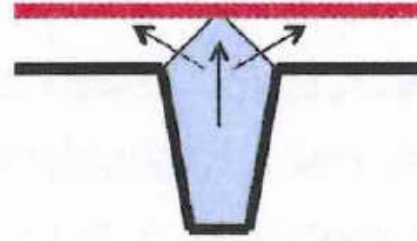
# Alt tuulutatavad põrandad





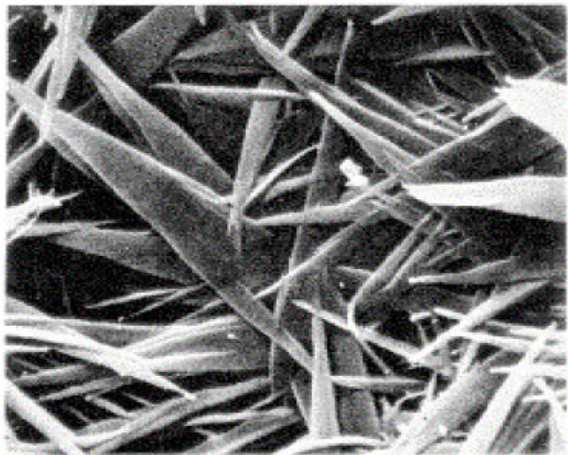
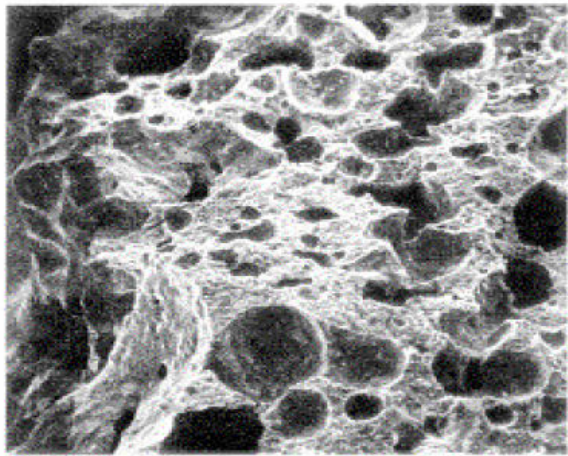


Drying



Redistribution

# Niiskusmahtuvus



Materjali niiskusmahtuvus sõltub materjali pooride kujust, materjali koostisest.

$$c = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta T} \left[ \frac{J}{kgK} \right]$$



# Niiskustehnilised arvutused

EESTI STANDARD

EVS-EN ISO 13788:2001

**Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods**

Hygrothermal performance of building components and building elements - Internal surface temperature to avoid critical surface humidity and interstitial condensation - Calculation methods

# Väga palju erinevaid programme

Name	Type	2D/3D	SS/TR	FF/RECT	$\psi$ -value	License	Validation
<b>Heat transfer software</b>							
AnTherm [36]	H-T (1)	3D	SS	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
Argos (2) [37]	H-T	2D	SS	FF	Y	commercial	
Bisco / Bistra [38] / [39]	H-T	2D	SS / TR	FF	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
Champs-bes [40]	HAM-T	2D	TR	R		free	EN ISO 10211:2007
David32 [41]	H-T	3D	SS	R		free	EN ISO 10211:2007
Delphin [42]	HAM-T	2D	TR	R		commercial	EN ISO 10211:2007 HAMSTAD Benchmarks 1 to 5 EN 15206:2007
Flixo [43]	H-T	2D	SS	FF	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
FramePlus [44]	H-T					commercial	
HAMLab [45]	HAM-T	3D	TR	FF		free	(3)
Heat2 [46]	H-T	2D	TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007 EN ISO 10077-2:2003
Heat3 [47]	H-T	3D	TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007
KOBRA v3.0w (4) [48]	H-T	3D	SS	R	Y	free (5)	EN ISO 10211:2007
KOBRU86 / Sectra [49] / [50]	H-T	2D	SS / TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007
RadTherm [51]	H-T	3D	TR	FF		commercial	
Solido [52]	H-T	3D	SS	FF		commercial	EN ISO 10211:2007
TAS ambiens [53]	H-T	2D	TR	FF		commercial	
Therm [54]	H-T	2D	SS	FF		free	
Trisco / Voltra [55] / [56]	H-T	3D	SS / TR	R	Y	commercial	EN ISO 10211:2007
Unorm [57]	H-T	3D	SS	R	Y	free	EN ISO 10211:2007
WUFI 2D 3.2 [58]	HAM-T	2D	TR	FF		commercial	EN ISO 10211:2007
<b>General purpose software</b>							
Ansys multiphysics [59]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Ansys CFX [60]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Fluent [61]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Phoenics [62]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	
Comsol multiphysics [63]	M-Phys	3D	TR	FF		commercial	EN ISO 10211:2007
SAMCEF thermal [64]	H-T	3D	TR	FF		commercial	

# Niiskustehniliste arvutuste simuleerimiseks

- Materjali tihedus
- Poorsus
- Soojusmahtuvus
- Soojuserijuhtivust
- Auruerijuhtivus
- Ja veel mitmeid materjali näitajaid



Tänaan tähelepanu eest!!!