

## Skimmelsvampe i bygninger

**Ulf Thrane**

Statens Byggeforskningsinstitut  
Aalborg Universitet København  
*ult@sbi.aau.dk*

Informationsmøde for  
beskikkede bygningssagkyndige  
November 2017



1



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

## Disposition

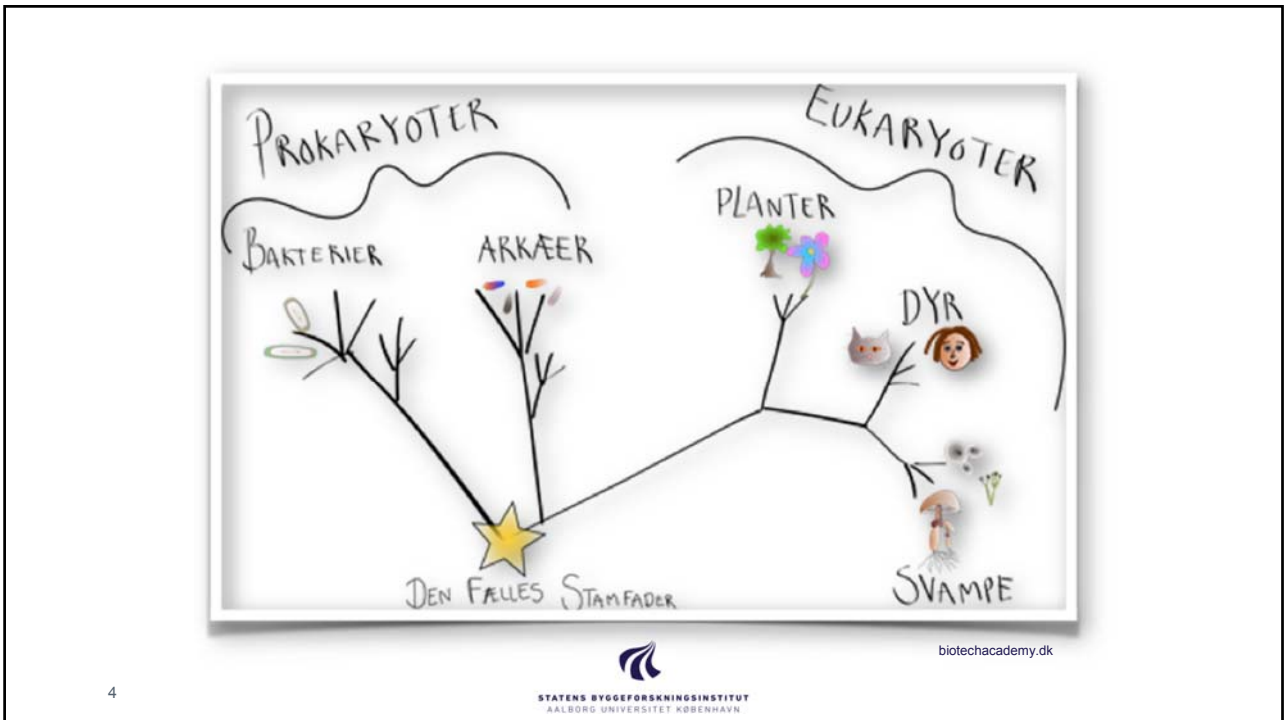
- Min baggrund
- Hvad er skimmelsvampe
- Skimmelsvampevækst
- Skimmelsvampes sundhedsskadelige påvirkninger
- Vækst af skimmelsvampe i bygninger
- Udfordringer ved svampeundersøgelser
- Hjemmesiden skimmel.dk
- Spørgsmål

(Tak til Birgitte Andersen, DTU Bioengineering for hjælp med illustrationer)



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

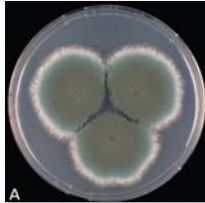
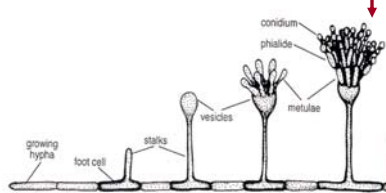
2



## Hyfer, mycelium og nye sporer

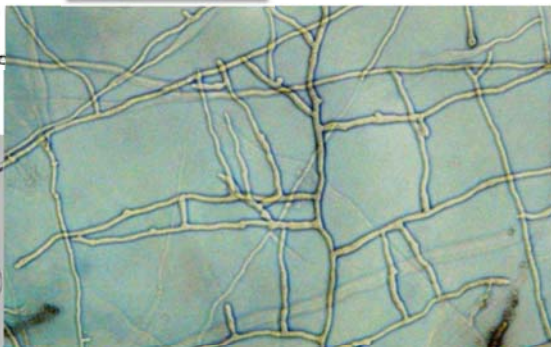
**Sporene** dannes oftest på overfladerne og kan være sorte, brune eller grønne

**Sporene** er farvede  
= 0,002-0,03 mm = 2-30 µm



**Skillevæggene** er perforerede men kan lukkes hurtigt

**Hyferne** er gennemsigtige  
= 0,004-0,01 mm  
= 4-10 µm (diam.)  
uendelige lange



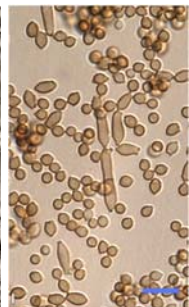
**Hyferne** kan vokse igennem fx tapet og trænge flere mm ind i porøse materialer, som puds og beton gennem huller/porer ned til **0,3 µm** (=300 nm)

5

## Skimmelsvampesporer: 3-20 µm



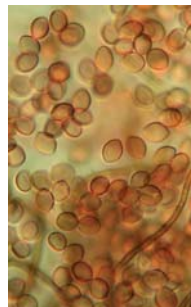
*Aspergillus versicolor*  
**2 x 3 µm**



*Cladosporium sphaerospermum*  
**3 x 6 µm**



*Stachybotrys chartarum*  
**5 x 11 µm**



*Chaetomium globosum*  
**8 x 11 µm**



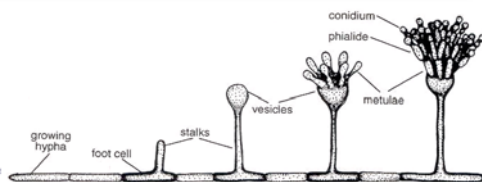
*Stemphylium eturmiunum*  
**13 x 20 µm**



Små tørre sporer bliver nemmere luftbårne end store slimede sporer:  
**Aspergillus** sporer ses i luftprøver, men ikke **Stachybotrys** sporer

**Sporene** kan dannes:

- tørre, direkte på hyfen
- i slimhoveder på hyfen
- i lukkede frugtlegerer



6

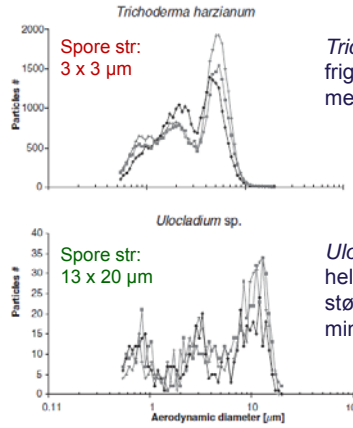
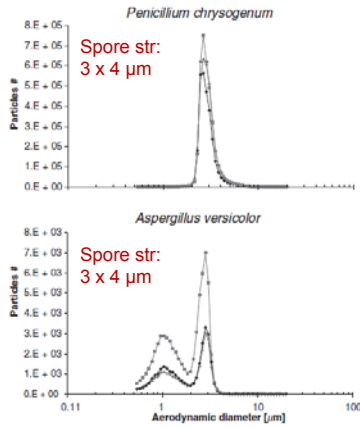
## Svampesporer/ partikler

Determination of fungal spore release from wet building materials

Indoor Air 2003; 13: 148-155

J. Kildeso<sup>1</sup>, H. Würtz<sup>1</sup>,  
K. E. Nielsen<sup>2,3</sup>, P. Kruse<sup>1</sup>,  
K. Wilkins<sup>1</sup>, U. Thrane<sup>1</sup>,  
S. Gravesen<sup>2</sup>, P. A. Nielsen<sup>2</sup>,  
T. Schneider<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>National Institute of Occupational Health,  
Copenhagen, Denmark; <sup>2</sup>Danish Building and Urban  
Research, Nordstjens, Denmark; <sup>3</sup>Technical University,  
Technical University of Denmark, Lyngby, Denmark

*Penicillium chrysogenum* frigiver for det meste enkelte sporer  
*Aspergillus versicolor* frigiver også nogle 1 µm partikler  
Begge svampe frigiver store mængder sporer



*Trichoderma harzianum* frigiver færre sporer (våde), men også 1 µm partikler

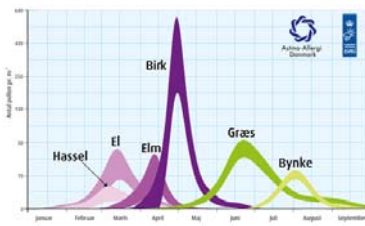
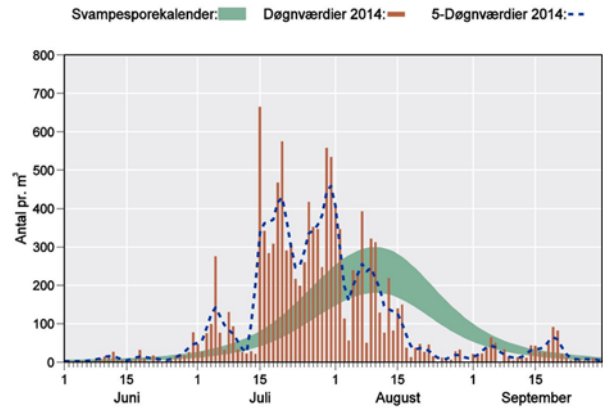
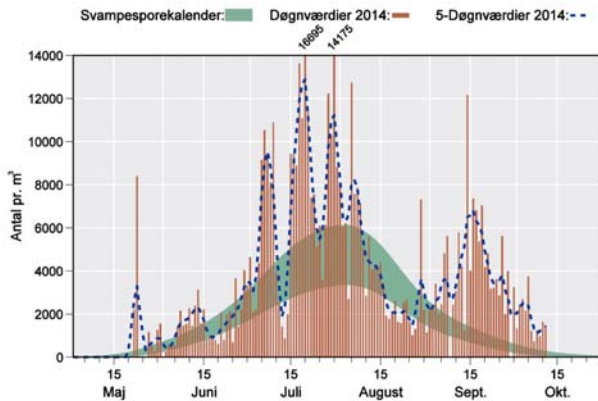
*Ulocladium sp.* frigiver få hele sporer, p.gr.a. størrelsen, men også mindre partikler

Størrelsesfordeling af frigivne partikler

7

## Cladosporium

## Alternaria



## Udendørsluft

8

## Svampesporer i udendørs luft

Grana 30: 467-471, 1991

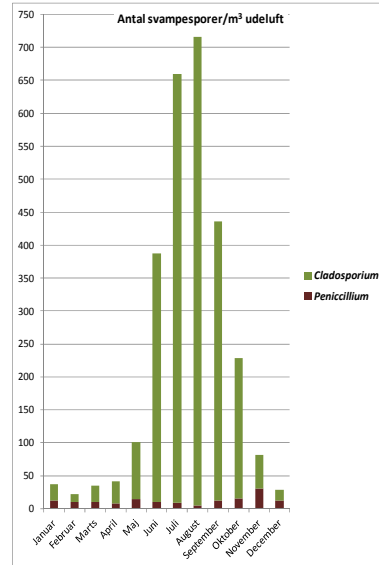
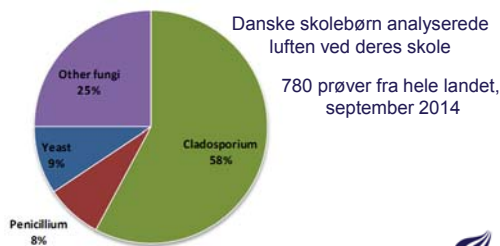
10 års undersøgelser (1978-87) i København, hver dag hele året rundt

### Seasonal variation of outdoor airborne viable microfungi in Copenhagen, Denmark

LISBETH LARSEN and SUZANNE GRAVESEN

*Cladosporium* **varierer** med sæsonen (0-8000 CFU/m<sup>3</sup>)  
vokser for det meste på dødt plantemateriale

*Penicillium* er **konstant** (0-500 CFU/m<sup>3</sup>)  
vokser for det meste i jorden



Fordelingen af *Penicillium* og *Cladosporium* sporer i luften (Larsen & Gravesen, 1991).



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

9

## Svampesporer i ude- og indeluft

| Svampeslægter                        | Luft ude | Luft inde | Støv | Bygningsmaterialer |
|--------------------------------------|----------|-----------|------|--------------------|
| <i>Cladosporium</i> (allergen)       | 78 %     | 42 %      | 13 % | 5 %                |
| <i>Penicillium</i> (allergen)        | 3 %      | 19%       | 34 % | 30 %               |
| <i>Alternaria</i> (allergen)         | 3 %      | 6 %       | 9 %  | 3 %                |
| <i>Aspergillus</i> (toksisk)         | 1 %      | 3 %       | 4 %  | 21 %               |
| Gær                                  | -        | 8 %       | 24 % | 3 %                |
| <i>Acremonium</i>                    | -        | 1 %       | 1 %  | 3 %                |
| <i>Trichoderma</i> (mikro-partikler) | -        | 1 %       | 1 %  | 3 %                |
| <i>Chaetomium</i> (toksisk)          | -        | -         | 2 %  | 7 %                |
| <i>Ulocladium</i> (allergen)         | -        | -         | -    | 3 %                |
| <i>Stachybotrys</i> (toksisk)        | -        | -         | -    | 2 %                |

*Cladosporium* vokser på døde planter og spredes med vind, jord og støv

*Penicillium* vokser i jorden og spredes med vind, jord og støv

*Acremonium*, *Trichoderma* og *Stachybotrys* har sporer i slim og de spredes ikke med luften, men med insekter og mider som lever på svampene

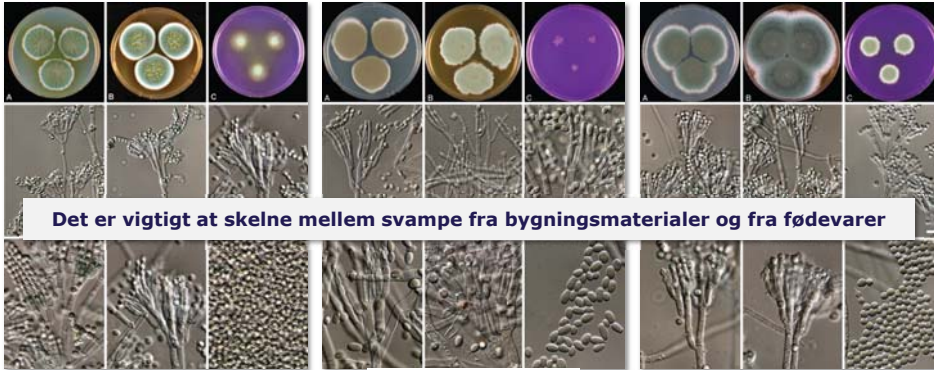
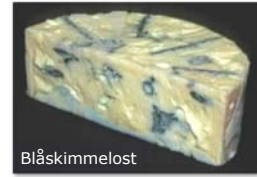


STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

10



## Svampe identifikationer indendørs



*Penicillium chrysogenum*  
Kun indendørs: tapet m.m.

*Penicillium digitatum*  
Kun på citrus frugter

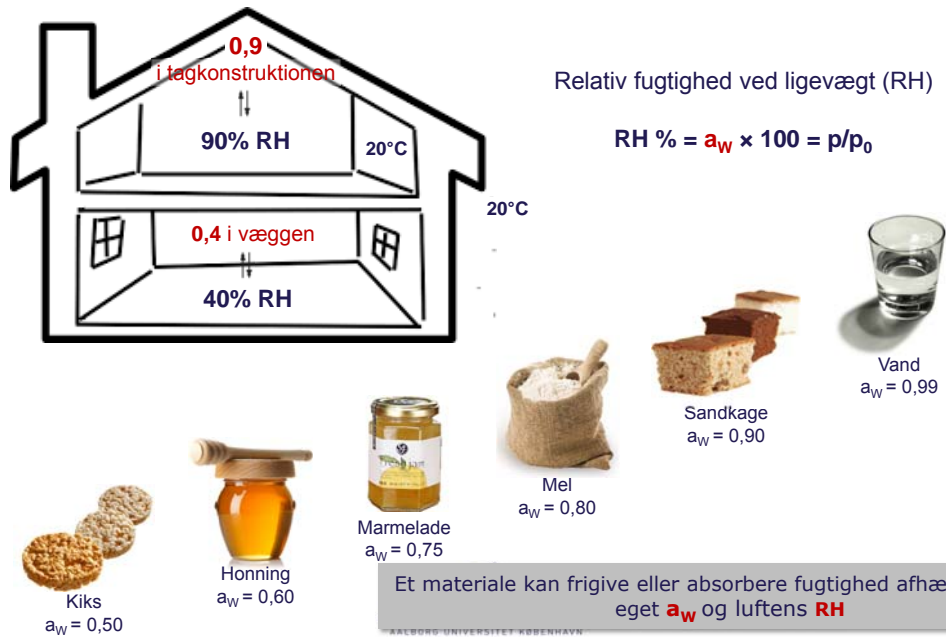
*Penicillium roqueforti*  
Kun på ost og rugbrød

11

# Skimmelsvampevækst

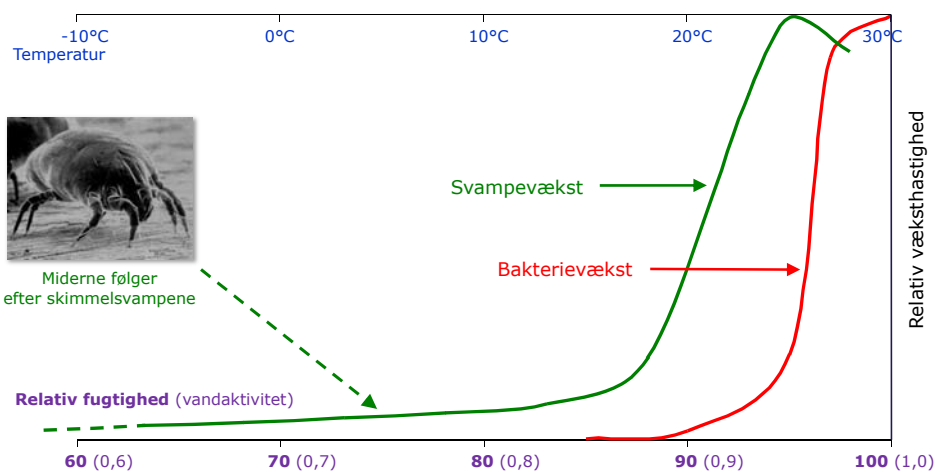


## Vandaktivitet ( $a_w$ ) = tilgængeligt vand



## De kan overleve frysning og udtørring

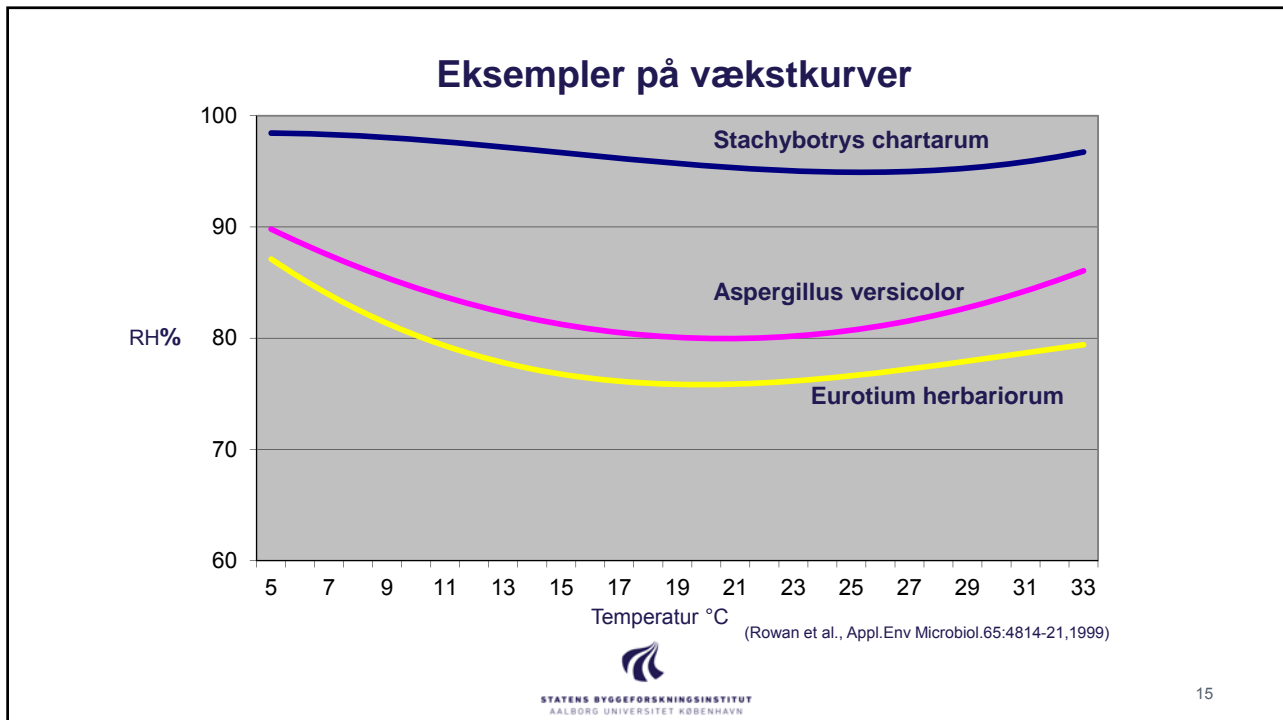
De fleste skimmelsvampe stopper med at vokse ved 0-5°C, men kan overleve -80°C



Nogle skimmelsvampe kan overleve mindst 3 uger ved 0,45  $a_w$  (45 % RH)

Jo længere  $a_w$  er højere end 0,75 (75 % RH) jo større risiko for vækst

14



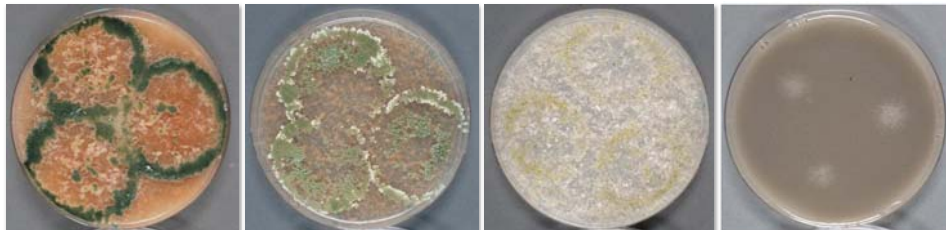
15

### Svampe nedbryder og lever af...

Tapet, pap, spånplader, træ (plantemateriale) indeholder sukker (C-kilde)  
fra cellulose og nitrogen (N-kilde) fra lim = "mad"

*Trichoderma* på forskellige materialer efter 21 dage ved 15 °C

Faldende mængde organisk materiale = langsommere væksthastighed →



Tapet

Savsmuld

Glasvæv

Beton

Papir- og savsmuldstapet er mere modtagelig for svampevækst end glasvæv

16



## Bygningsmaterialer og deres skimmelsvampe

| Mest almindelige svampeslægt | Toksisk* | Vækst i vandskadede bygninger |  |
|------------------------------|----------|-------------------------------|--|
|                              |          | Farve                         | Materiale  |
| <i>Penicillium</i>           | +        | hvid til grøn                 | Alle materialer  |
| <i>Aspergillus</i>           | +        | hvid til grøn                 | De fleste materialer                                   |
| <i>Ulocladium</i>            | —        | grå til sort                  | De fleste materialer                                   |
| <i>Chaetomium</i>            | +        | brunlig til sort              | Træ, gipsplader, krydsfiner, pap                       |
| <i>Stachybotrys</i>          | ++       | <b>grå til sort</b>           | <b>Træ, gipsplader, isoleringsmateriale, tekstiler</b> |
| <i>Cladosporium</i>          | —        | mørkegrøn-sort                | Træ, fuger, fugemasse, maling, tapet                   |
| <i>Aureobasidium</i>         | —        | grå til sort                  | Træ, fuger, fugemasse, maling                          |
| <i>Phoma</i>                 | —        | grå til sort                  | Træ, fuger, fugemasse, maling                          |
| <i>Alternaria</i>            | —        | mørkegrøn-sort                | Træ, tapet   |
| <i>Memnoniella</i>           | +        | grå til sort                  | Gipsplader, tapet, tekstiler                           |
| <i>Trichoderma</i>           | +        | hvid til grøn                 | Træ, gipsplader, isoleringsmateriale, tapet            |
| <i>Fusarium</i>              | +        | hvid                          | Træ  |

\*Slægter med toksindannende arter

Stigende hyppighed



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

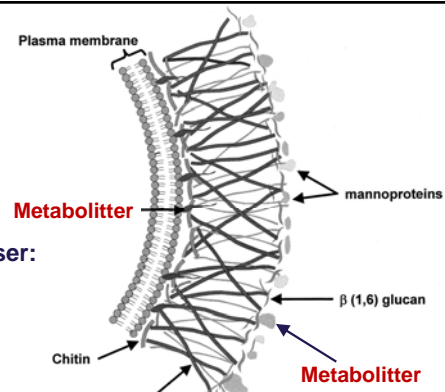
17

## Svampemetabolitter

**Metabolitter:** kemiske stoffer (200-600 Da), der er specifikke for hver svampeart og vigtige for svampens tilpasning/overlevelse

**Metabolitter er biologiske aktive forbindelser:**

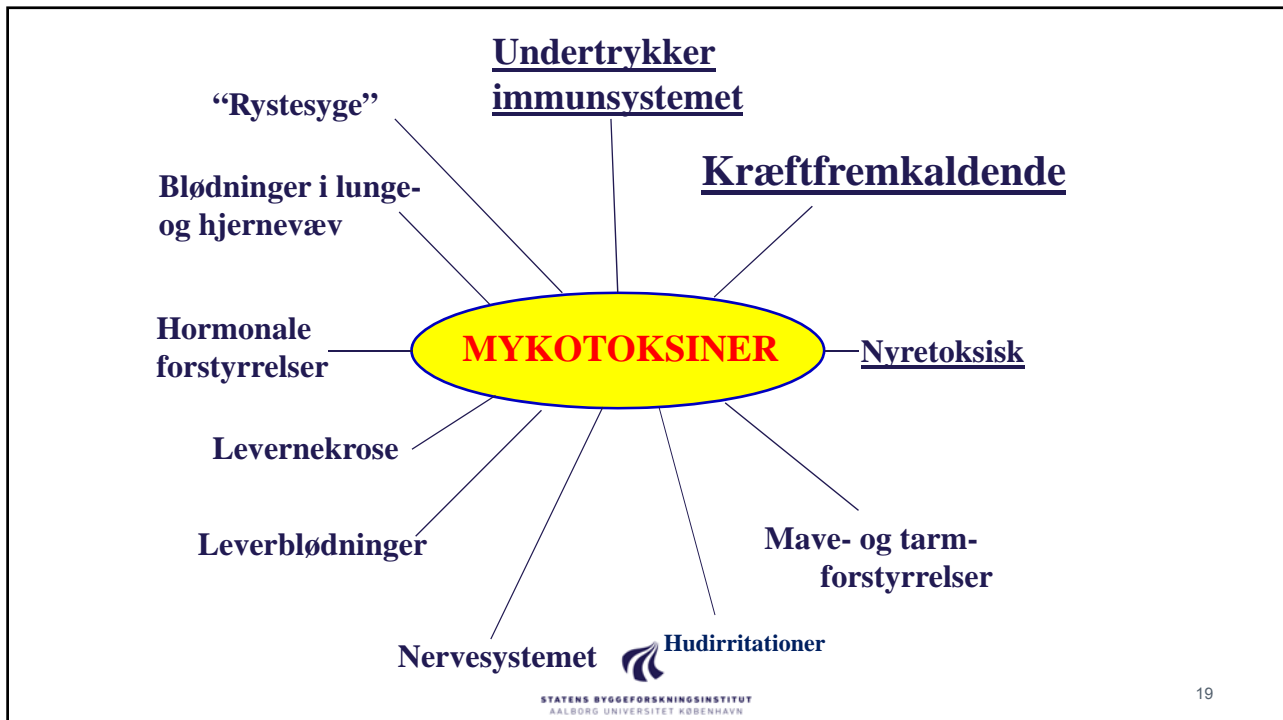
- Mykotoxiner er giftige for pattedyr  
fx aflatoxin i paranødder
- Antibiotiske metabolitter er giftige for bakterier  
fx penicillin



**Metabolitterne** er bundet til små, tørre sporer, indtørrede mikro-partikler af større sporer eller hyfestykker og spredes til luften

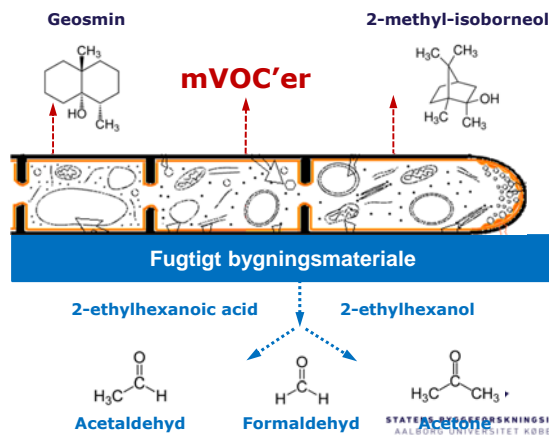
| Svampeart                         | Metabolitter fundet i byggematerialer eller i luftprøver                           |
|-----------------------------------|--|
| <i>Aspergillus versicolor</i>     | <b>sterigmatocystin*</b>   |
| <i>Penicillium chrysogenum</i>    | <b>roquefortine C*</b> , <b>chrysogine</b>   |
| <i>P. brevicompactum</i>          | mycofenolsyre, brevianamider, <b>asperphenamate</b>                                |
| <i>Chaetomium globosum</i>        | <b>chaetoglobosiner*</b> , chaetominer, chaetoviridiner                            |
| <i>Stachybotrys chartarum (S)</i> | trichodermin, spirocyclic drimaner, <b>roridin E*</b> , satratoxiner, verrucariner |
| <i>S. chartarum (A)</i>           | trichodermin, spirocyclic drimaner, atranoner, dolabellaner                        |

18



## Flygtige organiske stoffer (mVOC'er)

**mVOC'er:** små metabolitter (100-300 Da), der bruges til at kommunikere og tiltrække insekter og mider over længere afstande



| MVOC                | Producenter  |
|---------------------|--|
| Styren              | <i>Pen. polonicum</i> ,<br><i>Sta. chartarum</i>   |
| Geosmin             | <i>Pen. polonicum</i> ,<br><i>Pen. commune</i><br><b>Rødbeder</b>  |
| 2-methyl-isoborneol | <i>Asp. niger</i> ,<br><i>Pen. polonicum</i>   |
| 1-butanol           | <i>Sta. chartarum</i>  |
| 2-methyl-1-butanol  | <i>Sta. chartarum</i> ,<br><i>Ulo. chartarum</i>   |
| 3-methyl-1-butanol  | <i>Asp. versicolor</i> ,<br><i>Pen. chrysogenum</i> ,<br><i>Ulo. chartarum</i>                           |
| α-trans-bergamotene | <i>Tri. atroviride</i>   |
| Dimethyldisulfid    | <i>Ulo. chartarum</i>  |
| 2-heptanone         | <i>Ulo. chartarum</i>  |
| 2-ethylhexanol      | <i>Asp. versicolor</i> ,<br><i>Cha. globosum</i> ,<br><i>Pen. chrysogenum</i> ,<br><i>Ulo. chartarum</i> |



## Den gode skimmelsvamp



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

21

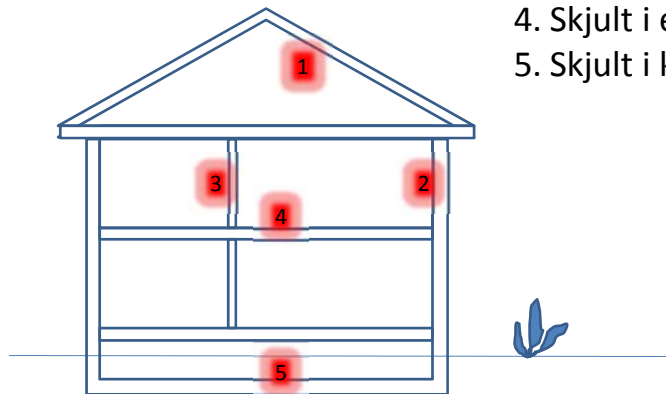
## Skimmelsvampes sundhedsskadelige påvirkninger



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

22

## Vejen fra skimmelsvampevækst til eksponering



1. Skjult i tagkonstruktionen
2. Skjult i ydermuren
3. Skjult i skillevæggen
4. Skjult i etagedækket
5. Skjult i krybekælderen

23

## Svampe og helbredsgener

### Skimmelsvampesporer (3-15 x 4-20 µm):

- levende sporer coatet med
  - biologisk aktive metabolitter
  - allergifremkaldende proteiner

### Mikro-partikler (0,5 x 10 µm):

- sporer- og hyfe-fragmenter
- indeholder cellekomponenter og allergener
- kitin, glukaner og proteiner
- coatet med biologisk aktive metabolitter

### Flygtige Organiske Forbindelser (VOC):

- mVOC'er fra svampemyceliet
  - Styren, Geosmin (kælderlugt)
- VOC'er fra de nedbrudte materialer
  - Formaldehyd

**Ingen  
grænseværdier**

**Cocktail-effekten:  
andre kemiske stoffer**



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

24

## Luftbårne metabolitter

PAPER

www.rsc.org/jem | Journal of Environmental Monitoring

### JEM Spotlight: Fungi, mycotoxins and microbial volatile organic compounds in mouldy interiors from water-damaged buildings

Viviana Polizzi,<sup>a,b</sup> Barbara Delmulle,<sup>a</sup> An Adams,<sup>b</sup> Antonio Moretti,<sup>c</sup> Antonia Susca,<sup>c</sup> Anna Maria Picco,<sup>d</sup> Yves Rosseel,<sup>e</sup> Ruben't Kindt,<sup>f</sup> Jan Van Boecklaer,<sup>f</sup> Norbert De Kimpe,<sup>a,b</sup> Carlos Van Peteghem<sup>a</sup> and Sarah De Saeger<sup>a\*</sup>

*J. Environ. Monit.*, 2009, 11, 1849–1858

Table 3 Summary of mycotoxin containing samples ('positive samples' = samples containing the specific mycotoxin)

|                  | Air          |                            | Conc. range in air (ng/m <sup>3</sup> ) | Dust         |                            | Wallpaper    |                            | Mycelium     |                            | Silicone     |                            | Conc. range on the different substrates (ng/cm <sup>2</sup> ) |
|------------------|--------------|----------------------------|---|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|----------------------------|---|
|                  | House number | Number of positive samples |   | House number | Number of positive samples | House number | Number of positive samples | House number | Number of positive samples | House number | Number of positive samples |   |
| ROQC             | 4            | 1                          | 0.009–4                                 | 6            | 2                          | 1            | 3                          | 2            | 7                          |              | n.d.                       | 0.106–7.2   |
| STERO            | 5            | 3                          | 0.0034–1.7674                           | 4            | 3                          | 1            | 10                         | 2            | 2                          |              | n.d.                       | 0.063–778.4   |
|                  |              |                            |   | 5            |                            | 2            |                            | 3            |                            | 5            |                            |   |
|                  |              |                            |   | 6            |                            | 2            |                            | 5            |                            | 2            |                            |   |
| CHAETO           | 5            | 3                          | 0.0067–3.4205                           | 7            | n.d.                       | 6            | 2                          | 2            | 9                          |              | n.d.                       | 1.16–13 830   |
|                  |              |                            |   |              |                            |              |                            | 5            |                            | 2            |                            |   |
| AFB <sub>2</sub> | 4            | 2                          | 0.0003–0.0211                           | 4            | 7                          |              | n.d.                       |              | n.d.                       |              | n.d.                       | 0.019–0.253   |
| AFB <sub>1</sub> | 4            | 2                          | 0.0024–0.1463                           | 1            | 1                          |              | n.d.                       | 7            | 3                          | 5            | 1                          | 0.111–0.332   |
|                  | 5            | 2                          |   |              |                            |              |                            |              |                            |              |                            |   |
| RORE             | 2            | 1                          | 0.0031–0.082                            |              | n.d.                       |              | n.d.                       |              | n.d.                       |              | n.d.                       |   |
| OTA              | 5            | 2                          | 0.0115–0.228                            | 4            | 7                          |              | n.d.                       |              | n.d.                       |              | n.d.                       | 0.008–0.773   |
|                  | 4            | 1                          |   |              |                            |              |                            |              |                            |              |                            |   |
|                  | 5            | 1                          |   |              |                            |              |                            |              |                            |              |                            |   |

ROQC: Roquefortine C; STERO: Sterigmatocystin; CHAETO: Chaetoglobosin A; AFB: Aflatoxins; RORE: Roreidin; OTA: Ochratoxin

*Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus versicolor*, *Chaetomium globosum* og *Stachybotrys chartarum* har været tilstede i et eller flere huse



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
ÅLBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

25



26



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
ÅLBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN



## Skimmelsvampe og helbredsgener

### Generelle symptomer

- Eksem
- **Hovedpine\***
- Ekstrem træthed
- **Svimmelhed\***

### Slimhidesymptomer

- Hæshed\*
- Øm hals\*
- Kløe i øjnene
- Stoppet næse

### Lungesyntomer

- Hoste\*
- Astma
- Bronkitis\*

### Sunde og raske mennesker:

- meget individuelt
- stressramte er mere følsomme

### Syge og udsatte personer:

- Kræftpatienter i kemoterapi
- Transplanterede personer
- HIV og AIDS patienter
- Personer med ubehandlet sukkersyge
- Spædbørn
- Allergikere og astmatikere

### Mykologer, der arbejder med svampe:

- Hovedpine af *Penicillium chrysogenum*
- Summende læber af *Penicillium polonicum*
- Næseblod af *Stachybotrys chartarum*
- Hududslæt af *Stachybotrys chartarum*

\* kan også skyldes andre indeklimafaktorer:  
dårlig belysning, vibrationer, støj, sygdom etc.

Årsagssammenhængen mellem astma/allergi og fugt/mug er bevist (WHO 2009),  
men de enkelte symptomer kan også have mange andre årsager

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

27

## En bygning med skimmelvækst kan give helbredsproblemer

### Andre forhold end svampe kan give lignende symptomer

#### Bygningsmaterialer kan indeholde toksiske komponenter:

PCB, formaldehyd eller flammehæmmere

#### Bygningsbrugerne kan også selv tilføje:

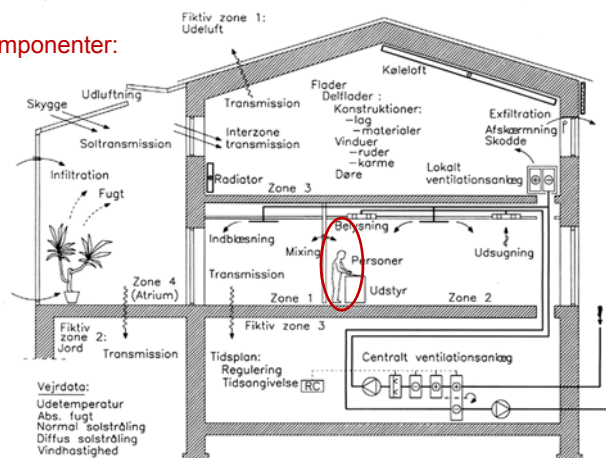
Røg fra brændeovne, køkken, m.m.

Ryging

Rengøringsmidler

Parfumer

...



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

28

# Vækst af skimmelsvampe i bygninger



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

29

## Mikroorganismer: hvad ser vi i bygninger?

For det meste ser vi skimmelsvampe og rådsvampe fordi de er de første, der vokser på et opfugtet materiale, og fordi de bliver store farvestrålende kolonier.

En svampekoloni vokser meget hurtigt og bliver synlig i løbet af få uger, ja måske dage!

**Bakteriekolonier** er for det meste farveløse og forbliver små (1-2 mm)

**Mider** kravler rundt på svampene og spiser dem



30

## Hvorfor gror svampene i vores bygninger?

Vi har etableret et nyt habitat hvor føde er lettilgængeligt og hvor der er meget lidt konkurrence



Svampesporer

Svampesporer er alle steder: De svæver rundt som pollen gør

**Vækst**

Føde

Vand

De fleste byggematerialer er organiske materialer, der nedbrydes af svampene

Vand er den letteste parameter at kontrollere  
**INGEN** vand = **INGEN** vækst



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

31

## Fugt-indikator-skimmelsvampe

Særlig biologisk aktive svampe (SBAS) = skimmelsvampe, der kan producere toksiner på byggematerialer

| Frekvens (%) | Svampeart<br>* Særlig biologisk aktive svampe<br>= SBAS'er | Beton | Gips-plader | Glasfiber-tapet | Papir-tapet | Kryds-finer | Træværk |
|--------------|--|-------|-------------|-----------------|-------------|-------------|---------|
| 39,7         | <i>Penicillium chrysogenum</i>                             | 18    | 14          | 2               | 5           | 4           | 15      |
| 15,6         | <i>Aspergillus versicolor</i> *                            | 26    | 4           | 3               | 7           | 1           | 10      |
| 7,8          | <i>Acremonium</i> spp.                                     | 14    | 8           | 3               | 6           | 5           | 15      |
| 4,9          | <i>Cladosporium sphaerospermum</i>                         | 10    | 4           | 3               | 6           | 11          | 16      |
| 3,3          | <i>Sporothrix</i> spp.                                     | 21    | 4           | 2               | 4           | 2           | 7       |
| 3,1          | <i>Chaetomium globosum</i> *                               | 35    | 9           | 2               | 3           | 2           | 18      |
| 2,6          | <i>Aspergillus niger</i>                                   | 35    | 5           | 0               | 1           | 0           | 23      |
| 2,6          | Gær  | 7     | 5           | 3               | 2           | 9           | 39      |
| 2,1          | <i>Ulocladium alternariae</i>                              | 3     | 15          | 2               | 16          | 1           | 9       |
| 1,9          | <i>Stachybotrys chartarum</i> *                            | 4     | 39          | 10              | 8           | 0           | 7       |
| 1,5          | <i>Cladosporium herbarum</i>                               | 15    | 5           | 1               | 3           | 9           | 27      |
| 0,4          | <i>Trichoderma harzianum</i> *                             | 16    | 9           | 2               | 2           | 8           | 30      |

*Aspergillus versicolor* kommer, når der er høj luftfugtighed og på de fleste materialer

*Chaetomium*, *Stachybotrys* og *Trichoderma* kommer kun, når der er meget vådt og mest på gips, pap, krydsfiner og andet træværk

32

## Indtrængende vand

### Regulære vandskader:

Oversvømmelse – dårligt design/placering  
 Skybrud – utætte tage/fundamenter  
 Sprængte vandrør  
 Opstigende kloakvand  
 Slukning ved brand



33

## Høj fugtighed indefra

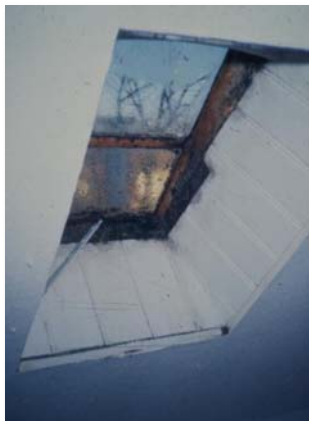
### Indendørs aktiviteter:

Liv (udånding/sved)  
 Brusebade  
 Tørring af tøj  
 Madlavning

### Byggesjusk:

Forkert monteret/ødelagt/manglende

- ventilationsanlæg
- friskluftskanaler
- fugt/dampspærre
- emhætter
- isolering (vægge, tag, vandrør)



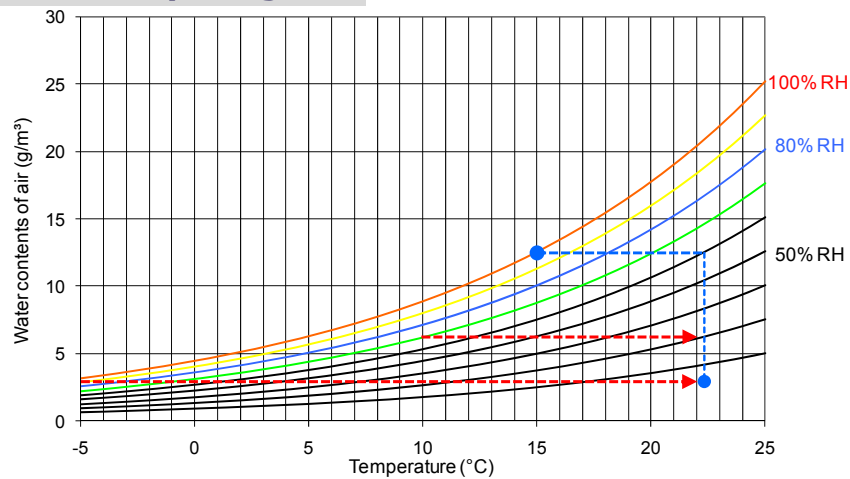
En familie på 4 genererer  
 vanddamp/fugt svarende  
 til  
 10 liter vand i døgnet



34



### Vand/damp-diagram



**Varm luft kan indeholde mere vand (g/m<sup>3</sup>) end kold luft:**

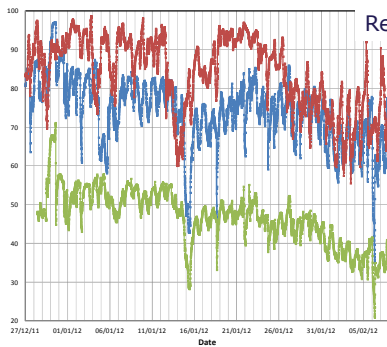
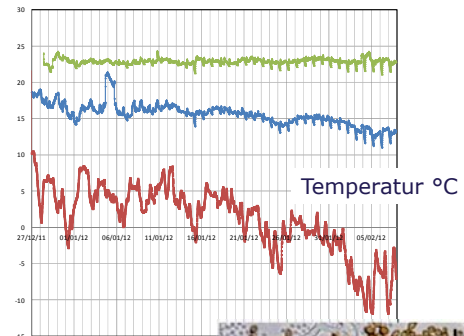
**Forår:** udenfor: +10°C og 70 % (6.4 g/m<sup>3</sup>). Indenfor: +22°C medfører 30 %RH  
**Vinter:** udenfor: -5°C og 90 % RH (2.9 g/m<sup>3</sup>). Indenfor: +22°C medfører 18 %RH

**Vinter:** Inde: +22°C; RH: 60% (= 12.5 g vand/m<sup>3</sup>). Kuldebro: 15°C → RH: 100 % = **VÆKST**

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN



## Svampe og kuldebroer

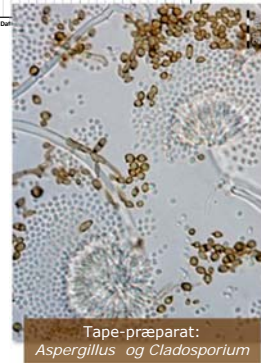


Relativ fugtighed %

**Inde midt i rummet:**  
21-24°C / 30-60 %RH

**Kuldebro:**  
11-17°C / 58-88 %RH

**Udenfor:**  
-12-+8°C / 58-98 %RH



Tape-præparat:  
Aspergillus og Cladosporium

NS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
IDRØG UNIVERSITET KØBENHAVN

## Svampe i kølerum og andre kolde steder

Kølerum er en speciel udfordring, hvis der ikke er affugtning

Varm (22 °C) og fugtig luft (60 % RH) trænger ind, kondenserer øjeblikkeligt og sætter sig i pakninger, pap og prøver

**Cladosporium** på døren til kølerum, men ingen sporer i luften



Kondens = dryppende vand → svampevækst nedeunder



Køleskab med vækst af **Cladosporium**

ATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
KØBENHAVNS UNIVERSITET

## Skimmelsvampevækst i ventilationsfiltre



Hvis filtrene er tilstoppede/beskidte/fugtige, så

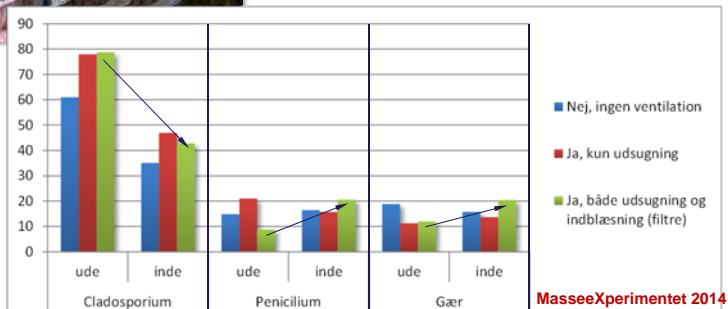
- stiger antallet af *Penicillium* sporer i indeluften
- stiger antallet af gærceller i indeluften
- stiger koncentrationen af mVOC'er

Gær og *Penicillium*-arter vokser i filtrene

Svampevækst og mVOC-dannelse **kan** resultere i helbredsgener, så som hovedpine og irriterede øjne

Ventilationsfiltre skal skiftes regelmæssigt

1-2 gange om året



MasseXperimentet 2014

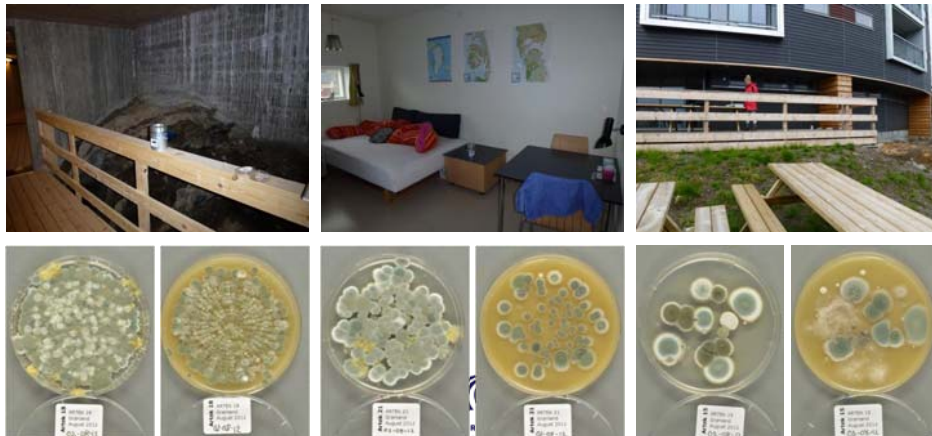
39

## Uhensigtsmæssig design: åben "krybekælder"

Apisseq kollegiet i Sisimiut, Grønland: luftprøver i kælder, inde på kollegieværelse og ude på tilhørende terrasse

Langt de fleste svampekolonier er *Penicillium* (mest *P. polonicum*) og den største koncentration er i kælderen. Det tyder på, at denne svampeart vokser i kælderen og så slæbes med rundt i bygningen eller siver ud gennem sprækker, døre og vinduer, da der normalt ikke forekommer *P. polonicum* sporer i udeluften – sammenlignet med andre prøver. *P. polonicum* giver store lugtgener.

Det var koldt og tåget, da prøverne blev taget, hvilket betyder at der ikke er så mange sporer i udeluften som på en tør og varm dag.

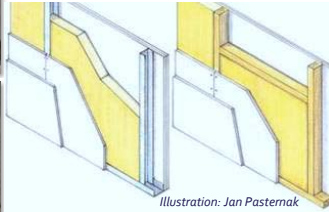


40

## Forkert materialevalg/design

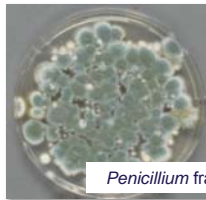


Oversvømmelse  
på grund af smeltevand

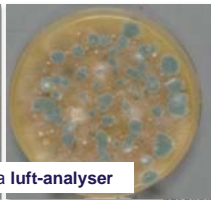


OSB/gips konstruktion i  
stue-etage

Illustration: Jan Pasternak



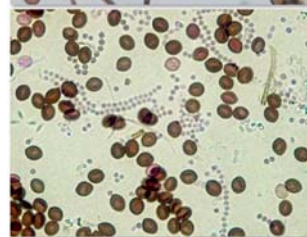
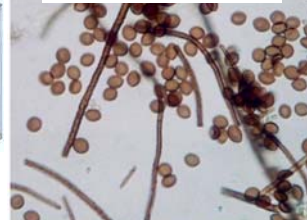
Penicillium fra luft-analyser



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN



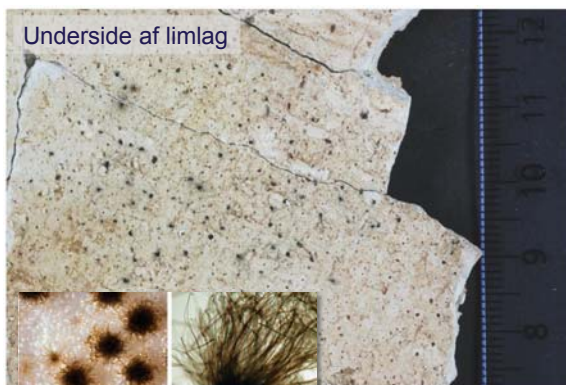
Chaetomium fra tape-aftryk



41

## Manglende vedligeholdelse

Gennemgang af bygningen og rummet (tidligere vandskade?)  
Fugtmåling i gulv og vægge (hvor kommer fugten ind?)  
Åbning af konstruktion (gennem svampen sig?)



Underside af limlag

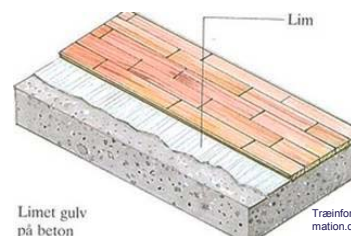


Chaetomium globosum  
lugter af kloak/våd hund

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN



Overside af limlag



Limet gulv  
på beton

Træinfor-  
mation.dk

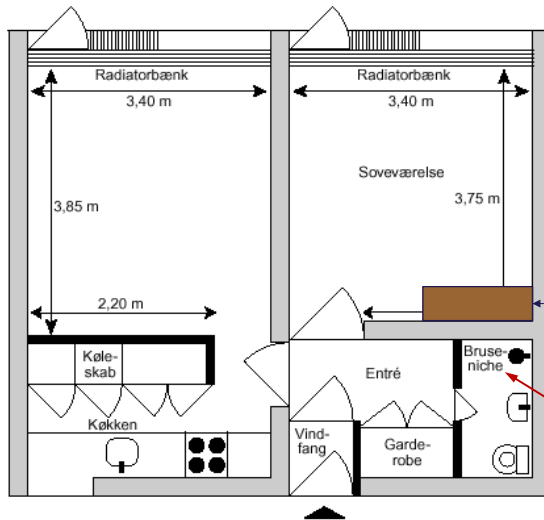
Indtrængende  
grundfugt/regn gennem  
defekt fundament

42



## Manglende vedligeholdelse

Massiv vækst af *Aspergillus restrictus* indikativ for mider, som er meget allergene



Indbygget garderoberum

Manglende fuger i væg- og gulvmosaikkerne: kun sporadisk vækst af *Phoma glomerata*

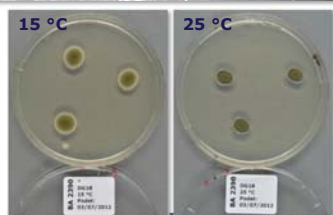
## Bygge- og renoveringssjuk



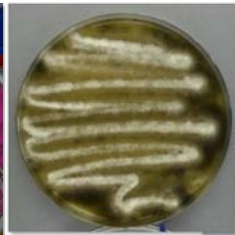
Fugtophobning på grund af forkert/ingen ventilation



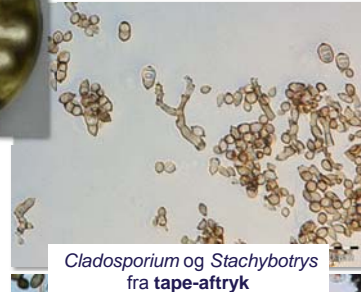
*Cladosporium sphaerospermum* kan tolerere store udsving i fugtighed og temperatur



## Gør det selv – men ikke gjort godt!

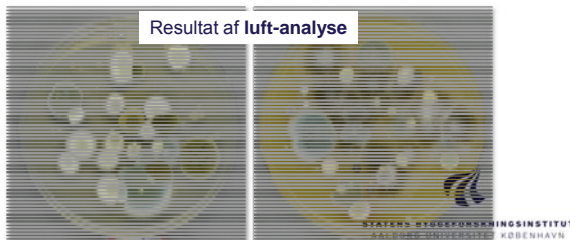


*Stachybotrys* og *Aspergillus*  
fra vatpinde-svab på V8

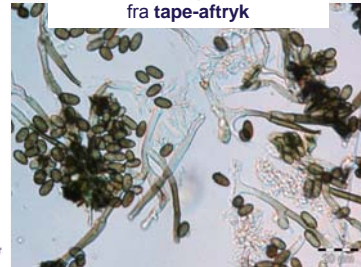


*Cladosporium* og *Stachybotrys*  
fra tape-aftryk

*Cladosporium*: sporer, der ofte sidder fast på trods af udtørring  
*Stachybotrys*: våde sporer, der bliver siddende indtil gipsen tørrer ud  
*Penicillium* og *Aspergillus*: tørre sporer, der altid sidder løst



Resultat af luft-analyse



45

## Måling af skimmelsvampevækst på overflader

| Metode         | Prøvetagning                        | Resultat                                     | Begrænsning /<br>forholdsregler   |
|----------------|-------------------------------------|--|---|
| Enzymaktivitet | Opsamling af<br>biomasse på vatpind | Angiver mængden<br>svampespecifikt enzym     | Giver ingen typebestemmelse<br><br>Gammel skimmelsvamp giver<br>lavere signal |
| DNA            | Opsamling af støv på<br>vatpind     | Mængde og type af<br>skimmelsvamp            | Begrænset referencemateriale  |
| Protein        | Opsamling af<br>biomasse på vatpind | Farveindikator angiver<br>mængden af protein | Er ikke selektiv for<br>skimmelsvamp  |
| ATP            | Opsamling af<br>biomasse på vatpind | Angiver mængden af<br>ATP fra levende celler | Er ikke selektiv for<br>skimmelsvamp  |

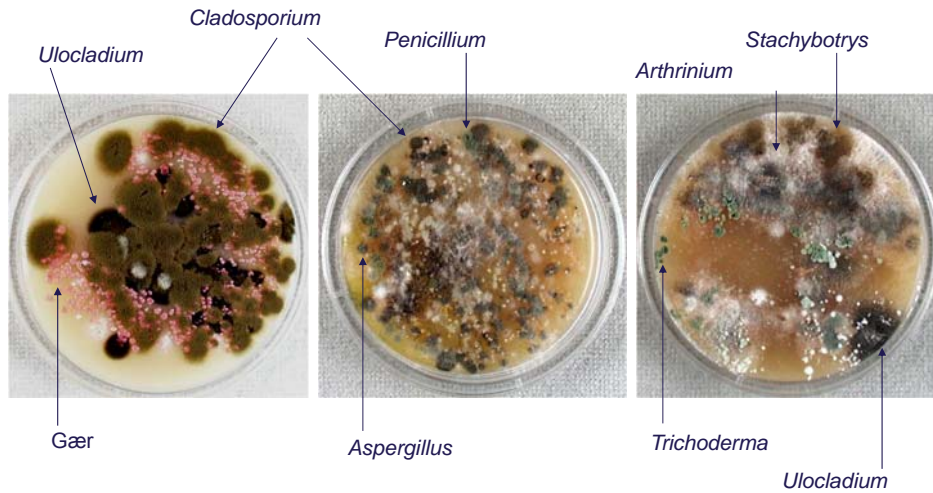


STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

46



## Forskellige svampesporer fra vægge, der vokser på kontaktplader

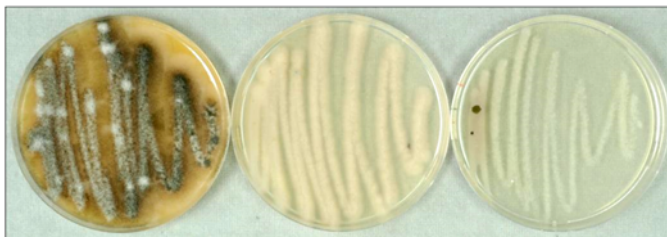


STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

47

## Svab med vatpinde (V8, Maltagar & DG18)

← Stigende vandaktivitet ( $a_w$ ) i dyrkningsmediet ■



V8

Maltagar

DG18

Renkultur af  
*Stachybotrys*  
fra gips



Blandede kulturer af  
*Stachybotrys*  
og *Penicillium*

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

48

## Måling af skimmelsvampevækst på overflader

| Metode           | Prøvetagning                                    | Resultat                       | Begrænsning / forholdsregler  |
|------------------|---|--------------------------------|---|
| Dyrkning på agar | Opsamling af biomasse på vatpind                | Mængde og type af skimmelsvamp | Svar efter 5-7 dage<br>Finder kun spiredygtige sporer<br>Kræver mikrobiologisk ekspertviden |
|                  | Aftryksplade                                    | Mængde og type af skimmelsvamp | Svar efter 5-7 dage<br>Finder kun spiredygtige sporer<br>Kræver mikrobiologisk ekspertviden |
| Tapeprøve        | Opsamling af biomasse på tape der mikroskoperes | Mængde af skimmelsvamp         | Kun få arter kan bestemmes<br>Kræver mikrobiologisk ekspertviden                            |



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

49

## Luftprøver

Fugtigt indendørs klima:  
mange *Penicillium* og *Aspergillus*, fx fra vægge



Lav  $a_w$   
DG18

Høj  $a_w$   
V8

Støvet indendørs klima:  
mange *Eurotium* og *Mucor*



Lav  $a_w$   
DG18

Høj  $a_w$   
V8



"Udendørs-agtigt" indendørs klima:  
mange *Cladosporium*, fra udendørs luft



Ukendt indendørs klima:  
Ingen svampevækst?

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

50

## Generelt om overflademålinger

- En overfladeprøve fortæller kun noget om forholdene det sted prøven er taget.
  - Fortolkning
  - Afgrænsning
- Der skal altid foretages en fugtmåling der hvor der udtages en overfladeprøve.
- Ved kvalitetskontrol efter skimmelsanering skal vælges den rette målemetode ud fra saneringsmetode.
  - Metoder der kræver dyrkning på agar kan ikke bruges efter kemisk afrensning, da evt. efterladte døde sporer ikke vil blive registreret ved dyrkningsmetoden.
  - Enzymbaseret metode kan bruges ved alle afrensningsmetoder da den måler på alle svampedele.



## Generelt om luftmålinger

- Luftmålinger alene kan ikke klarlægge, om der er skimmelsvampevækst i din bygning
- Luftmålinger kan klarlægge, om der er skimmelsvampepartikler i indeklimaet
- Enzymbaserede luftprøver er velegnet til kvalitetskontrol af rengøring i forbindelse med skimmelsanering
  - Man kan teste rengøringen under "worst case scenario" forhold
  - Der foreligger referenceværdier på bygninger uden skimmelsvampevækst.



## Ingen detektionsmetode får det hele med



Gammel fugtskade i 2012



Tre år senere  
2015  
efter afrensning

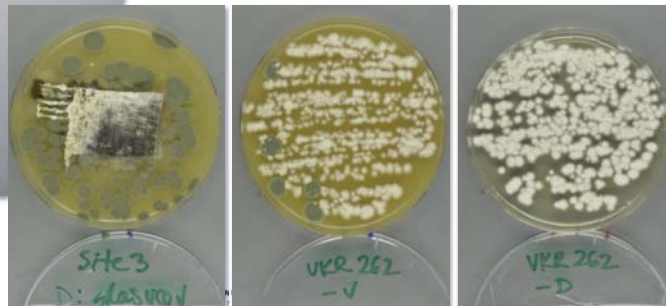
Skimmelsvampe er svære  
at få ud

**Swab-prøver på væg under glasvæv:**  
*Aspergillus versicolor* er der stadig

**Glasvævsprøve:**  
*Cladosporium sphaerospermum* og *Penicillium brevicompactum*

**DNA-prøver af glasvæv:**  
*Cladosporium* arter + gær  
men ingen *Aspergillus* eller *Penicillium*

**Luft-prøver midt i rummet:**  
*Aspergillus* og *Penicillium*, men igen ingen *Cladosporium*



53

## Acceptgrænser for synlig skimmelsvampevækst

|                      |                       |   |
|----------------------|-----------------------|---|
| Byggeskadeforsikring | 400 cm <sup>2</sup>   | Total areal, også pletvis   |
| Sundhedsstyrelsen    | 5-600 cm <sup>2</sup> | "Nogle håndflader" (ikke-opholdsrum)<br>"Endnu mindre områder" (opholdsrum) |
| Bygning i brug       | 2500 cm <sup>2</sup>  | SBi anvisning 204   |
| Efter renovering     | 0 cm <sup>2</sup>     | "Al skimmelvækst fjernet" (SBI 205)   |



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

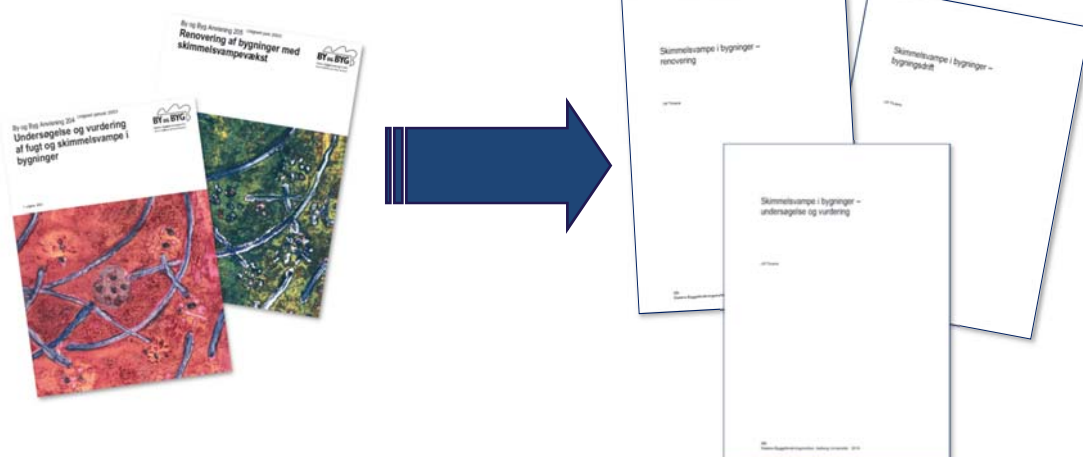
54

## Acceptgrænser for skjult skimmelsvampevækst

|                      |  |
|----------------------|--|
| Byggeskadeforsikring | "...udgør en generel og ikke ubetydelig risiko for sundhedsskade..."   |
| Sundhedsstyrelsen    | "Lette angreb (i konstruktionen)... vil normalt ikke være af sundhedsmæssig betydning...men bør udbedres..." |
| Bygning i brug       | 3 m <sup>2</sup> "...men bør altid undersøges..." (SBI 204)  |
| Efter renovering     | 0 m <sup>2</sup> "...al skimmelvækst fjernet..." (SBI 205)   |



## Forslag til nye anvisninger





## Vedligeholdelse

Hvad virker på skimmelsvampe??

### Forebyggelse!

Vaskepulver og knofedt



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

57

## Hvad skal man gøre, når skaden er sket

Stop vandet i at komme ind / stop fugten i at opstå  
Kontakt de bygningsansvarlige (akutte skader)/sikkerhedsrepræsentant  
Sug/skovl/tør vandet op

### **START AFFUGTNING HURTIGST MULIGT**

Fjern vådt inventar og gennemvåde porøse materialer

**Hvis** der opstår skimmelvækst skal det fjernes hurtigst muligt  
af professionelle efter Sbi Anvisning 205  
**Der findes ikke nogle billige, hurtige eller nemme løsninger**

### **UNDGÅ AT FUGT OPSTÅR OG AT VAND KOMMER IND**

- vedligehold løbende
- renover med det samme
- uddan brugerne i korrekt adfærd (der passer til bygningens beskaffenhed)



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

58

## Forebyggelse

### Bygherre/boligejer

- ved at **reparere** og **vedligeholde** eksisterende bygninger
- ved at **klimasikre** eksisterende bygninger
- ved at bygge nye bygninger, der er tilstrækkeligt godt **isoleret** og **ventileret**
- ved at bruge **robuste** materialer, der hvor der kan opstå fugtproblemer (bad etc.)
- ved **ikke** at flytte ind i nye bygninger før **byggefugten** er ude

### Beboerne

- ved **ikke** at tørre tøj indendørs
- ved **ikke** at lave mad uden brug af emhætte eller åbne vinduer
- ved **ikke** at tage brusebad for åben dør
- ved at tørre badeværelset af efter brug
- ved at holde en rumtemperatur over 18-20 °C i **hele** boligen
- ved at lufte ud i soveværelset hver morgen
- ved at lave **gennemtræk** 3 gange om dagen i 3 min

STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

59



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

60

## Baggrund

skimmel.dk blev lanceret i 2008 som en del af en informationskampagne om fugt og skimmelsvamp i almene boliger

Udfører gratis uvildig videnformidling og rådgivning per telefon og mail

Drives i samarbejde mellem

- Landsbyggefonden
- Grundejernes Investeringsfond
- Statens Byggeforskningsinstitut

## Formål

- Give boligorganisationerne det bedst mulige beredskab på skimmelsvampeområdet
- Formidle viden om forebyggelse og god brugeradfærd til driftspersonale og beboere
- Give kvalificeret og upartisk rådgivning til driftspersonale og beboere



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

61

## Spørgsmål ?



Wulffmorgenthaler, Politiken 30. november 2014



STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT  
AALBØRG UNIVERSITET KØBENHAVN

62