

Mögelpåväxt under varierande fukt- och temperaturförhållanden

Lars-Olof Nilsson
Byggnadsmaterial, LTH

S Olof Mundt-Petersen
Byggnadsfysik, LTH

Tord Isaksson
Sven Thelander
Konstruktionsteknik, LTH



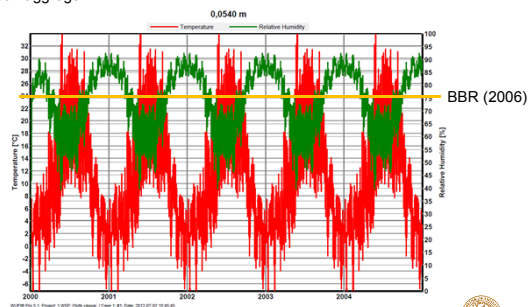
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lund universitet

Tidsserier av RF och T

Klimatdata för Lund, 5 år
Utsida väggregel



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

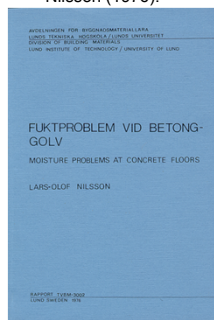


LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lund universitet

$RF_{krit} = 75\%$ (?)

Var kommer det ifrån?

Nilsson (1976)!



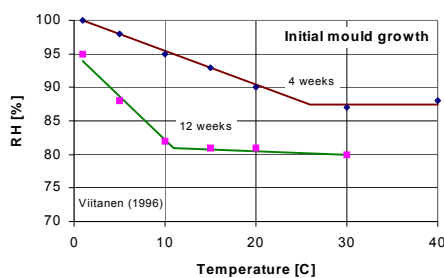
| FÖRSLAG TILL KRITISKA FUKTTILLSTÄND (i samband med golv) | | | |
|---|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------|
| Material | Skadetyper | Skadeorsak | RF _{KRIT} (%) |
| Plastbaserade material | svällning, blåsbildning | fuktrörelser | 95-100 |
| | krampning | mjukgörarvandring, nedbrytning av lim | jfr golvläm |
| Golvläm | nedbrytning, vidhäftningsförlust | förtvålning, ofullständig förkärning | 90-95 |
| Träbaserade material | svällning | fuktrörelser | >75 |
| | röta | svampangrepp | ~ 80 |
| Organiska material (inkl trä) | dålig lukt | mögel- och svampangrepp | ~ 75 |

De kritiska fukttillstånden beror i vissa fall på materialkvaliteter samt i andra på materialens funktion i konstruktionen.

Uppsala-avhandling 1996

Kursmaterial MCS 2000-, Chalmers 2001-, Byggdoktorkurser 2003-, LTH 2004-,

$RF_{krit}(T, \text{tid})$ för mögletablering



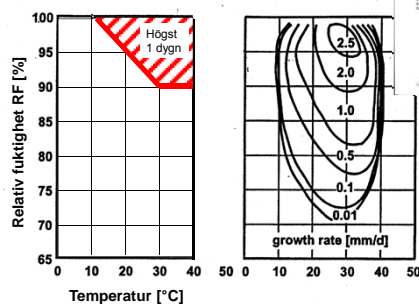
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lund universitet

BBR(2006): "Väl undersökta och dokumenterade" kritiska fukttillstånd för mögelpåväxt

Byggvägledning 9 Fukt:

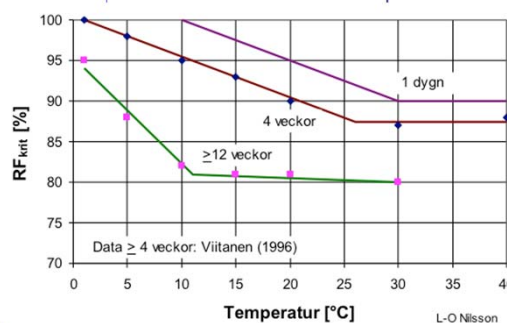


SP



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lund universitet

WoodBuild, delprojekt E1. Rapport 2009:

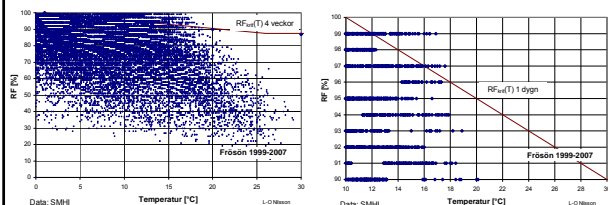


SP Sveriges Tekniska

L-O Nilsson



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lund universitet

Svenskt uteklimat, som $RF(T, t)$ Inte fuktigt särskilt länge över $RF_{krit}(4v.)$ Mycket sällan fuktigare än $RF_{krit}(1d.)$ 

Nilsson (2010)

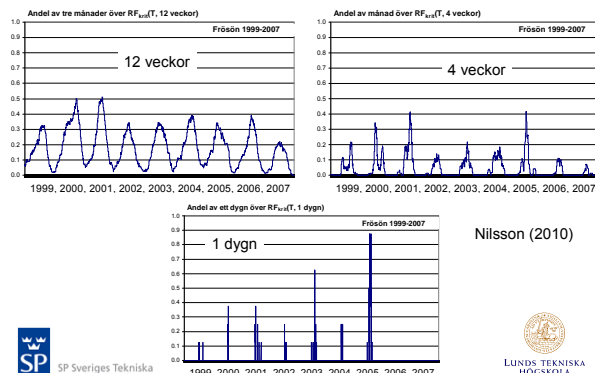


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Svenskt uteklimat, som varaktighet/kritisk varaktighet



Nilsson (2010)

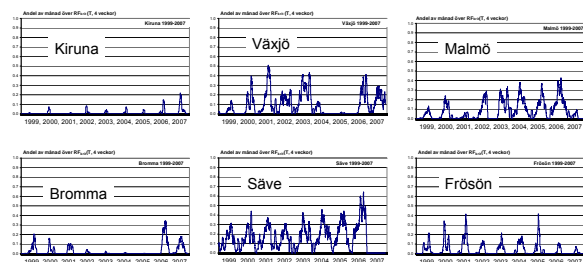


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Svenskt uteklimat, som varaktighet/kritisk varaktighet



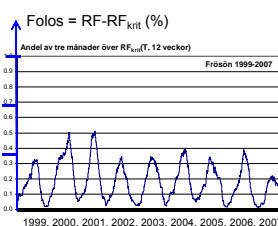
Nilsson (2010)



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

S Olof! Är det så du gör för att få Foloskurvan? (men skalan i $RF - RF_{krit}$ (%))

Se nästa bild!

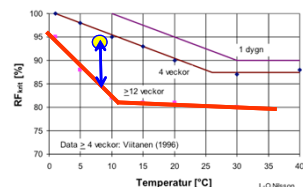


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Foloskurvan, Mundt-Petersen (2012)



1. Viitanens $RF_{krit}(T, t = \infty)$
2. Hur mycket över? (inte bara att!) $RF(t) - RF_{krit}(T(t))$
3. Rita upp det som $f(tid)$!



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Folos 2D-bild, exempel

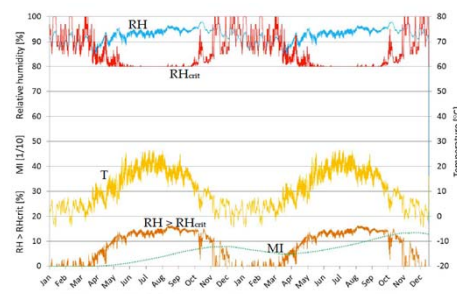


Figure 3: The Folos 2D visual mould chart with calculated values for the basic construction (BC) shown in Figure 4 including the parameters temperature (yellow), RH (turquoise), RH_{ext} (red), $RH > RH_{ext}$

Mundt-Petersen et al (2012)



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

Men

Effekterna av torra perioder finns inte med!

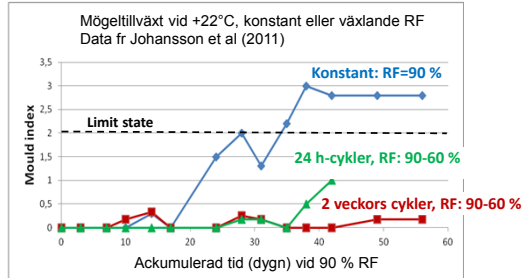
- Om det inte är fuktigt tillräckligt länge för att nå över $RF_{krit}(T,t)$ för aktuell varaktighet, vad händer nästa gång det blir fuktigt?
- Man kan inte bara addera varaktigheter!
- Då skulle det alltid mögla så småningom!
- Det gör det inte!



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lund University

Men



Två verktyg försöker hantera detta:

- Wufi-Bio & WoodBuilds MRD-modell

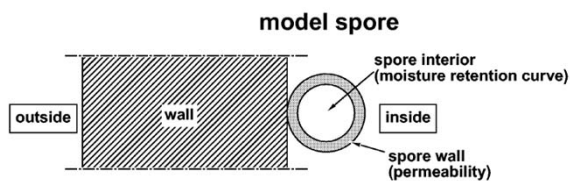


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lund University

WUFI Bio

Modell som beskriver hur en mögelspor gror och tillväxer som funktion av T och RH.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

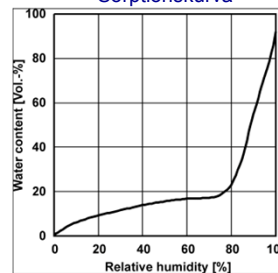
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lund University

WUFI Bio

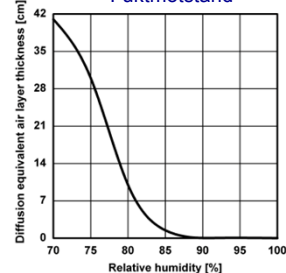
Modell som beskriver hur en mögelspor gror och tillväxer som funktion av T och RH. Vid torra och/eller kalla perioder avstannar tillväxten utan återhämtning.

Fuktegenskaper hos modellsporen:

Sorptionskurva



Fuktmotstånd



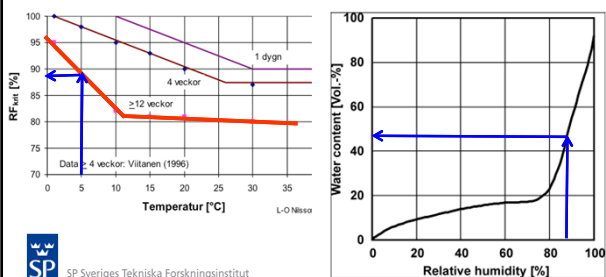
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lund University

WUFI Bio

Sporgroning sker då fukthalten kommit över en kritisk fukthalt!

Ex. +5°C



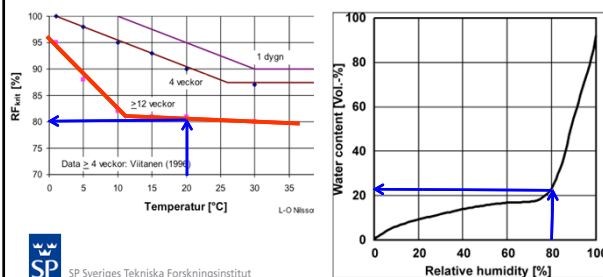
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lund University

WUFI Bio

Sporgroning sker då fukthalten kommit över en kritisk fukthalt!

Ex. +20°C

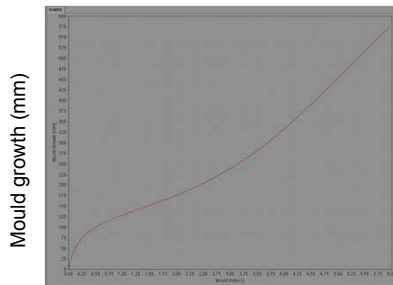


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA
Lund University

WUFI Bio

Resultatet beskrivs som "mould growth" i millimeter. Detta mått har kalibrerats mot Viitanens "mould index" som i princip kan jämföras med MRD-index



Mould index (-)



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

MRD-modellen (Woodbuild)

Modellen är framtagen av Konstruktionsteknik LTH och SP inom Woodbuild-projektet (2008-2012).

Beskriver risken för mögel (skala 0 till 5) som funktion av $[RF(t), T(t)]$

| Extent of mould growth | Classification | Description |
|------------------------|----------------|--|
| None | 0 | No surface growth |
| Trace | 1 | Little, or very scattered, growth |
| Light | 2 | Slight mould growth, spread over the surface |
| Medium | 3 | Substantial growth distributed in patches on the surface |
| Heavy | 4 | Substantial growth across the entire surface |
| Very heavy | 5 | Very substantial growth across the entire surface |

Vi betraktar index 2 som gräns mellan acceptabel och icke acceptabel mögelförekomst.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

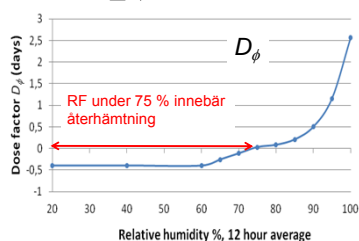
MRD-modellen

RF och T bestäms för 12-timmarsperioder. För varje period beräknas produkten av en temperaturdos D_T och en fuktdos D_ϕ

$$D_{12} = D_\phi(\phi_{12}) \cdot D_T(T_{12})$$

Total dos för aktuell period beräknas

$$D(t) = \sum_{i=1}^{n_{12}} D_\phi(\phi_{12i}) \cdot D_T(T_{12i})$$



SP Sver



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

MRD-modellen

Total dos jämförs med en kritisk dos

$$\frac{D[\phi(t), T(t)]}{D_{crit}}$$

D_{crit} är en materialparameter som uttrycker hur stor dos D ett material tål innan det passerar ett gränstillstånd, exempelvis när mögelindex 2 uppnås.

Under torra och/eller kalla förhållanden blir dosen negativ, dvs möglet "går tillbaka"



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



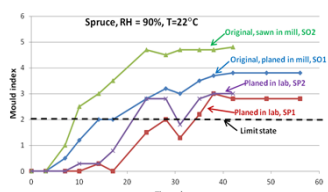
LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

MRD-modellens materialparameter D_{crit}

Inom Woodbuild har ett omfattande experimentell arbete genomförts för att kalibrera MRD-modellen samt bestämma materialparametern D_{crit} som funktion av

- Träslag (gran, fur)
- Behandling (ytstruktur, när ytan bearbetas)
- Exponering (RH, T, cykliskt, okulering)

Exempel på effekt av material och behandling visas i diagrammet



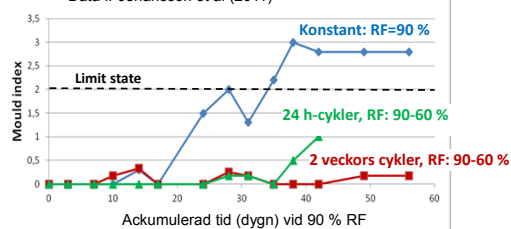
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Effekt av RF växlingar mellan 90 och 60 %

Mögeltillväxt vid +22°C, konstant eller växlande RF
Data fr Johansson et al (2011)



Perioder med RF under 75 % har en tydligt hämmande effekt på mögeltillväxten.

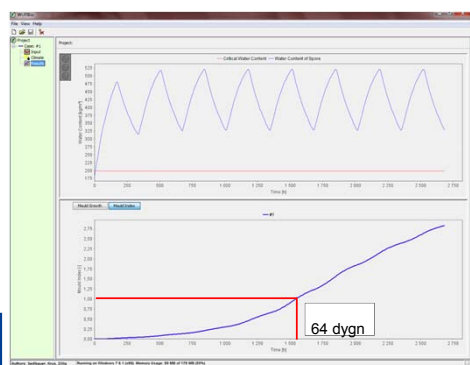


SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

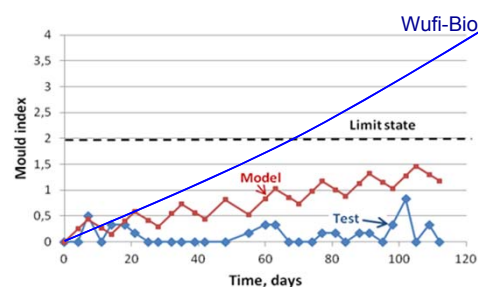


LUNDS TEKNISKA
HÖGSKOLA
Lunds universitet

Effekt av veckoväxlingar RF = 90 & 60 % +22°C. Wufi-Bio



Effekt av veckoväxlingar RF = 90 & 60 % +22°C. MRD-modellen

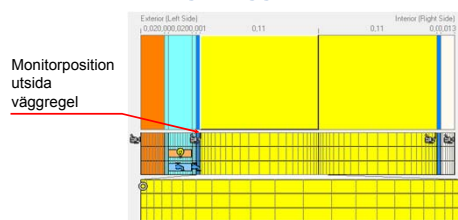


Några tillämpningsexempel

- Typisk yttärvägg med träreglar och isolering belägen i Lund respektive Stockholm
- Yttärväggskonstruktion typisk för 70-talshus med träreglstomme med skalmur i tegel. Olika antaganden om luftomsättningar i luftspalten

Här visas endast resultat från WUFI-beräkning. Val av indata och andra förutsättningar redovisas inte närmare. Resultaten skall bara användas för att visa hur mögelmodellerna fungerar.

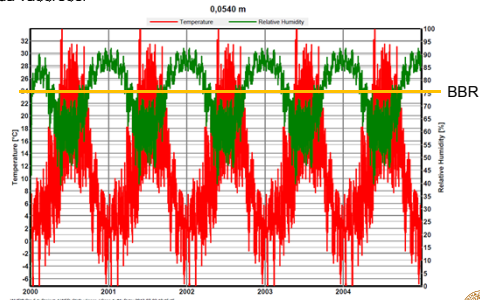
Träregelvägg med träfasad



- Utdata från WUFI är tidserier av kopplade värden av relativ fuktighet (RH) och temperatur (T) i en viss punkt i en konstruktion.
- Hur ser risken för mögel ut på regeln närmast mot vindskyddet?

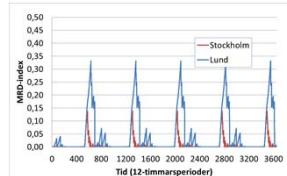
Tidsserier av RH och T

Klimatdata för Lund, 5 år
Utsida väggregel



Resultat

MRD-modellen



WUFI Bio

Ingen återhämtningsfunktion vid torra och/eller kalla förhållanden. Kommer förr eller senare att bli mögel så länge det finns perioder med RH > 75%

