



Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

Torun Widström
KTH
Institutionen för Bygghvetenskap
Avd. Byggt teknik



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 1



VARFÖR?

Varför stämmer inte alltid praktik med teori inom simulering av kulturhistoriska byggnader?

Kort svar:

Tid

- Tid för insamling av indata
- Tid för att bygga simuleringsmodellen och lägga in indata
- Tid för att köra modellen – inklusive kalibrering
- Tid för att analysera resultaten och dra rätt slutsatser



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 2



VARFÖR?

Varför stämmer inte alltid praktik med teori inom simulering av kulturhistoriska byggnader?

Längre svar:

Verklighet vs. teori

- Teorin är praktiskt begränsad/avgränsad/kontrollerbar
- Verkligheten komplex, integrerad

Alltså gör vi förenklingar av verkligheten = bygger in en felmarginal i vår modell.

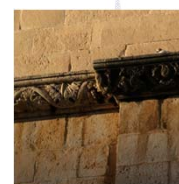
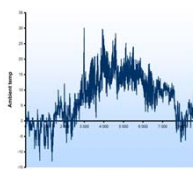
Adderar till osäkerheter i indata.



VARFÖR?

Simuleringsprocessen och osäkerheter

Verklighet



Matte `if (T >= 0)
vsat = global_a * pow(global_b + T/100,global_c) / (461.51*(T+273.15));
else
vsat = global_d * pow(global_e + T/100,global_f) / (461.51*(T+273.15));`

Resultat


Beslutsunderlag

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VARFÖR?

Simuleringsprocessen och osäkerheter

Verklighet



Matte

```

if (T >= 0)
  vsat = global_a * pow(global_b + T/100,global_c) / (461.51*(T+273.15));
else
  vsat = global_d * pow(global_e + T/100,global_f) / (461.51*(T+273.15));
  
```

Resultat

Beslutsunderlag

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader


4

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VARFÖR?

Simuleringsprocessen och osäkerheter

Verklighet



Matte

```

if (T >= 0)
  vsat = global_a * pow(global_b + T/100,global_c) / (461.51*(T+273.15));
else
  vsat = global_d * pow(global_e + T/100,global_f) / (461.51*(T+273.15));
  
```

Resultat

Beslutsunderlag

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

4

 **VAD?**

Komplexitet i objektet

- Geometri – valv, torn, rundade väggar i absider eller burspråk, lönngångar...
- Uppbyggnad av byggnadskomponenterna – luftspalter mellan olika lager av konstruktionerna, byte av material/utfyllnad
- Heterogenitet, påverkan av skador/nedbrytningsprocesser mm



Osäkerheter i indata

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 5


 **VAD?**

Indata

Ventilation

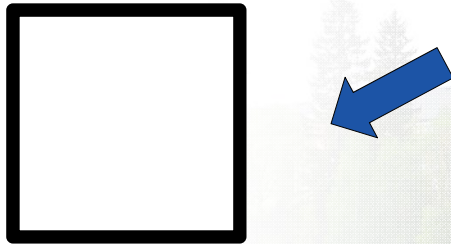
- Ofta naturlig och
- Ofta relativt stort läckflöde
- Påverkan av turbulens pga oregelbunden geometri

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 7


 **VAD?**

Indata

Ventilation

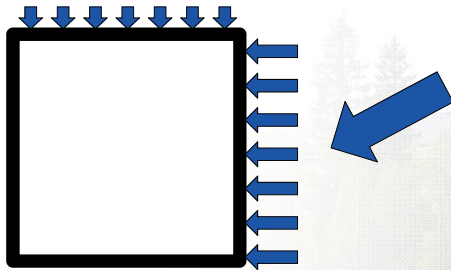


Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 8

 **VAD?**

Indata

Ventilation



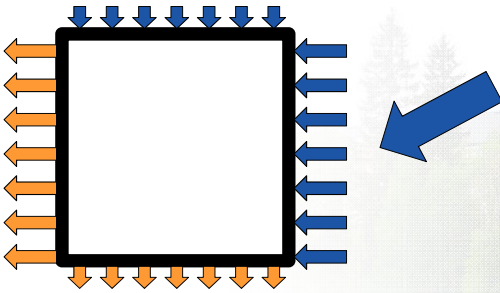
Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader 8

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation



The diagram shows a square building with a thick black border. On the top edge, there are 10 blue arrows pointing downwards into the building. On the left edge, there are 10 orange arrows pointing outwards. On the right edge, there are 10 blue arrows pointing outwards. On the bottom edge, there are 10 orange arrows pointing downwards. To the right of the building, a large blue arrow points towards a faded image of a church with a tall steeple. The church is partially obscured by green foliage.

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

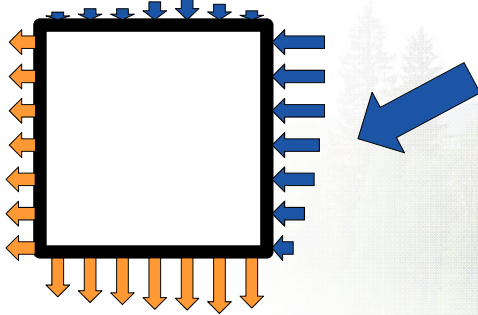
8

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation



The diagram shows a square building with a thick black border. On the top edge, there are 10 blue arrows pointing downwards into the building. On the left edge, there are 10 orange arrows pointing outwards. On the right edge, there are 10 blue arrows pointing outwards. On the bottom edge, there are 10 orange arrows pointing downwards. To the right of the building, a large blue arrow points towards a faded image of a church with a tall steeple. The church is partially obscured by green foliage.

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

8

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

8

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

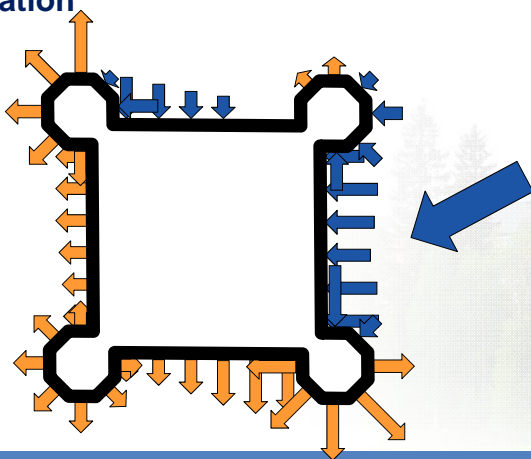
8

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader


8

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Indata

Ventilation



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

9

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg

Funktionalitet

- Vad är simuleringsverktöget avsett att leverera?
- Helbyggnadssimulering nödvändigt för att bestämma de olika utrymmenas generella temperatur och fuktförhållanden
- Men om problem uppstår, så uppstår de inte mitt i rumsluften...



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

10

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

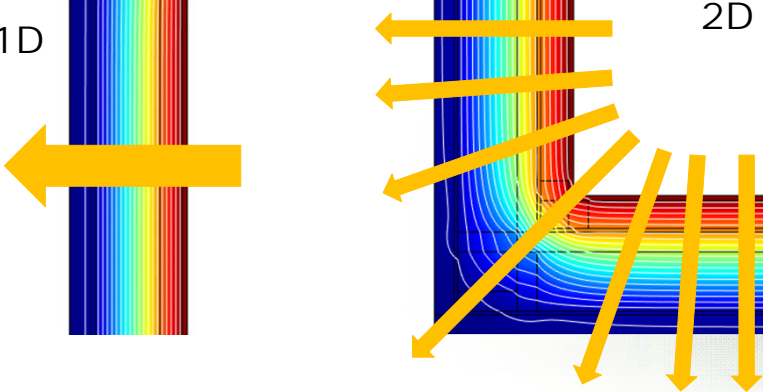
VAD?

Verktyg

Helbyggnadssimulering - generellt

1D

2D



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

11

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg

Helbyggnadssimulering - generellt "3D"

Fu

12

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?


Verktyg

Helbyggnadssimulering - generellt

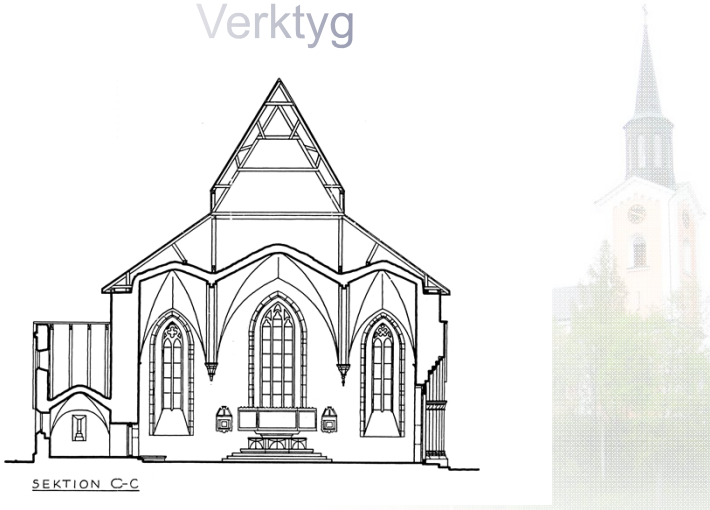
"3D" = 1D + 1D + 1D + ...

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

13

 **VAD?**


Verktyg



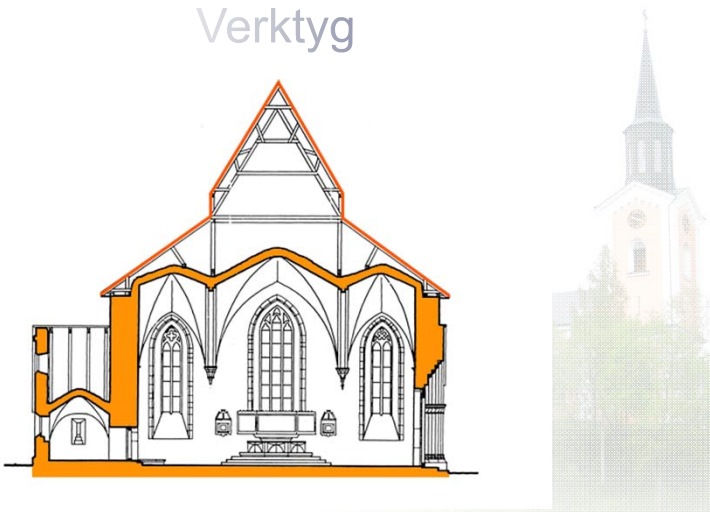
SEKTION C-C

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

14

 **VAD?**

Verktyg



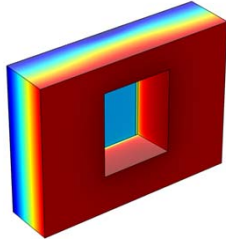

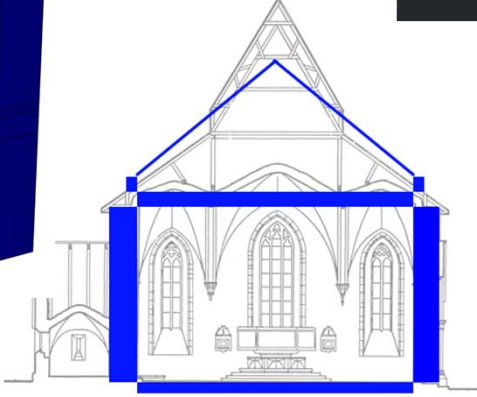
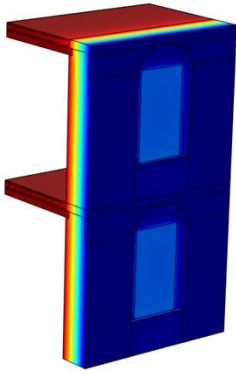
Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

14

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg





Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

14

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Verktyg



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

14

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Kalibrering

En av de viktigaste aspekterna: hur minimera osäkerheternas påverkan på resultatens tillförlitlighet?

- Mätningar
 - Behöver finnas långa mätperioder
 - Kostar pengar
 - Kräver rätt utrustning
 - Kräver kunskap
- Kalibrering av modellen
 - Tar tid
 - Tiden för varje simulering begränsar
 - Kostar också pengar
- Inverse modeling
 - Möjlighet till "intelligenta gissningar"
 - Svårt med så många parametrar



Påverkar val av lämpligt verktyg

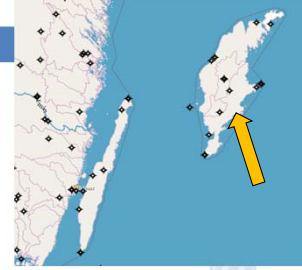


Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

15

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Kalibrering

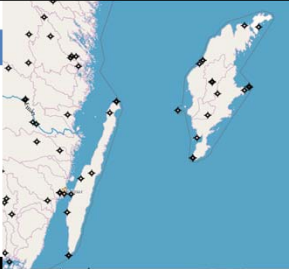
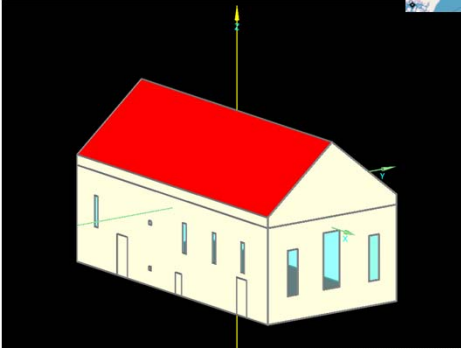

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

16

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

VAD?

Kalibrering

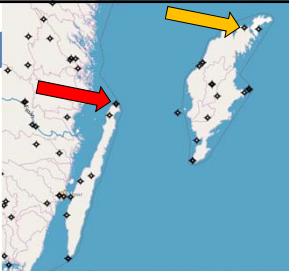
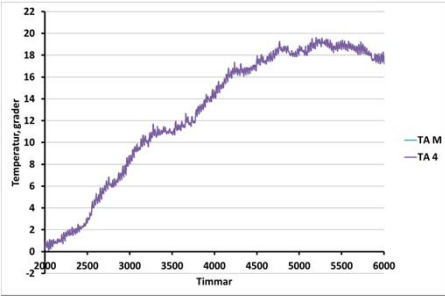
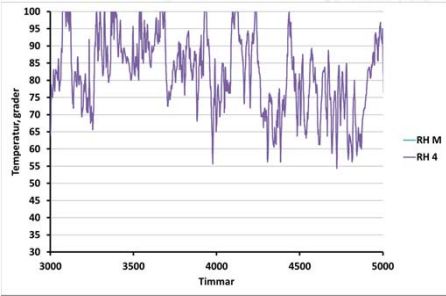
Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

17

KTH
VETENSKAP
OCH KONST

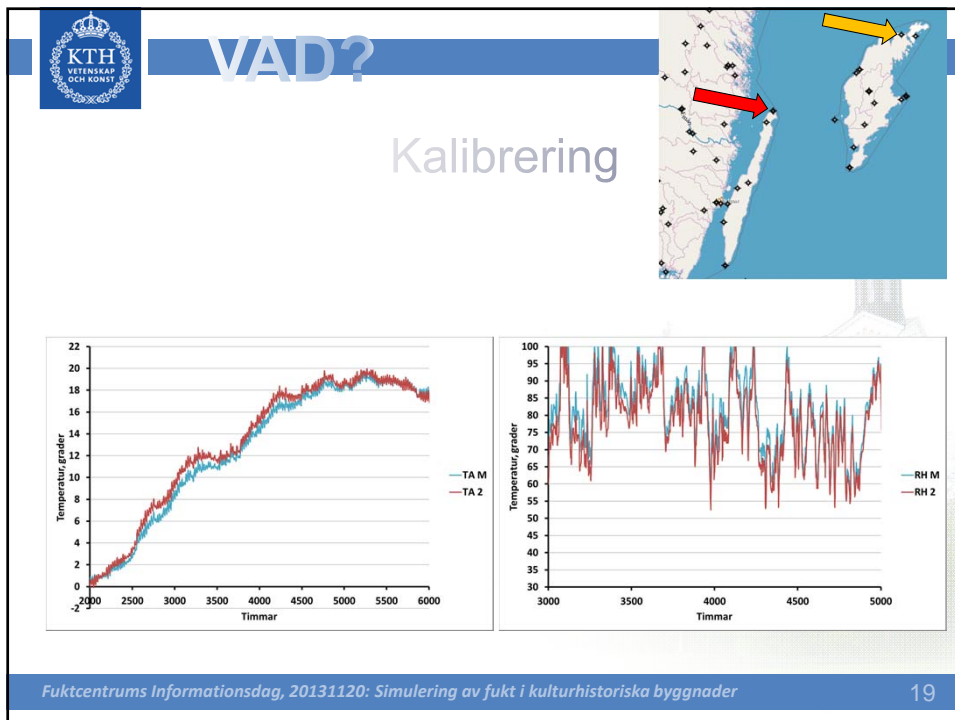
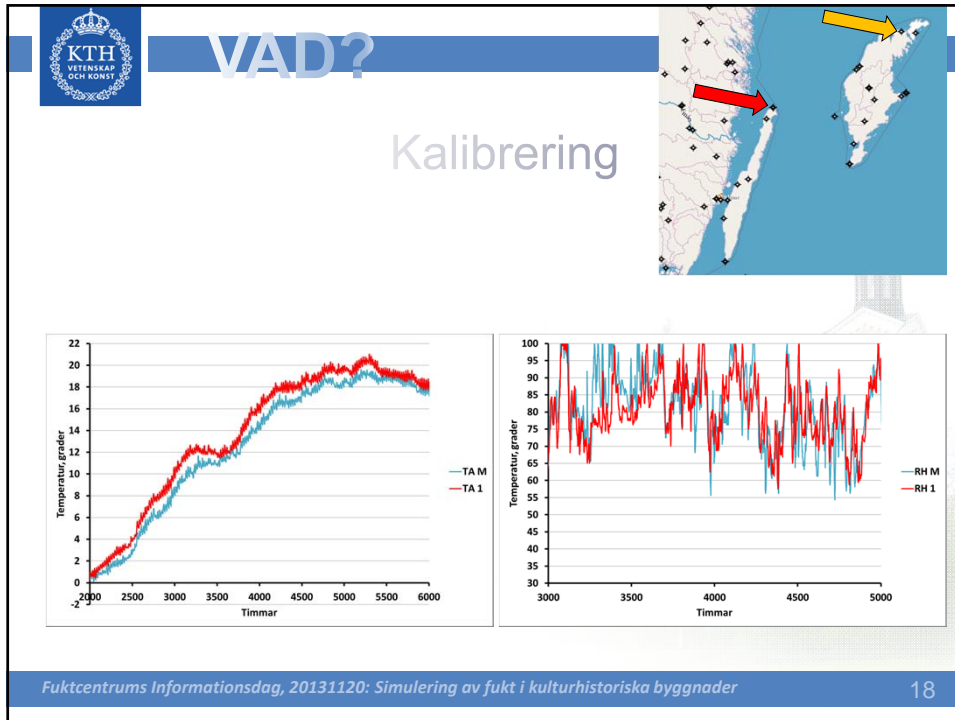
VAD?


Kalibrering


Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

18

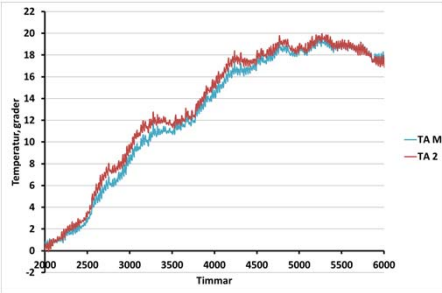


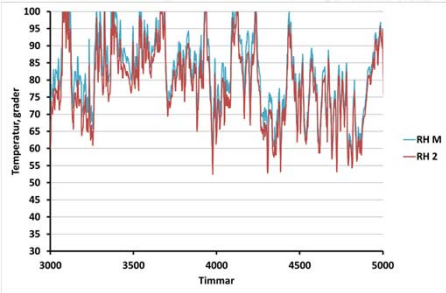


VAD?




Kalibrering






Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

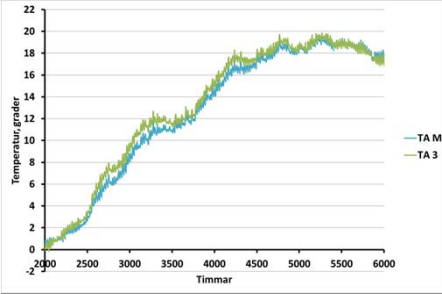
19

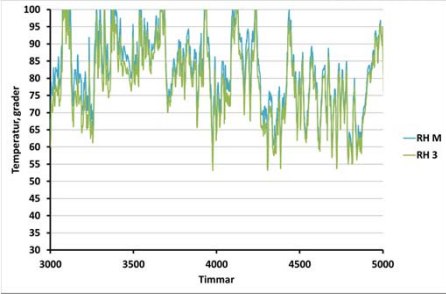


VAD?



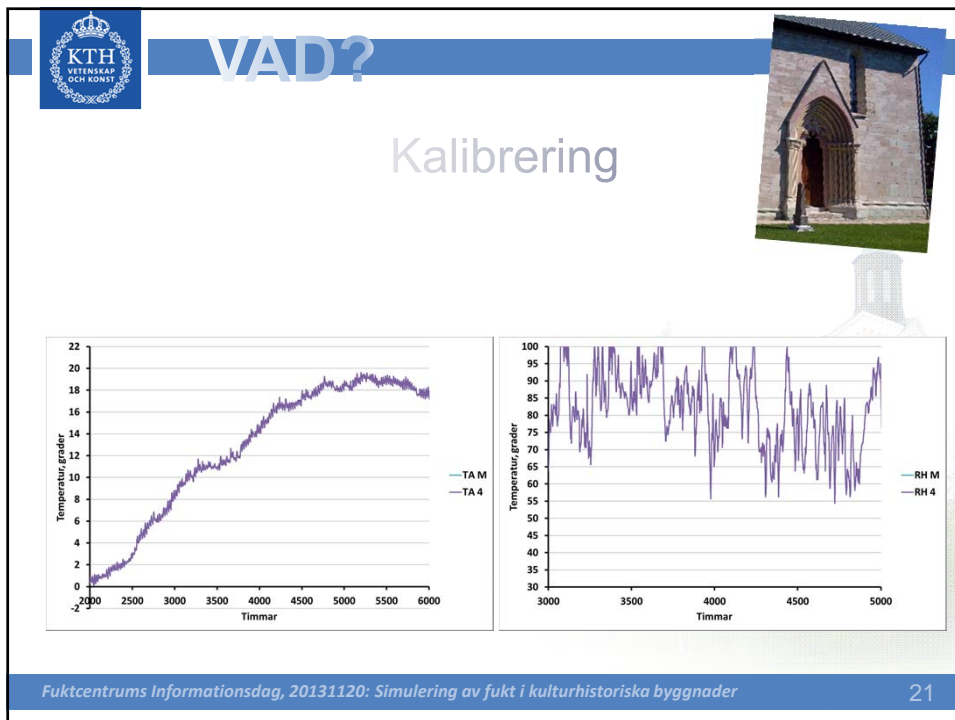
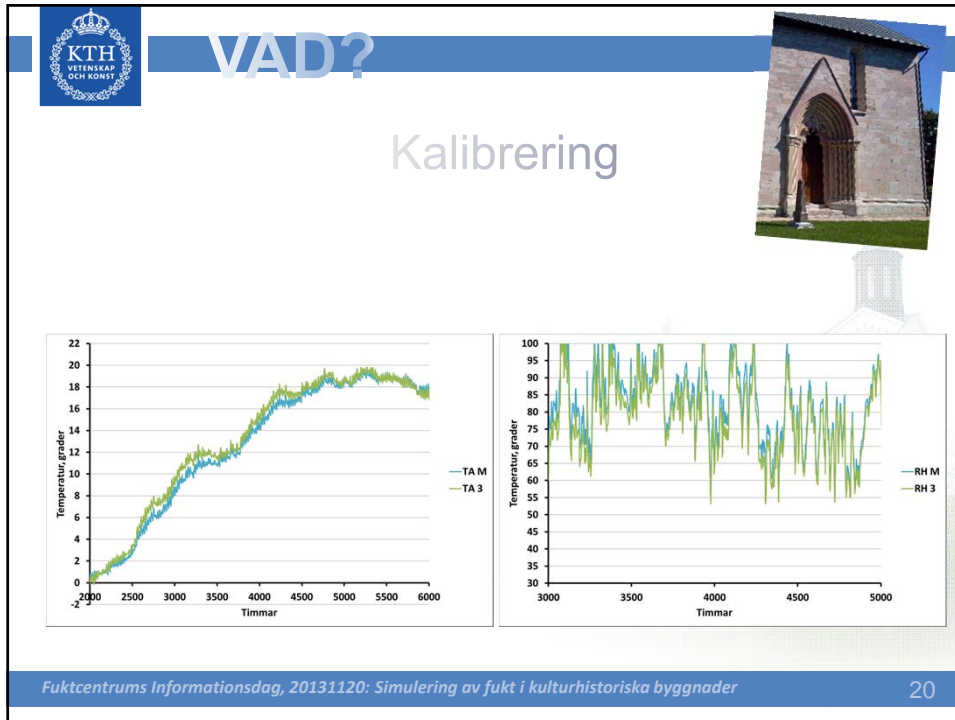
Kalibrering

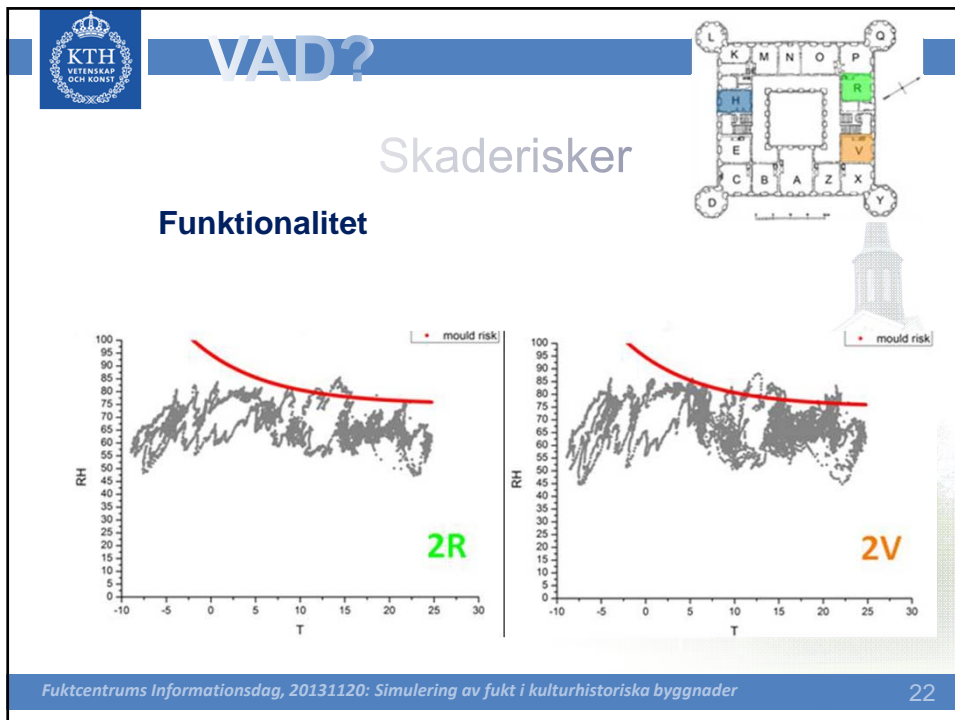


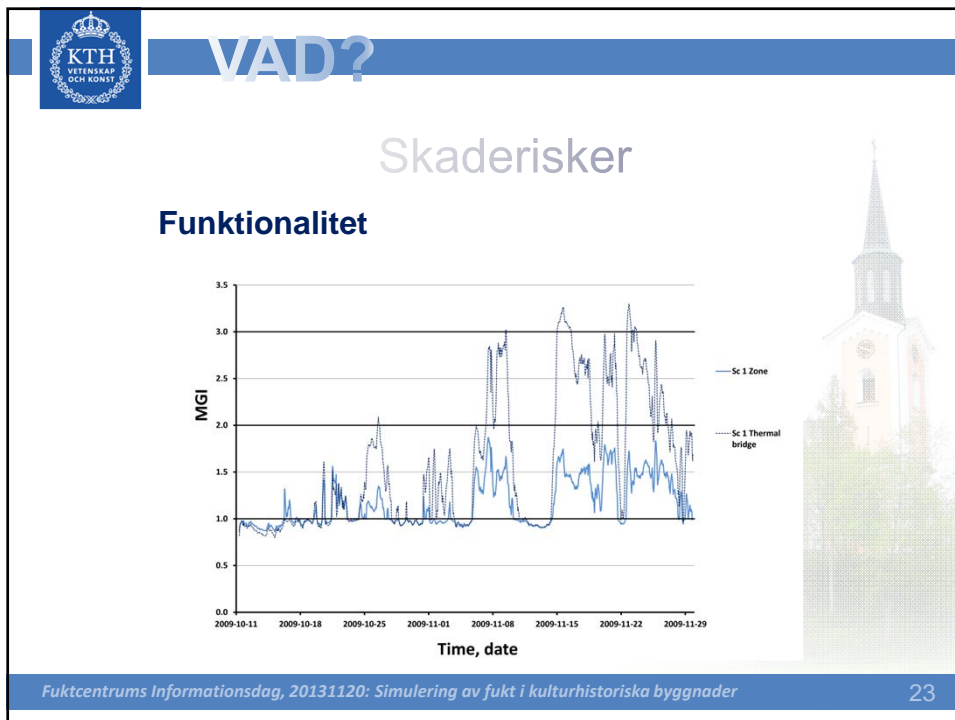
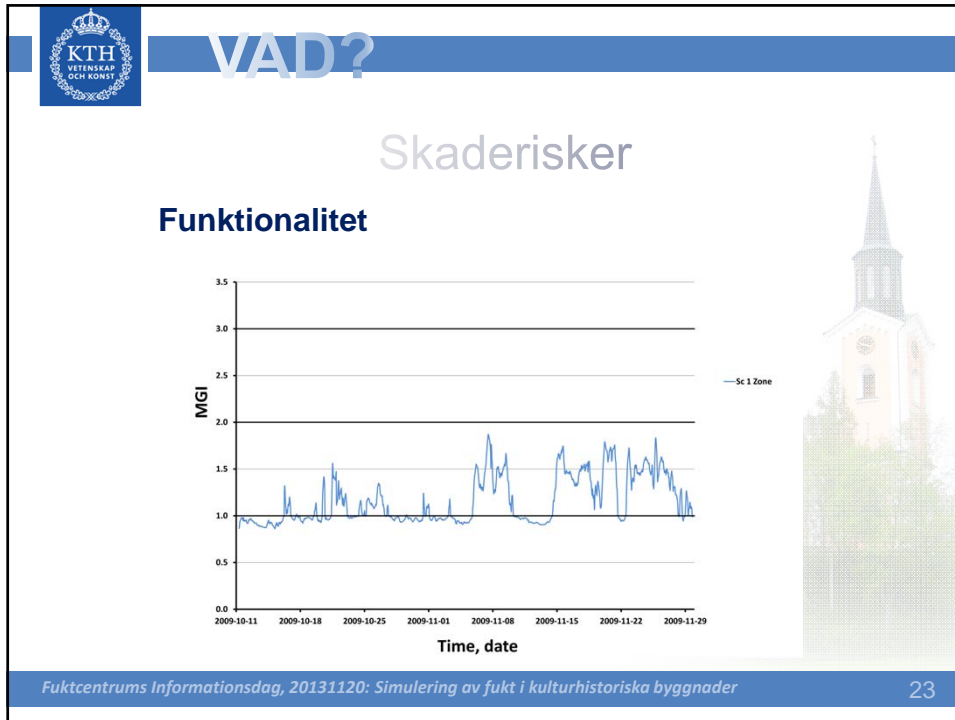



Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

20









VAD?


Modellen

Tidsåtgång

- Hur lång tid tar det att bygga modellen?
- Hur lång tid tar det att köra modellen en gång?
- Multiplicera med antal parameterar att kalibrera och med antal körningar tills de är kalibrerade...

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

24



VAD?

Resultat

Generellt

- Hur trovärdigt är trovärdigt? Hur exakt måste resultatet vara för att duga som beslutsunderlag?
- Beror på vilka risker man bedömer och vilka kostnader som är förbundna med dem
- Beror på vilka kriterier man behöver uppfylla – multipla kriterier = mer begränsat utrymme för felmarginal
- Beror på kulturvärden och dessas känslighet

Fuktcentrums Informationsdag, 20131120: Simulering av fukt i kulturhistoriska byggnader

25



Slutsatser

Vi behöver

- Bestämma **ambitionsnivå** = acceptabel felmarginal
- **Lägga tid** på att samla in och **analysera** indata
- Välja ett eller flera lämpliga verktyg som
 - ger resultat för **helbyggnad + kritiska punkter**
 - är **snabba och lätthanterliga**
 - är **flexibla, exakta och tillåter komplex geometri**
- **Kalibrera** modellen mot långa mätserier



Tack för
uppmärksamheten!
Frågor?