

# Uttorkningsberäkning av betong med COMSOL

Magnus Åhs

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



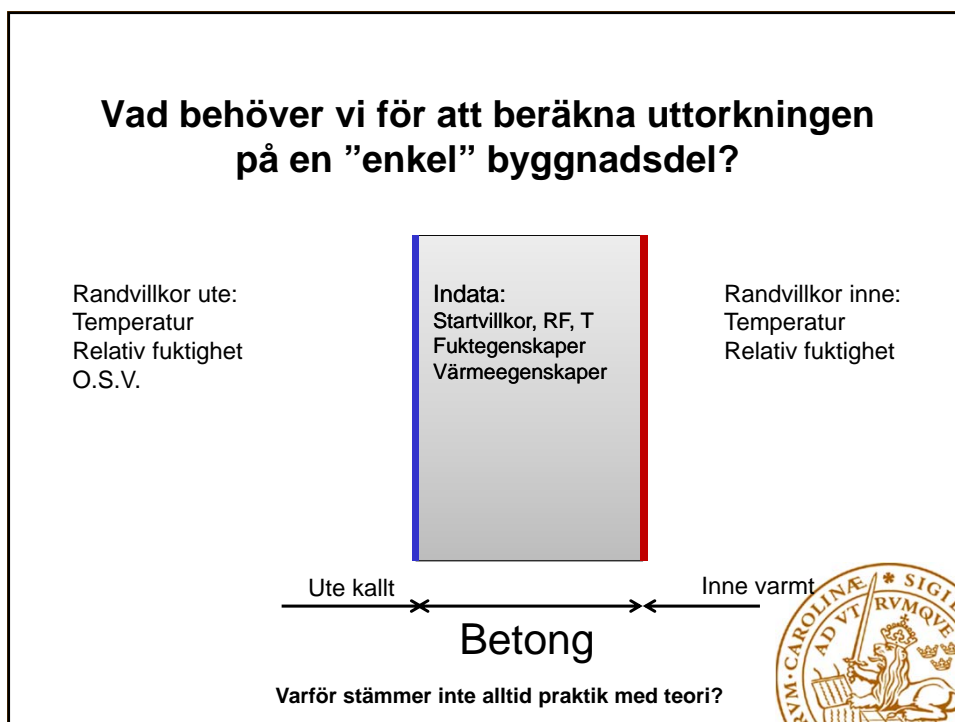
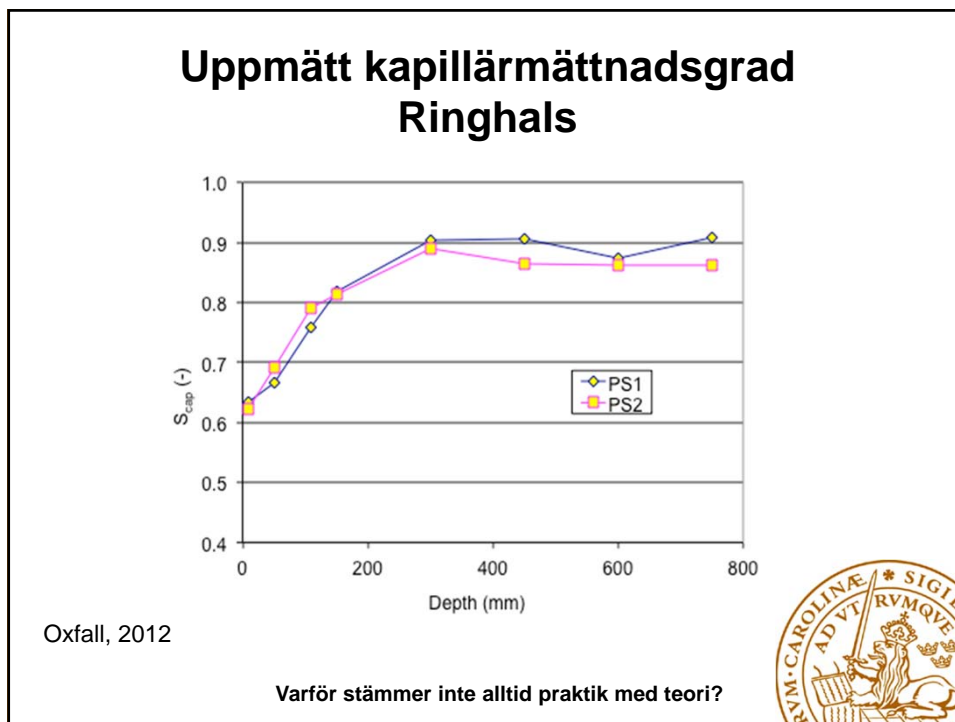
## Praktik och teori

- **Praktik – mäta/registrera hur det blev?**
  - Mät uttorkning/hur torrt är det!
  - Svårt!
- **Teori – räkna/förklara varför det blev så!**
  - Vi behöver en modell som beskriver det som händer i praktiken tillräckligt väl i en given situation
  - Också svårt!

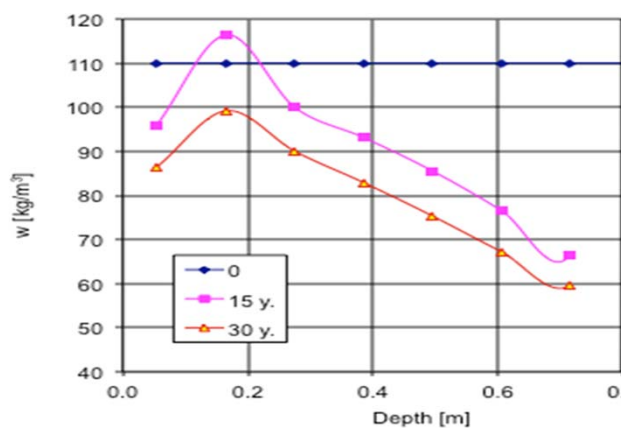
**Det är inte konstigt att praktik inte alltid  
stämmer med teori!**

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?





## Ånghalt som drivande potential vid samtidig temperaturgradient



Nilsson, L.-O. & Johansson, P. (2009) Förändringsprocesser i reaktorinneslutningar

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



## COMSOL multiphysics

- Programvara som beräknar lösningar till modeller av fysikaliska processer som är kopplade till varandra
- **Två fysikaliska processer**
- **Temperatur**
  - Transportprocessen beskrivs med värmeledningsekvationen!
- **Fukt**
  - Transportprocessen beskrivs med värmeledningsekvationen ! (omskrivnen)

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



## COMSOL multiphysics

### • Temperatur

- Transportprocessen beskrivs med värmeledningsekvationen!

$$\rho \cdot C_p \cdot \frac{\partial T}{\partial t} + \rho \cdot C_p \mathbf{u} \nabla T = \nabla(k \nabla T) + Q$$

### • Fukt

- Transportprocessen beskrivs med värmeledningsekvationen ! (omskrivnen)

$$\frac{\partial W_e}{\partial RF} \cdot \frac{\partial RF}{\partial t} = \nabla(\delta_{RF} \nabla RF) + Q(t, RF, W/C)$$

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



## COMSOL multiphysics

### Indata till modellen

- Vad är fuktegenskaperna för betong? Sprickor?
- Vad ska den som räknar sätta för randvillkor?
  - Regn, sol, molnighet, vindhastighet, omgivning?
- Vad ska vi sätta för värmekonduktivitet för betong?

**Vi måste göra förenklingar!**

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



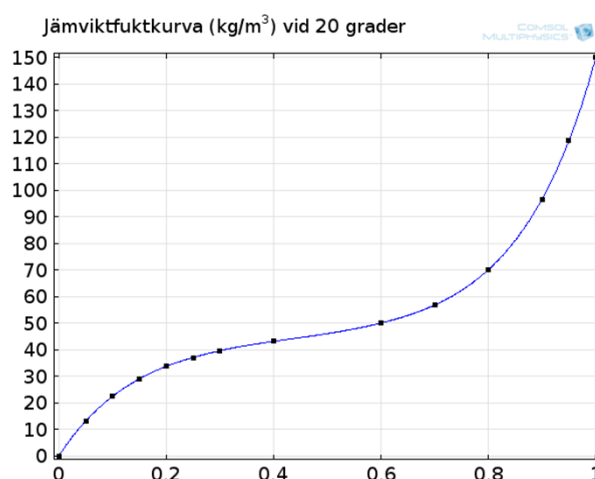
## COMSOL multiphysics

- **Temperaturvariationer**
  - Värmekonduktiviteten förändras med både temperatur och fuktinnehåll.
  - Det innebär att vi måste veta/beräkna temperaturförändringar samtidigt som RF förändringar.
- **Fuktvariationer**
  - Men fukttransportkoefficienten förändras med både fuktinnehåll och temperatur.
  - Det måste innebära att vi måste beräkna RF förändringar samtidigt som temperatur förändringar.

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



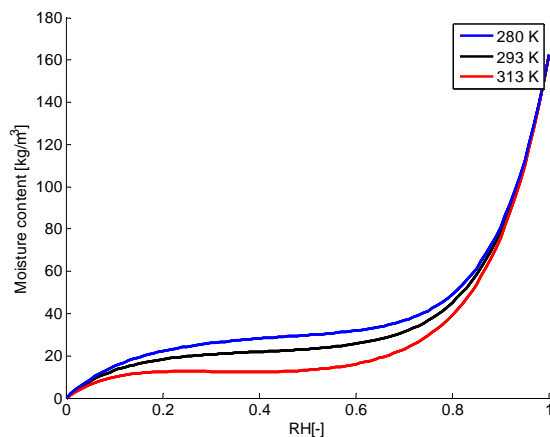
## Fuktegenskaper jämviktfuktkurva



Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



## Temperaturberoende jämviktfuktkurva



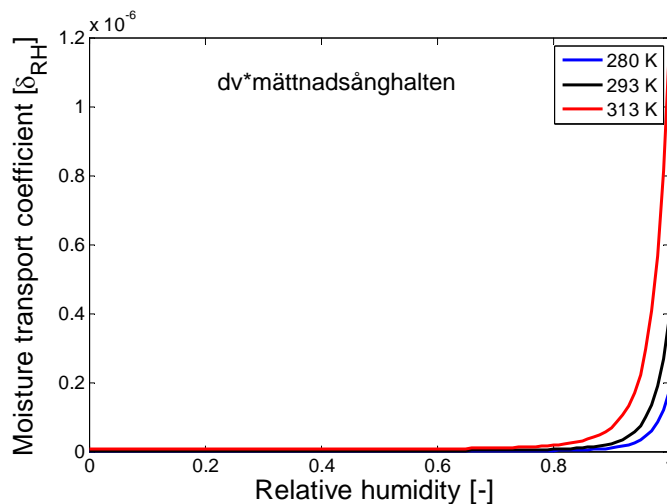
Mjörnell, K. (1997) Moisture Conditions in High Performance Concrete mathematical modelling and measurements

Poyet, S. (2009) *Experimental investigation of the effect of temperature on the first desorption isotherm of concrete*

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



## Temperaturberoende fukttransportegenskaper

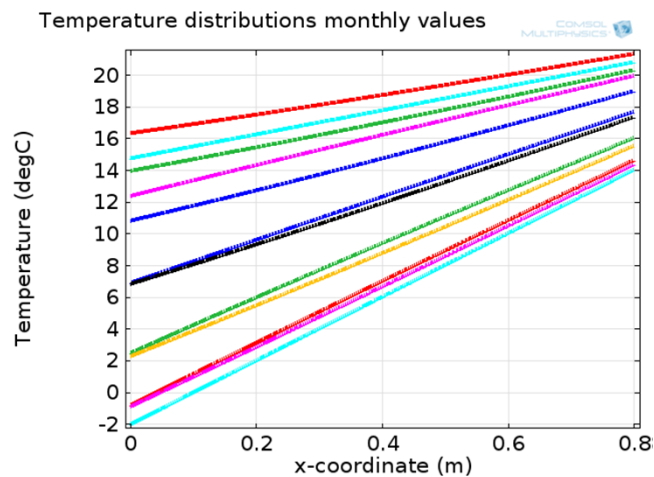


Hedenblad, G. Materialdata för fukttransportberäkningar (1996)

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



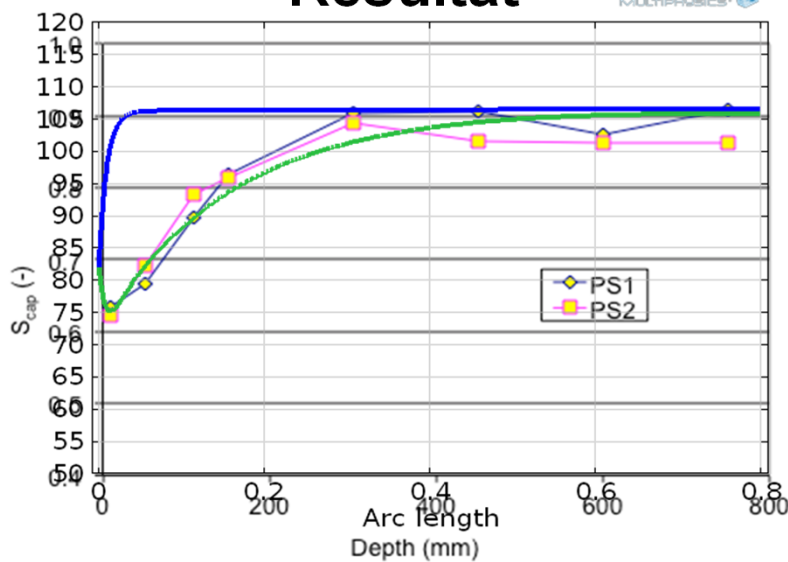
## RF som drivande potential vid samtidig temperaturgradient



Varför stämmer inte alltid praktik med teori?

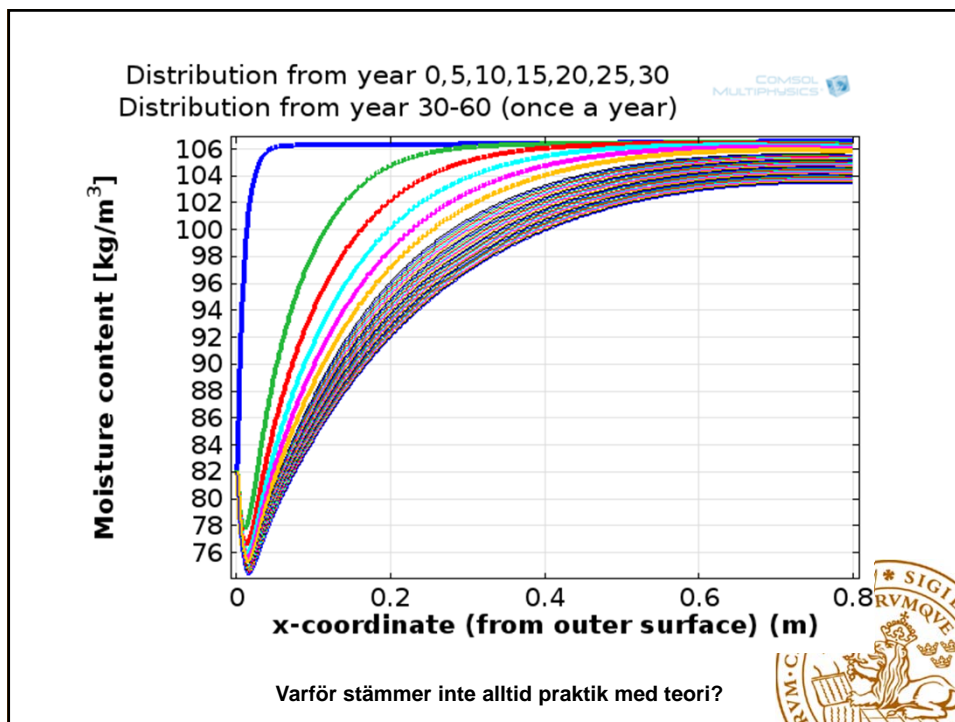


## Resultat



Varför stämmer inte alltid praktik med teori?



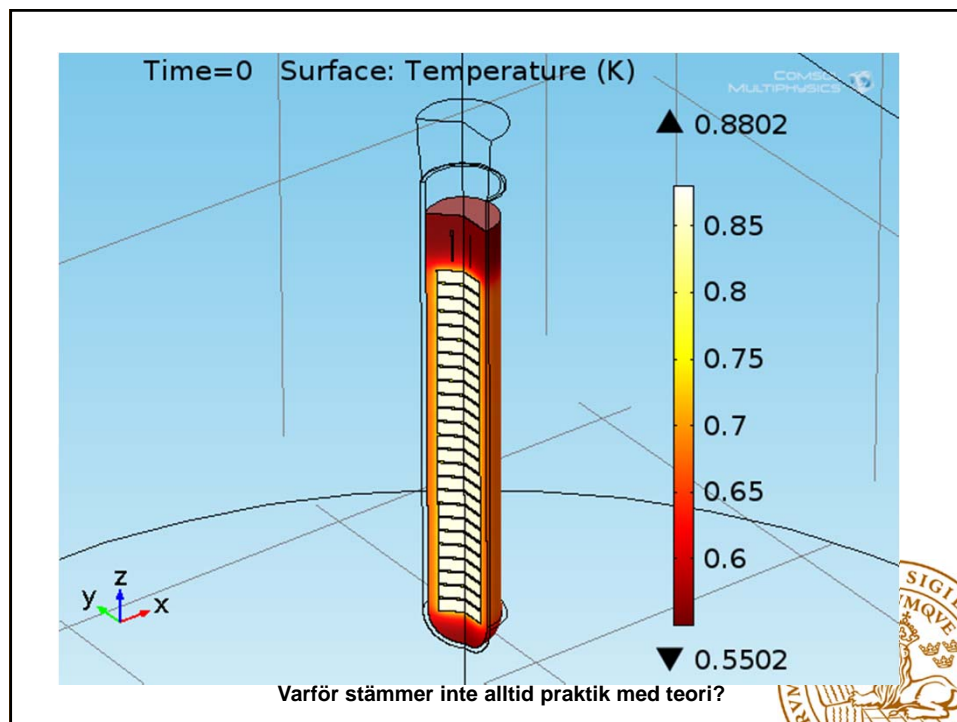


- **COMSOL kan även användas för att göra 2D och 3D modeller**
- **Uttaget prov fuktmätning i betong**
- **vct 0.38, luft, glasrör**

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?







- Målet med modeller är att beskriva verkligheten men komplexiteten gör det svårt.
- Praktik stämmer inte alltid med teori för att vi saknar mätdata, gör förenklingar och antaganden.
- Ibland är det så att vi beskriver saker på fel sätt/med.
- Validering av modellen är A och O.

Varför stämmer inte alltid praktik med teori?

