

## Bindemedlens inverkan på betongens uttorkning

Peter Johansson  
 Avdelning Byggnadsmaterial  
 Lunds Tekniska Högskola

Niklas Johansson  
 CEMENTA AB

**CEMENTA**  
 HEIDELBERGCEMENT Group



## Bindemedel för betong med vct 0,36

	Bascement	Floridacement	Byggcement
Beteckning	CEM II/A-V 52,5 N	CEM I 52,5 R	CEM II/A-LL 42,5 R
Tillverkningsort	Slite	Slite	Skövde
Specifik yta	450 m <sup>2</sup> /kg	390 m <sup>2</sup> /kg	485 m <sup>2</sup> /kg
Tryckhållfasthet 28d	58 MPa	54 MPa	55 MPa
Kalksten	5%	4%	12%
Flygaska	11 %	-	-

## Betong

	vct
Basement	0,36
Floridacement	0,36
Byggcement	0,36

## Lagringsklimat

- Lagringstemperatur: +20°C och +5°C (28d)

Förseglad provkropp	Självtorkning
Långtids vattenbelastning	Enkelsidig uttorkning
Cyklisk vattenbelastning	Enkelsidig uttorkning
Konstant torkning	Enkelsidig uttorkning

## Tillverkning av provkroppar

- 5 liters plåtburkar
- Ekvivalent mätdjup 70 mm
- Trippelprover

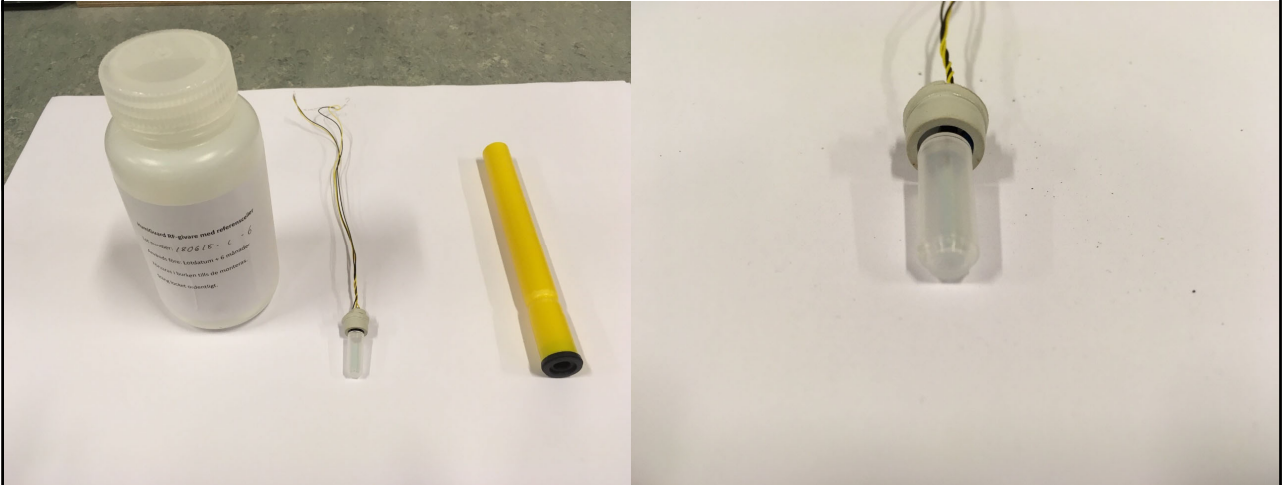




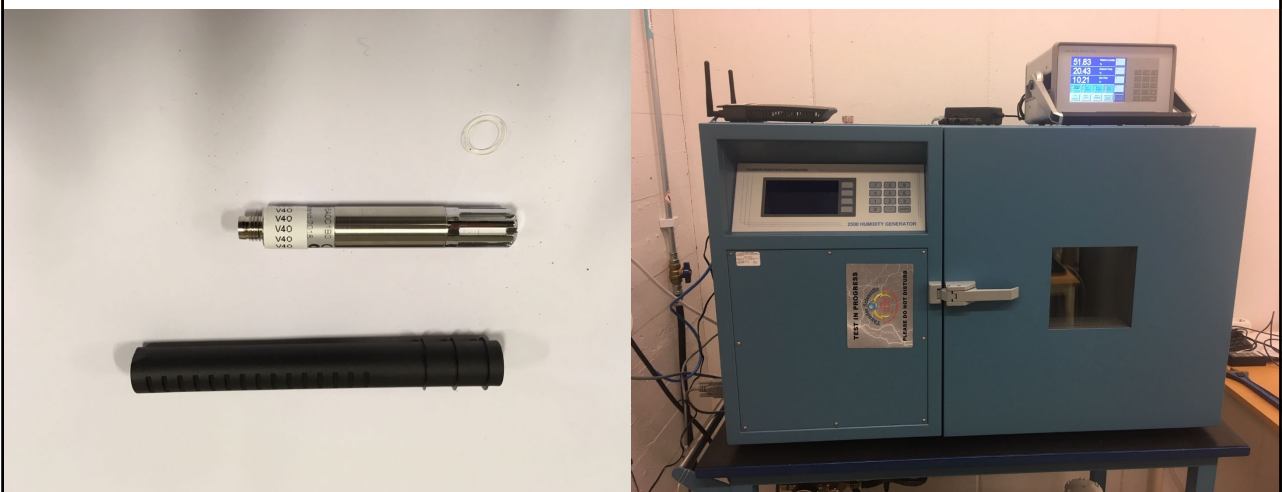
### Logning av 36 kanaler (5 min intervall)



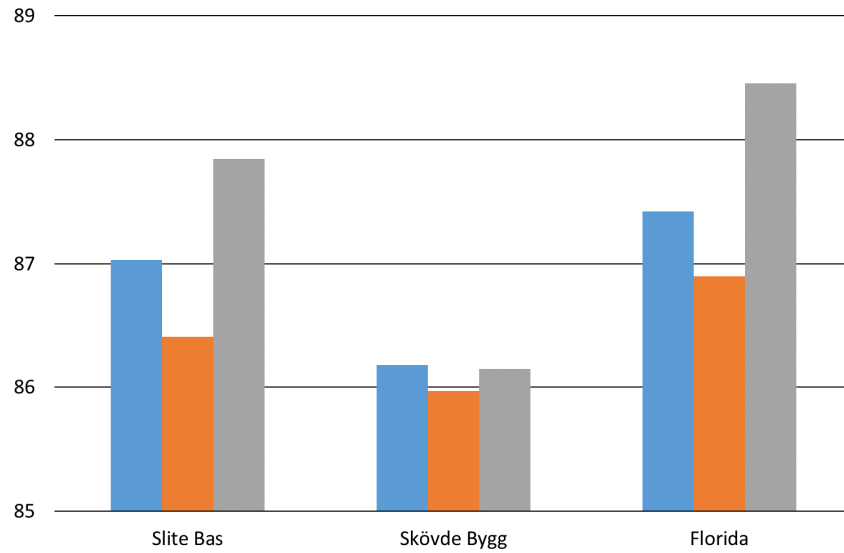
## HumiGuard RF-givare



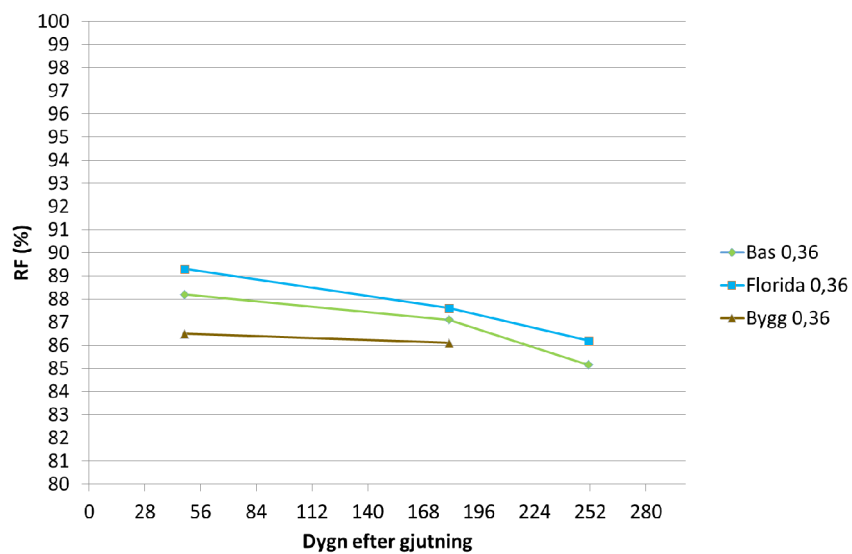
## Vaisala HMP40S RF-givare



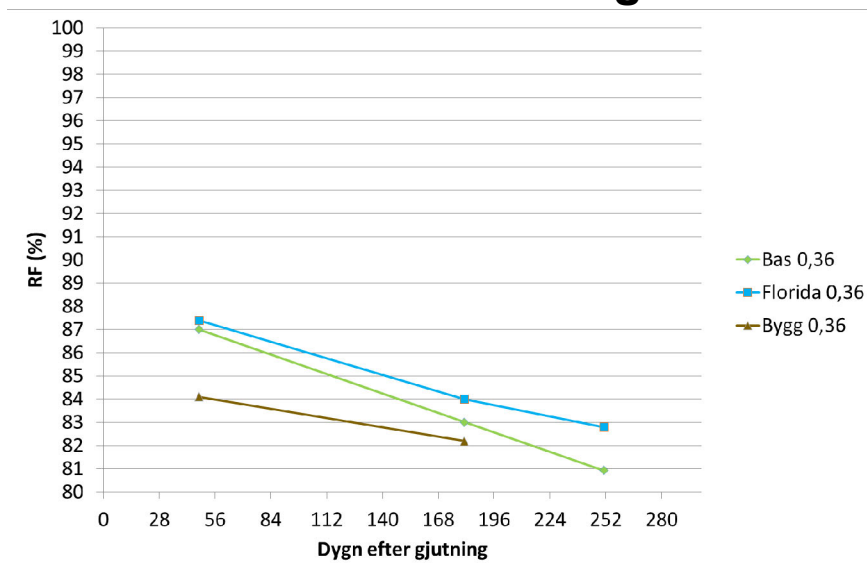
## Spridning Vaisala HMP40S, självuttorkning 20°C, 181 dygn



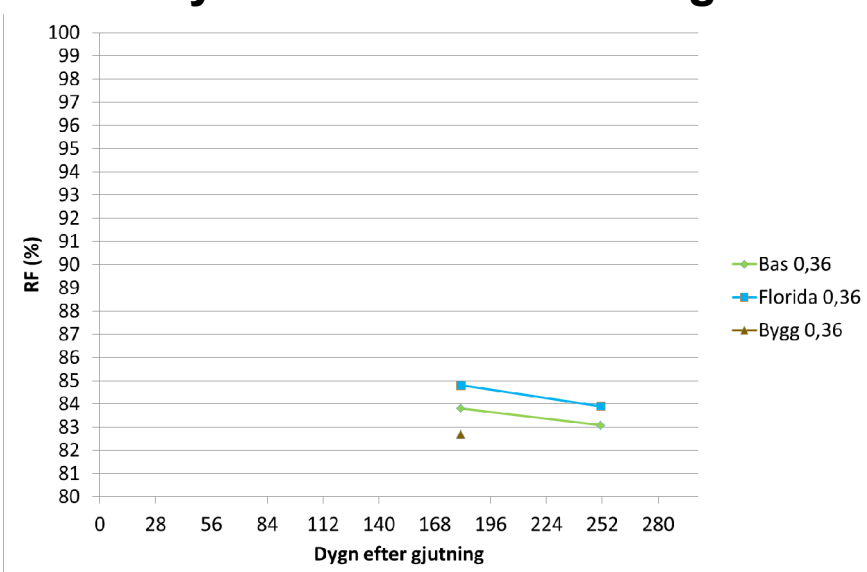
## Självuttorkning exkl. mätosäkerhet



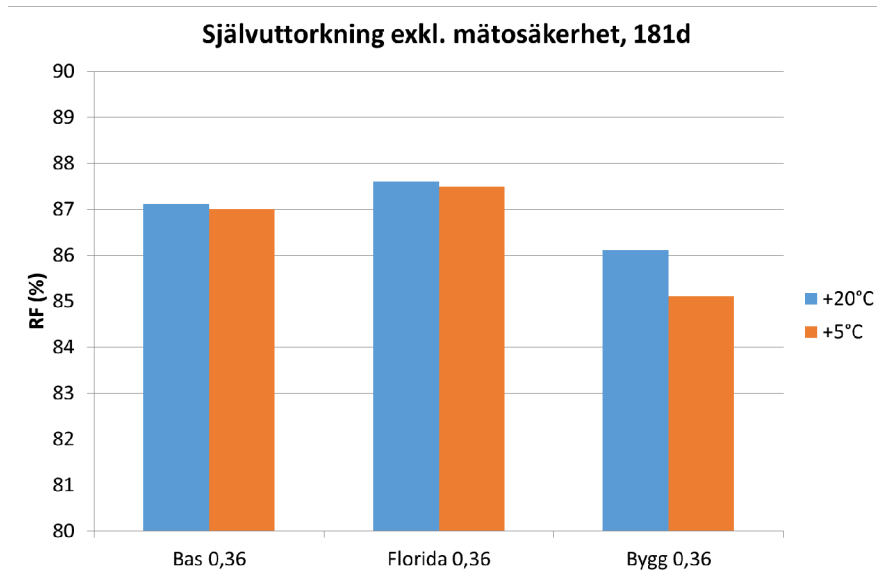
## Enkelsidig uttorkning exkl. mätosäkerhet Konstant torkning



## Enkelsidig uttorkning exkl. mätosäkerhet Cyklisk vattenbelastning



## Temperatureffekten



## Sammanfattning

- Slite Bas, Slite Florida och Skövde Bygg har likvärdiga uttorkningsegenskaper vid lågt vct
- Vattenbelastning under lagringen ökar RF på ekvivalent mätdjup med 1-2%
- Konstant uttorkning ger cirka 3-4% lägre RF jämfört motsvarande självuttorkning
- Skövde Bygg verkar vara något mer temperaturkänslig jämfört Slite Bas och Slite Florida

2019-01-21

PPB beräknar uttorkning | SBUF

(/ppb/)

Nerladdat 2019-02-04

PPB - Start (/ppb/) / Nyheter (/ppb/Nyheter/) / PPB beräknar uttorkning

## Bascementet inmätt – PPB beräknar uttorkning

18 JANUARI 2019

### Bascementet inmätt – PPB beräknar uttorkning

#### Artikelförfattare

Civ.ing. Marcin Stelmarczyk, The Green Dragon Magic

Civ.ing. Ted Rapp, Sveriges Byggindustrier, Tekniskt sakkunnig RBK

Dr., Adj. Prof. Hans Hedlund, Skanska Sverige AB / SBUF, PPB Koordinator

Dr. Fredrik Gränne, NCC Sverige AB

Källa: [https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB\\_beraknar\\_uttorkning/](https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB_beraknar_uttorkning/)

I vårt projekt löstes problemet med valideringsdata genom att skarpa mätdata från industrin fick ersätta de läckande hinkarna. Nya simuleringar gjordes och de resulterande justeringarna låg inom förväntade och rimliga gränser. Vi vill dock varna för "hinkmetoden" avseende simulering av enkelsidig uttorkning i allmänhet då den använts på sistone inte bara i vårt projekt utan även i andra mätningar, t.ex.

[https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB\\_beraknar\\_uttorkning/](https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB_beraknar_uttorkning/)

16/26

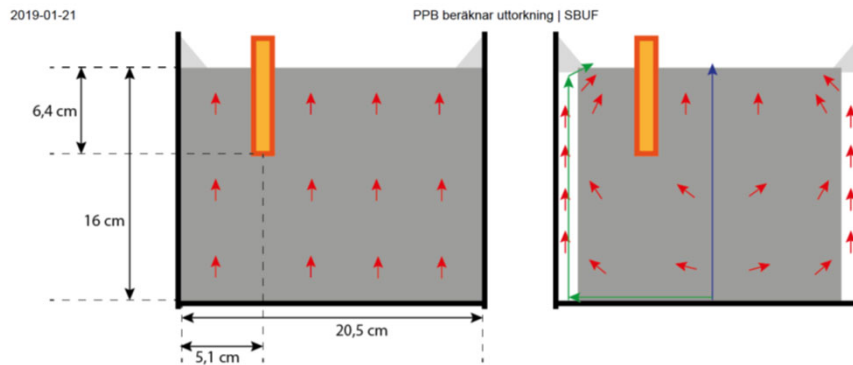
2019-01-21

PPB beräknar uttorkning | SBUF

presenterade av Cementa och LTH i höstas, se Johansson & Johansson 2018. Denna metod fungerar inte för simulering av enkelsidig uttorkning. Transporten kommer att överskattas, vilket i sin tur kommer att ge en överskattning av fuktutbyte med omgivningen.

Källa: [https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB\\_beraknar\\_uttorkning/](https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB_beraknar_uttorkning/)





Källa: [https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB\\_beraknar\\_uttorkning/](https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB_beraknar_uttorkning/)

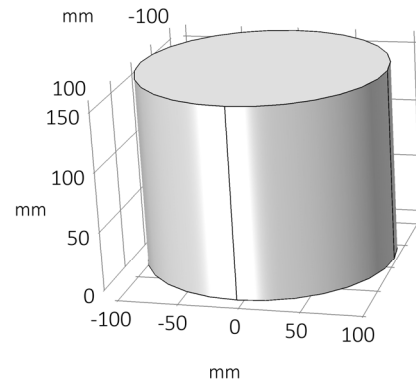
**Betong med bascement blir alltså tätare och får en mycket lägre transportförmåga än motsvarande med endast OPC. Detta är ett resultat i enlighet med kunskapen om tätheten för betong med andra mineraliska tillsatser som tidigare presenterat i Stelmarczyk m.fl. 2017c och 2018. Diffusionsuttorkningen är så låg att den i praktiken kan ses som obefintlig för de flesta konstruktioner.**

Källa: [https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB\\_beraknar\\_uttorkning/](https://www.sbuf.se/ppb/Nyheter/PPB_beraknar_uttorkning/)

## Simulering av uttorkning i betong med COMSOL Multiphysics

### Förutsättningar

- Vct 0.36
- Recept enligt PJ
- Modell K. Mjörnell samt J.-E. Jonasson
  - Partiellt ångtryck som drivande potential
  - Tidsberoende egenskaper
    - Sorptionsisoterm, enligt K. Mjörnell
    - Transportkoefficient, enligt Betonghandbok högpresterande betong (RF beroende och Temperaturberoende)
- Krypnspricka mellan plåtburk och betong på grund av uttorkning
- Uttorkning i plåtburk

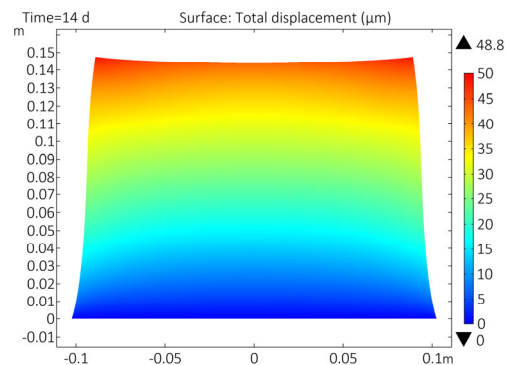


2019-04-04

Magnus Åhs

## Hur mycket krymper betongcylindern?

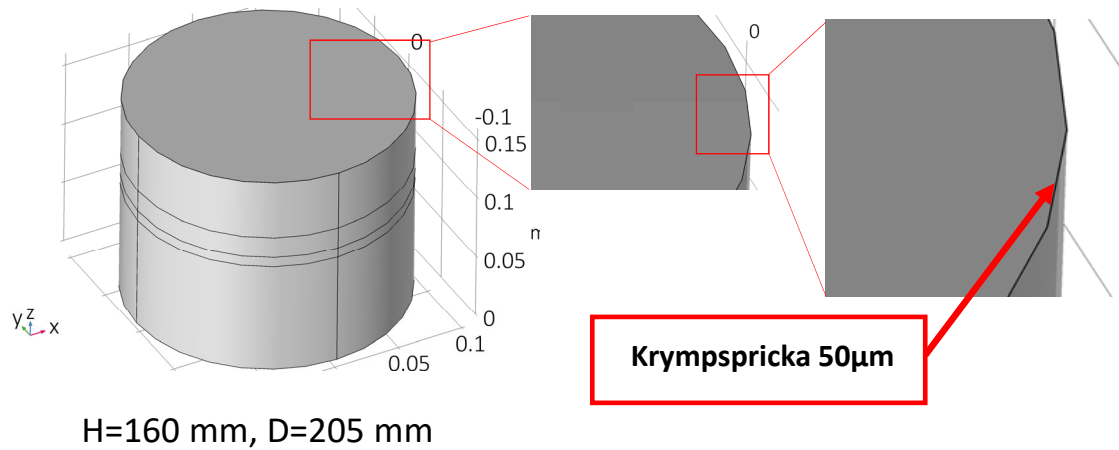
- Beräkning bygger på Betonghandbokens framställning.
  - Förändring av fukthalt leder till krympning.
  - Temperaturförändringar leder till kontraktion respektive expansion.
- Krympningen är **50 $\mu\text{m}$**



2019-04-04

Magnus Åhs

## 3D Geometri (inkl krympspricka)

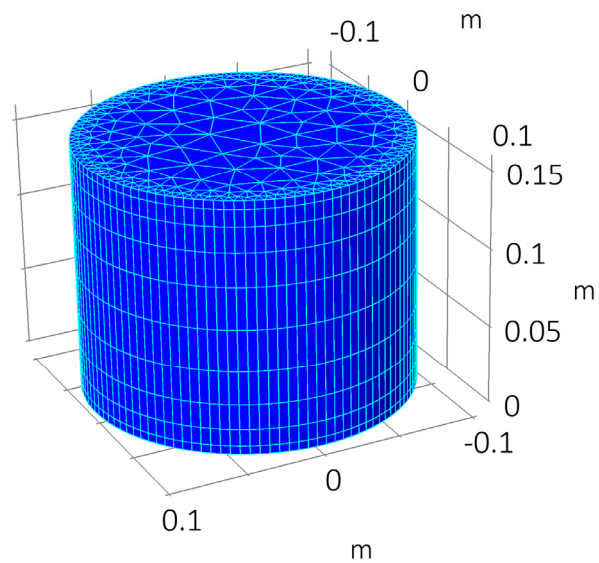


2019-04-04

Magnus Åhs

## Elementnät

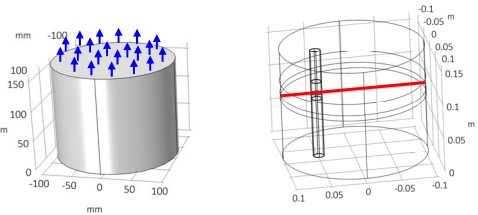
- Elementnät tätare vid krympspricka
- 150 k frihetsgrader
- Beräkningstid 7 minuter



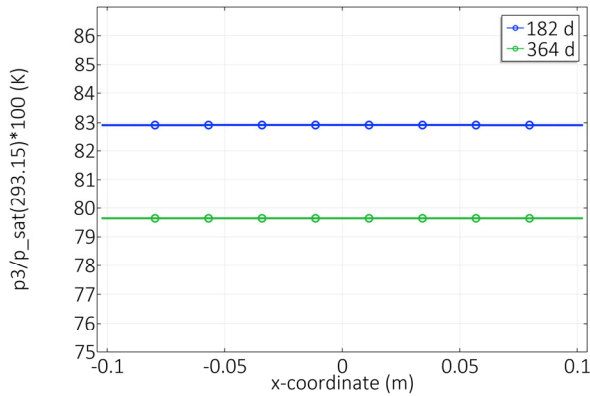
2019-04-04

Magnus Åhs

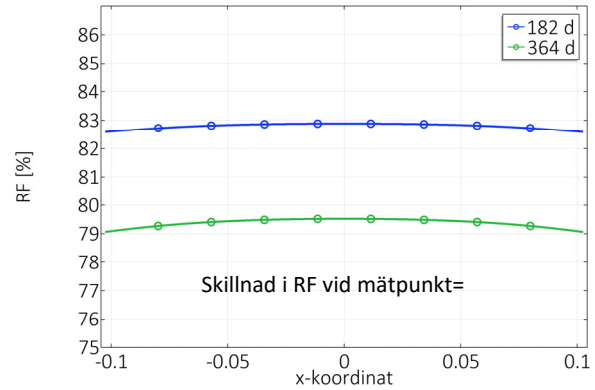
# Oisolerat prov i plåtburk (utan och med krympspricka)



**Uttorkning (utan krympspricka)**



**Uttorkning (med krympspricka)**

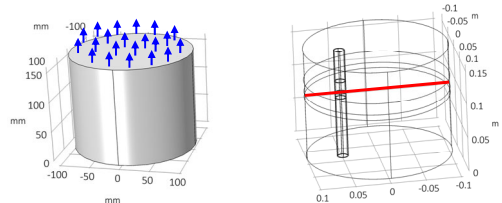


Skillnad i RF vid mätpunkt=

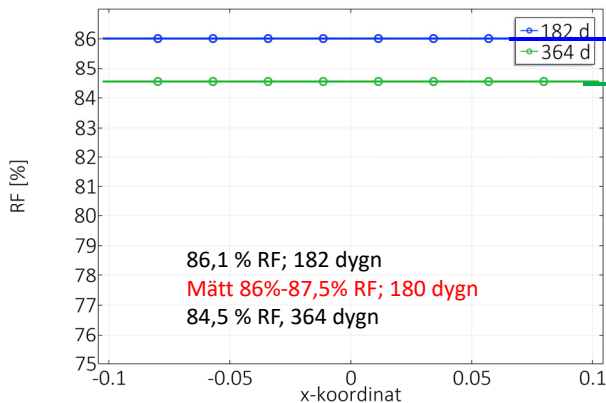
2019-04-04

Magnus Åhs

# Oisolerat prov i plåtburk Jämförelse mellan beräknade och mätta RF-nivåer

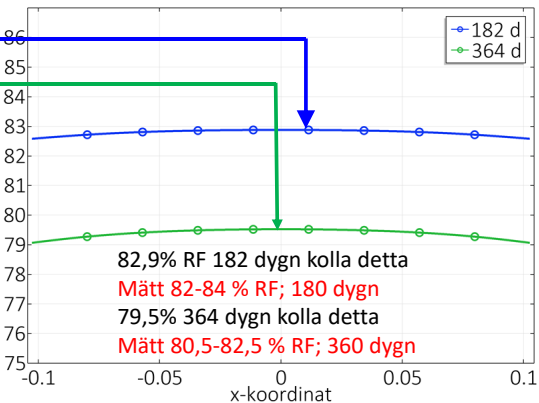


**Självuttorkning (förseglat prov)**



86,1 % RF; 182 dygn  
Mätt 86%-87,5% RF; 180 dygn  
84,5 % RF, 364 dygn

**Uttorkning**



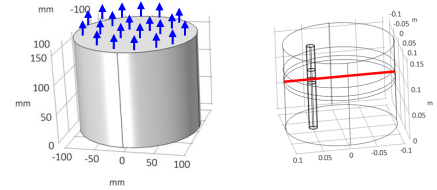
82,9% RF 182 dygn kolla detta  
Mätt 82-84 % RF; 180 dygn  
79,5% 364 dygn kolla detta  
Mätt 80,5-82,5 % RF; 360 dygn

2019-04-04

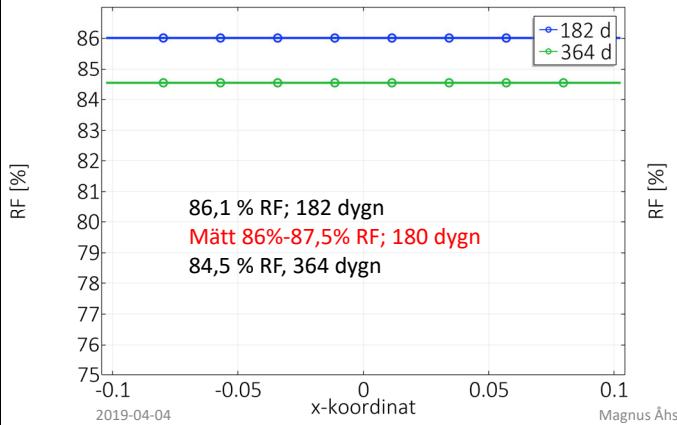
Magnus Åhs

# Oisolerat prov i plåtburk

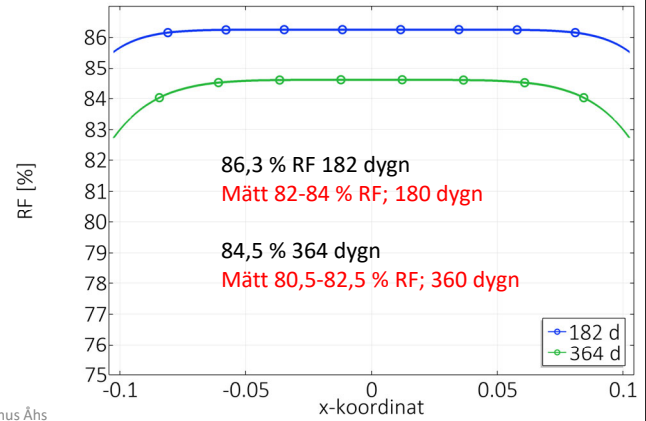
## Fukttransportkoefficient 1/10



### Självtorkning



### Uttorkning

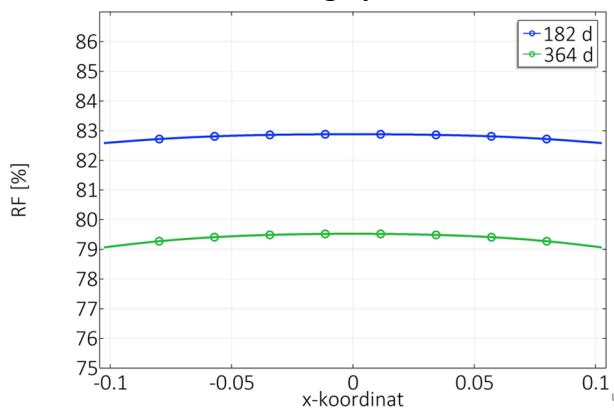


# Oisolerad plåtburk vs 50 mm cellplast

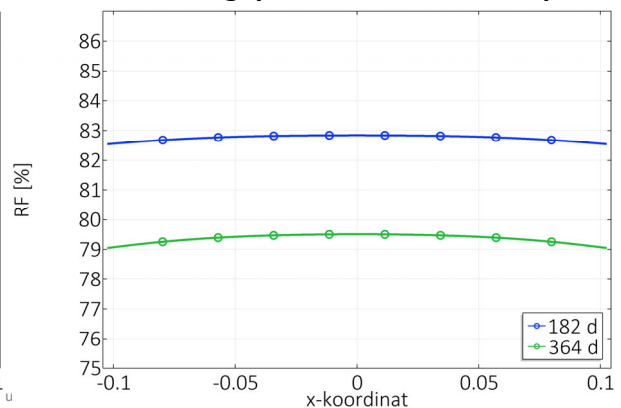
## 20 °C, 50% (0-30 dygn) -> 60% RF

Ingen fukt/värmetransport på kanter 50 mm cellplast

### Uttorkning, plåtburk



### Uttorkning, plåtburk + 50 mm cellplast



## Slutsatser

- Simuleringarna visar att krympsprickan har en obetydlig inverkan på uttorkningen.
- Detta gäller även om vi antar att betongen krympsprickan uppstår vid tidpunkt=0 och samtidigt att den inte tätas med fogmassa.
- Vid reducering av transportkoefficienten till 1/10 av den för betong med Portlandcement (hämtad från Betonghandbok Högpresterande betong) underskattas uttorkningen i simuleringen markant jämfört med mätresultaten.
- Simuleringarna tillsammans med mätresultaten antyder att transportkoefficienten i de tre provade betongsammansättningarna är av samma storleksordning.
- Simuleringarna visar att värmeisoleringen runt proven har en obetydlig inverkan på uttorkningen.
- Simuleringarna överensstämmer väl med mätresultaten från både förseglade och uttorkande prov av alla tre betongsammansättningarna.