
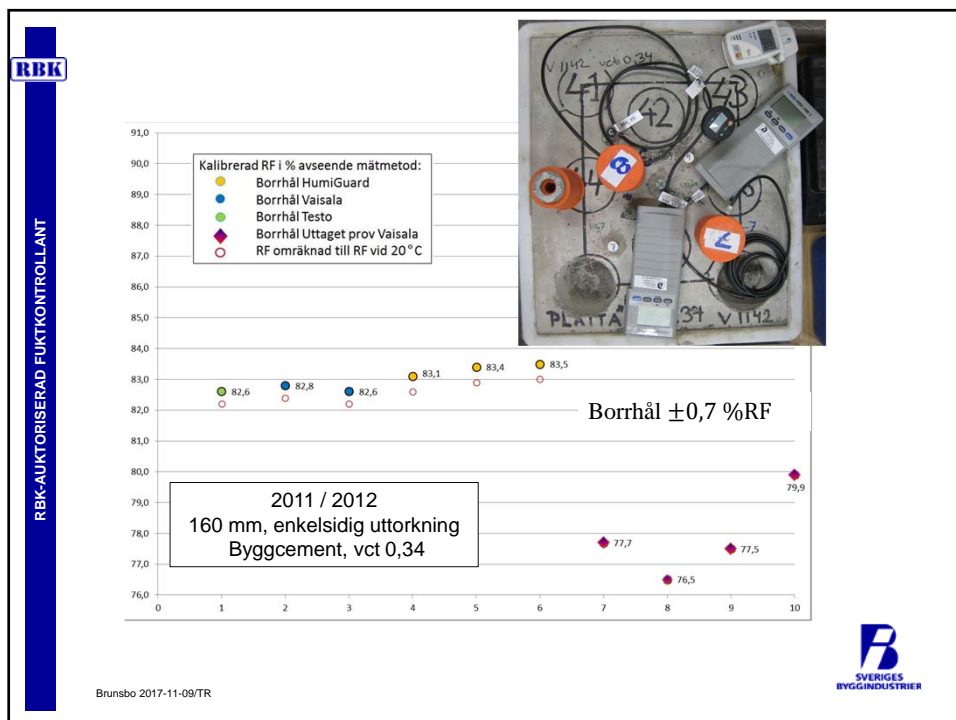


## (RF-) Mätning i betong

-underlag för senaste revideringarna av RBK-systemet

Peter Johansson  
Avdelning Byggnadsmaterial  
Lunds Tekniska Högskola

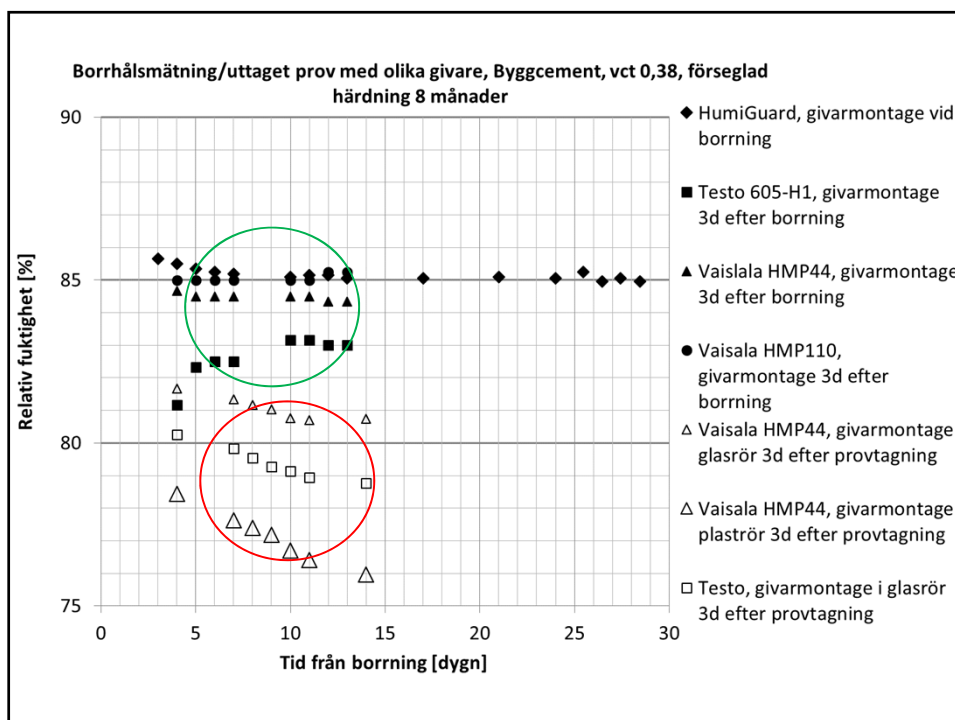



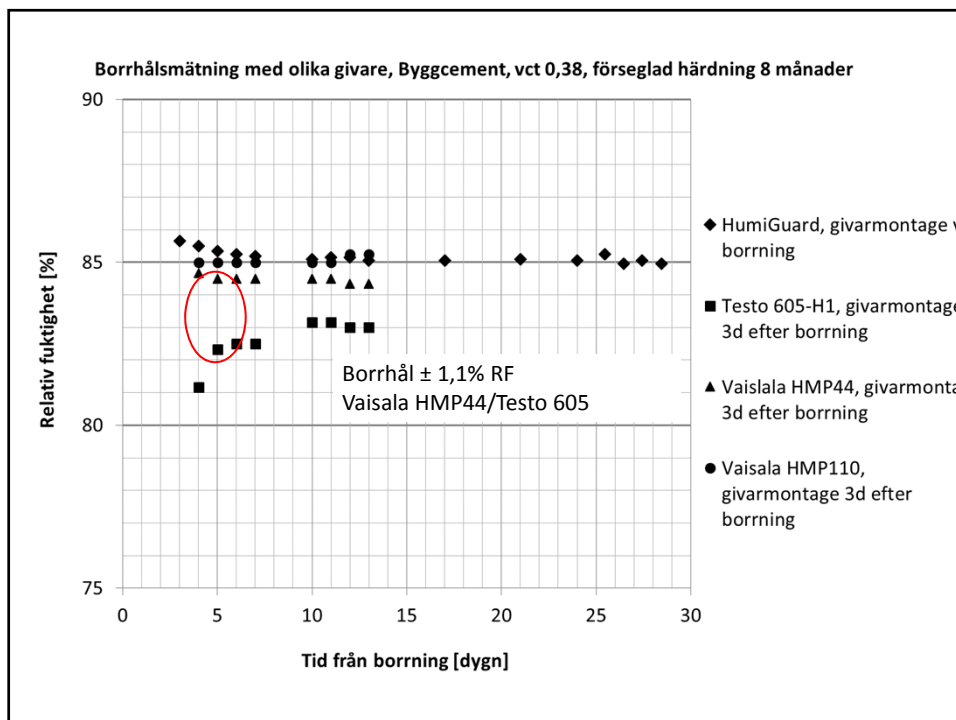
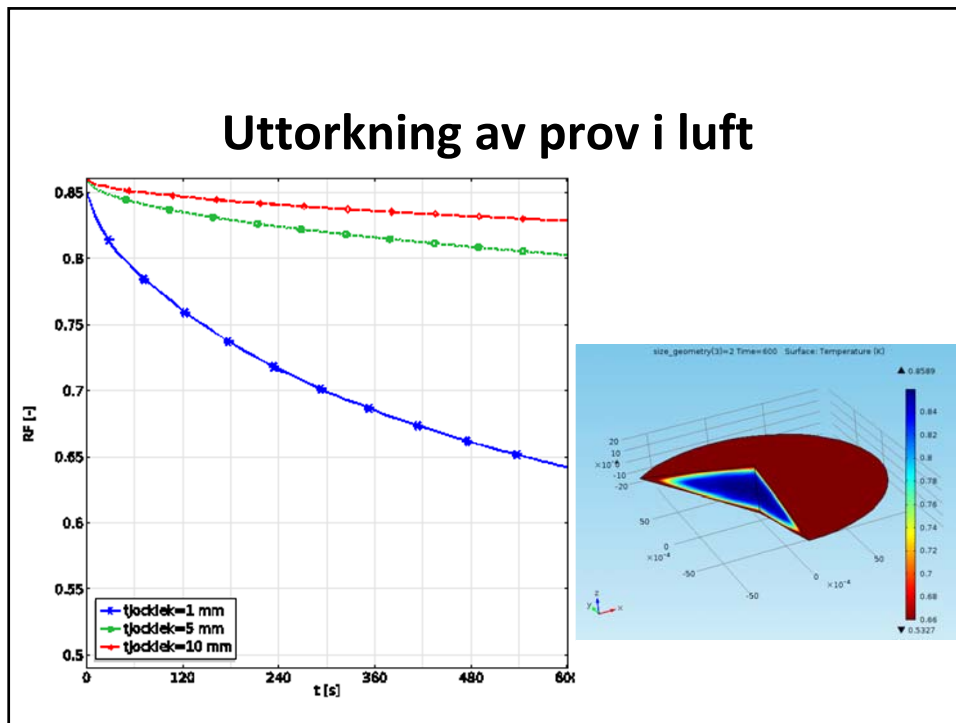
Brunso 2017-11-09/TR



## Fuktmätning i betong med lågt vattencementtal, steg 1-2 – SBUF projekt 12656 och 12706

Avdelning Byggnadsmaterial  
Lunds Tekniska Högskola





## Fuktmätning i betong med lågt vattencementtal, steg 3

– SBUF projekt 12941 och 13085

Avdelning Byggnadsmaterial  
Lunds Tekniska Högskola

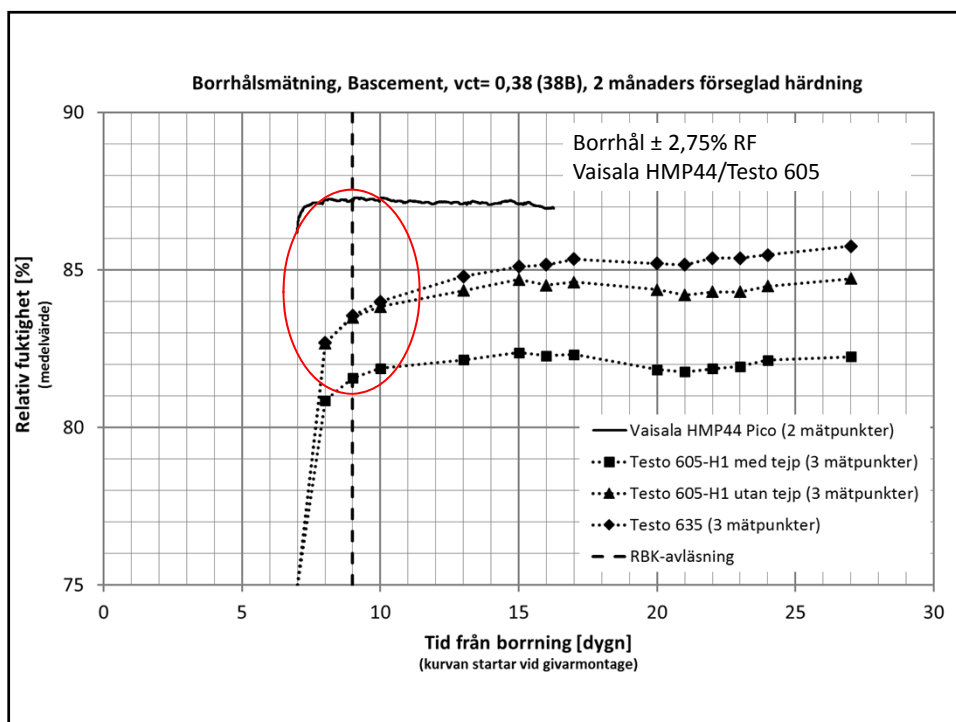


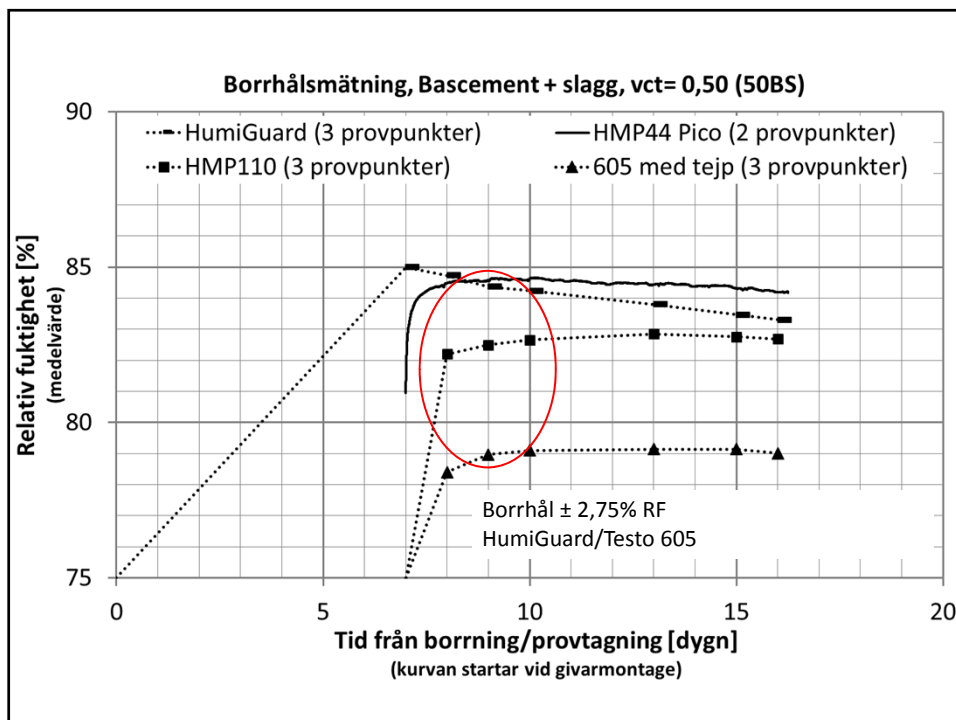
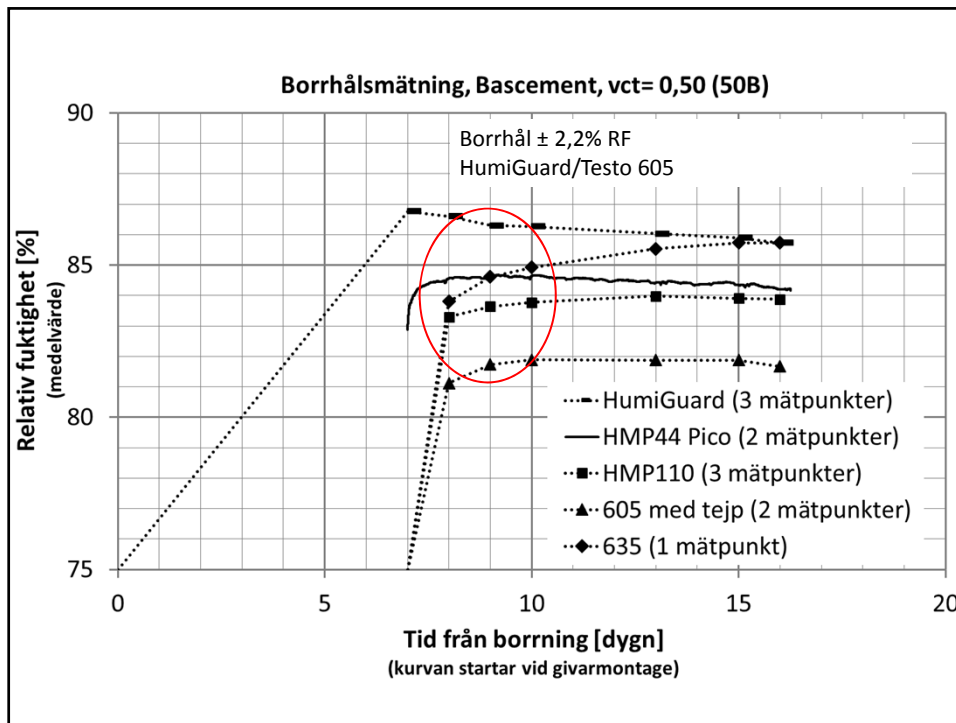
### Recept för provade betongsammansättningar

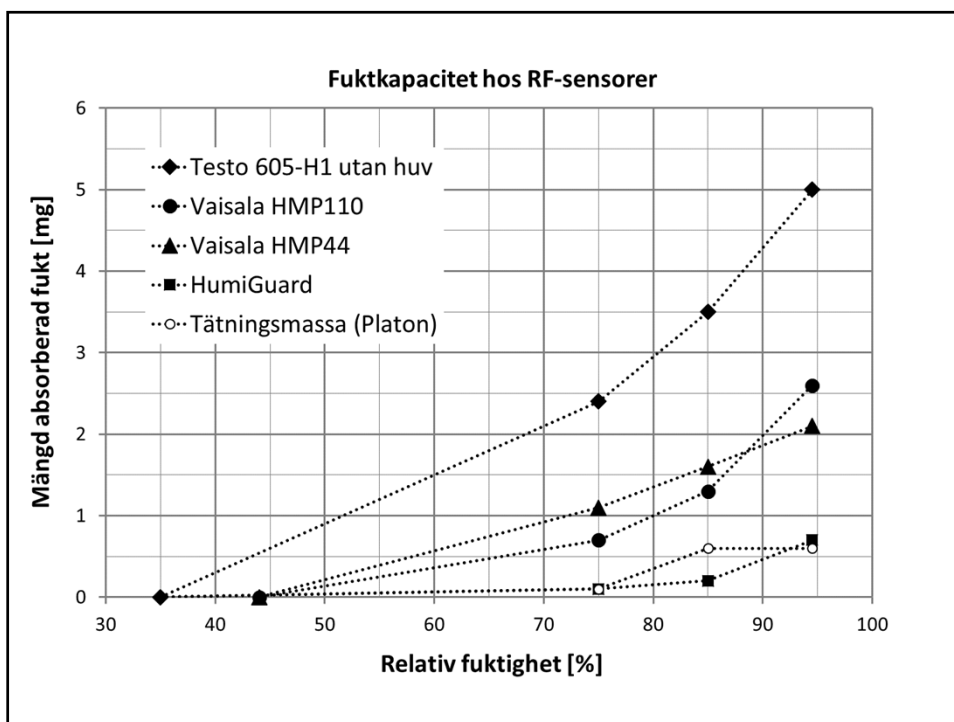
	Beteckning				
	38B	50B	55B	50BS	55BS
Ekvivalent vattencementtal	0,38	0,50	0,55	0,50	0,55
<b>Delmaterial (kg/m<sup>3</sup>)</b>					
Cement (Cementa Bascement)	450	380	350	325	300
Slagg (densitet 2900 kg/m <sup>3</sup> , k=0,8)*	0	0	0	65	60
Vatten	171	190	192,5	188,5	191,4
Ballast (0-8mm)	880	937	966	933	960
Ballast (8-12mm)	440	415	411	414	409
Ballast (12-16mm)	440	415	411	414	409
Flyttillsats (Sika Evo 26)	2,2	0,8	0,8	0,8	0,8
<b>Sättningsförhållande</b>					
Sättningsförhållande (mm)	78	73	95	70	88
Förseglad lagring	X				
Värmeisolerad mantelyta	X				
Värmeisolerad botten	X	X	X	X	X

\*Uppgifter och material från Thomas Concrete Group AB, Göteborg

2 månaders lagring av prov före RF-mätning

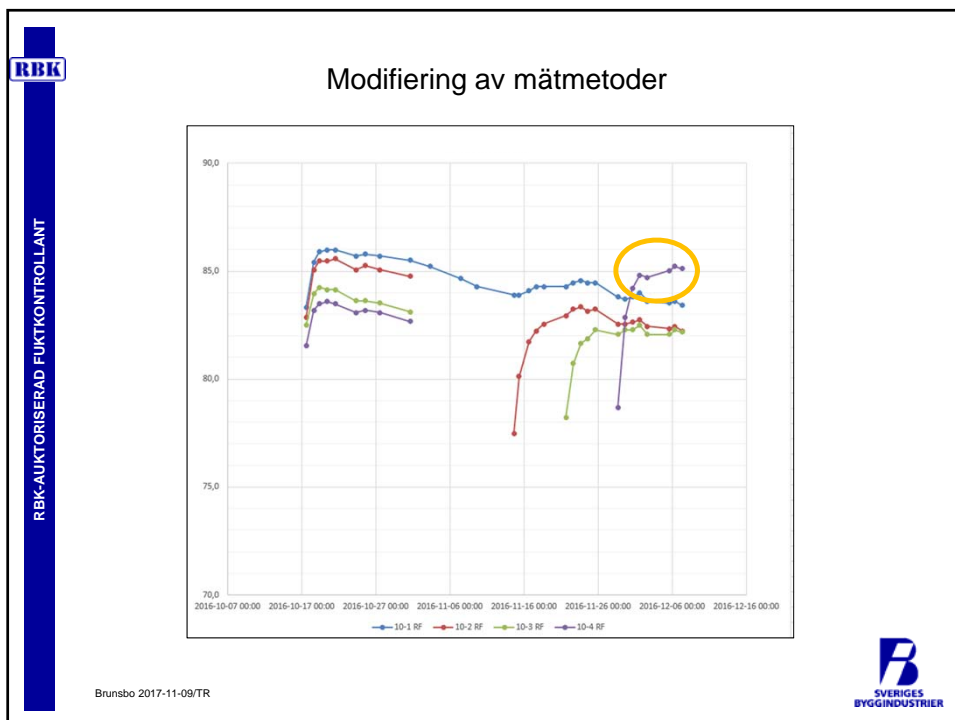


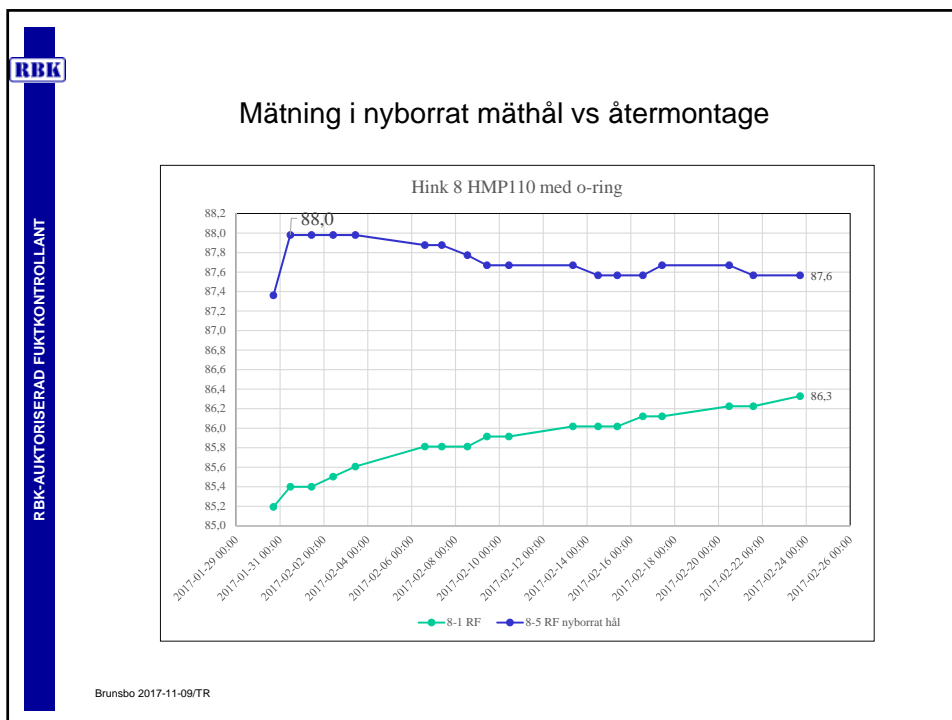












**RBK**

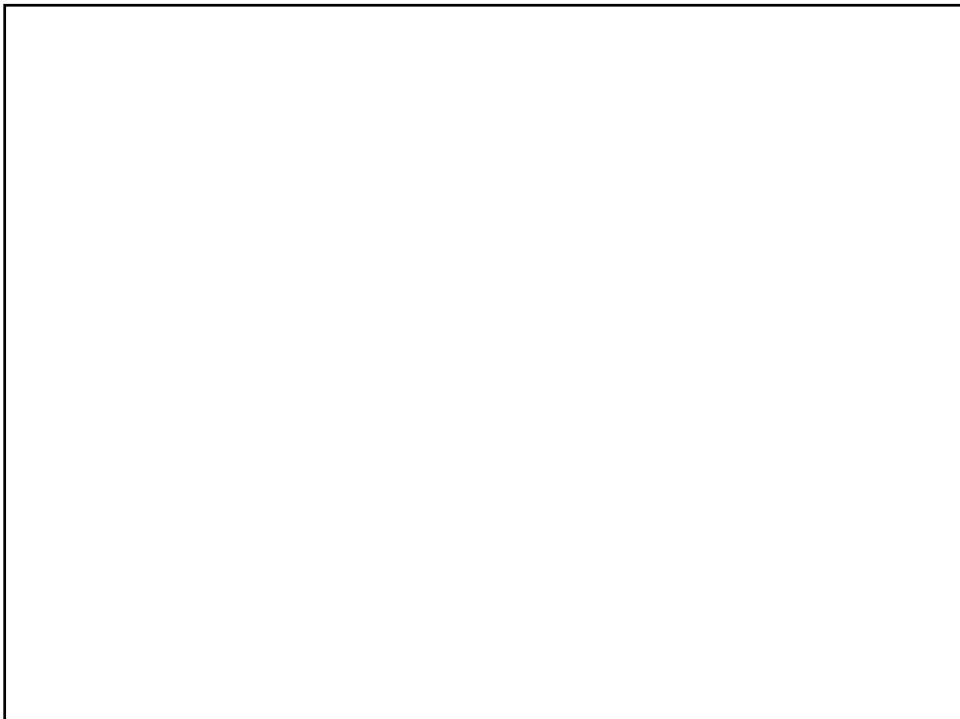
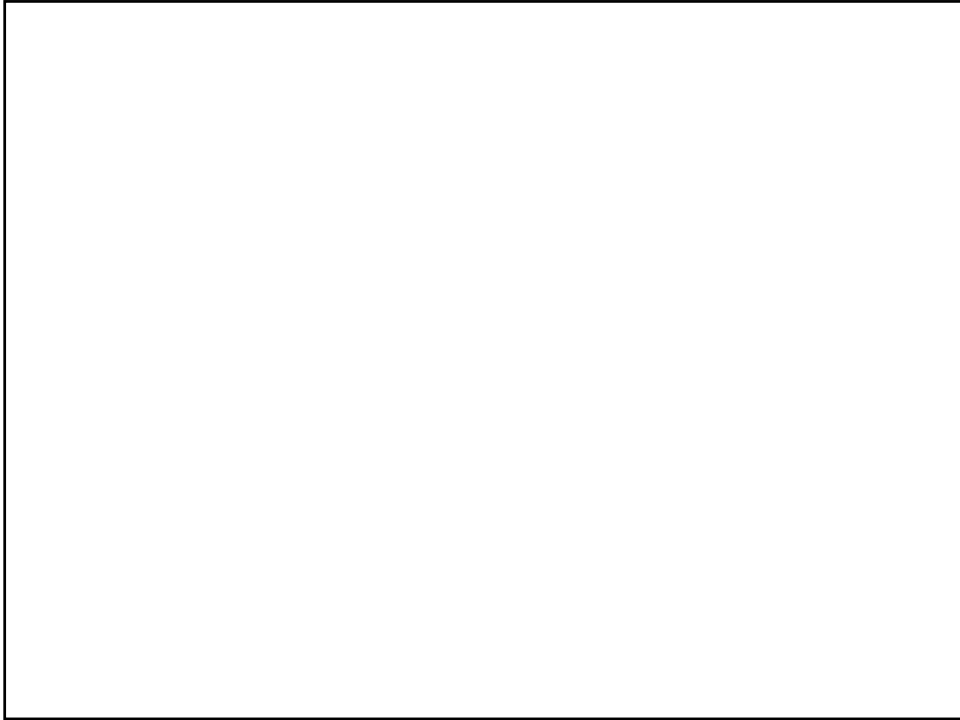
RBK-AUKTORISERAD FUKTKONTROLLANT

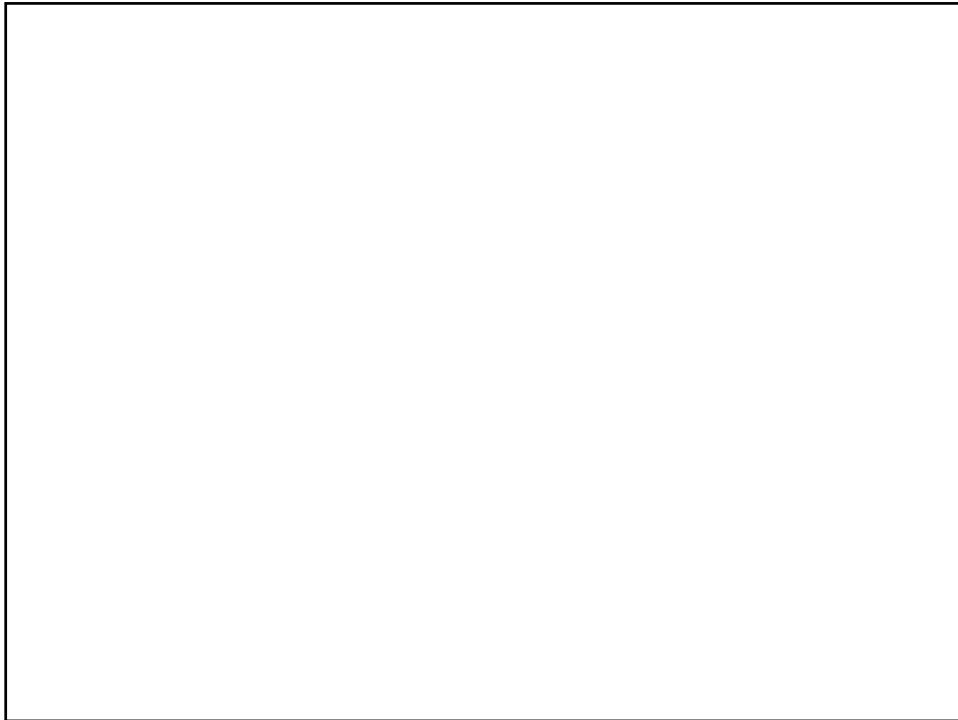
### Manual fuktmätning i betong – revidering

#### Version 6 gäller från 2017-10-09

- ✓ Modifierade mätmetoder, täthet, fuktkapacitet
- ✓ Längre mättid, 6 dygn vs 4 dygn
- ✓ Begreppet lågt vct utgår
- ✓ Borrhål förbrukat efter mätning
- ✓ Inget återmontage
- ✓ Borrhål brukbart i 10 dygn
- ✓ Ladda hem på [www.rbk.nu](http://www.rbk.nu)

Brunsko 2017-11-09/TR





## Mätning av fuktkapacitet hos RF-givare och filter vid absorption

### Givare

- HumiGuard
- Vaisala HMP44
- Vaisala HMP110
- Testo 605
- Testo 635

### RF-nivåer

33, 75, 85 och 95 %



Fuktkapacitet hos RF-givare



HumiGuard-givare med sensor och plasthölje.



Kapad och förseglad HMP44-givare med sensor, gallerskydd och pappersfilter.



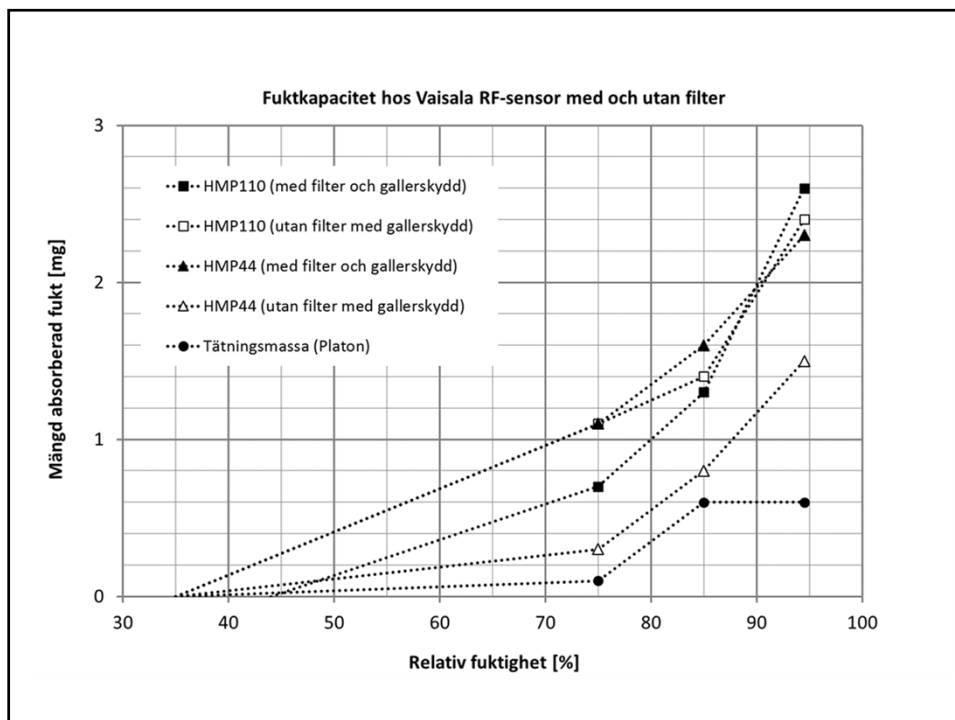
Kapad och förseglad HMP44-givare med sensor, gallerskydd och demonterat pappersfilter.

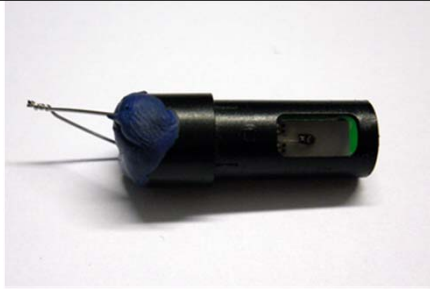


HMP110-givare med sensor, gallerskydd samt pappersfilter och förseglat kabeluttag i bakstycket.



HMP110-givare försedd med gallerskydd utan filter och förseglat kabeluttag i bakstycket.





*Kapad och förseglad 605-givare med sensor utan skyddshuv.*



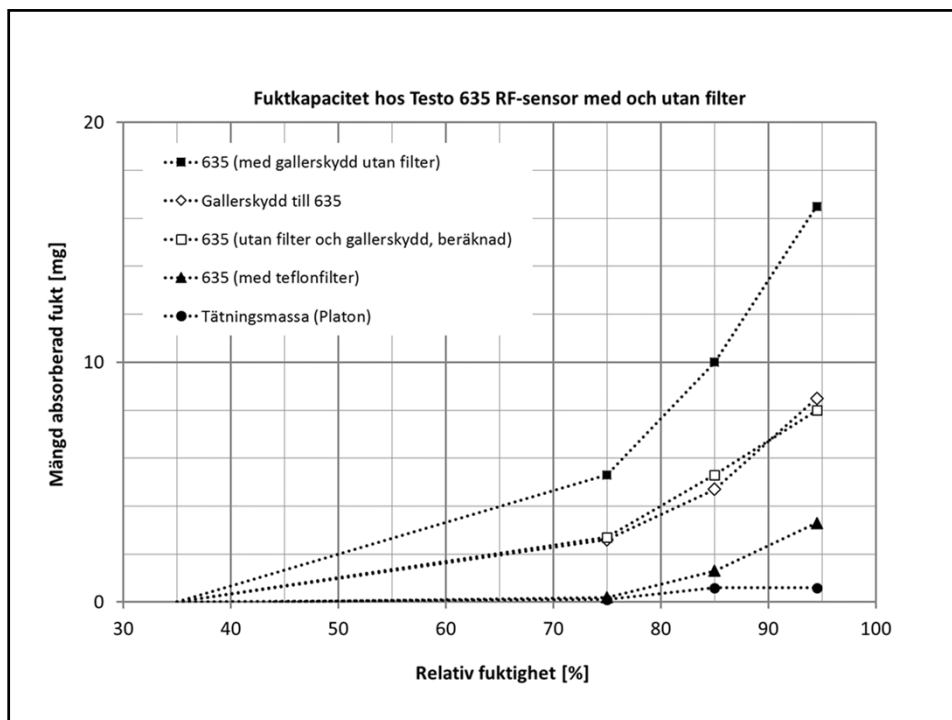
Kapad och förseglad 605-givare med sensor utan skyddshuv och försedd med tejp (Micropor 10x40mm).



Kapad och förseglad 635-givare med sensor och teflonfilter.



Kapad och förseglad 635-givare med sensor och öppet galler skydd



## Slutsatser från mätning av fuktkapacitet hos RF-givare och filter vid absorption

- Den "öppna" Testo 605 hade högst fuktkapacitet.
- För Testo, oavsett modell 605 eller 635, verkar således filtren ha en "fuktskyddande" effekt och utgör barriär mellan den aktiva delen av sensorn och omgivande luft.
- Sannolikt har filtren förhållandevis stort ånggenomgångsmotstånd i kombination med en hög fuktkapacitet hos sensorernas aktiva del.
- Kombinationen av dessa två egenskaper skulle kunna resultera i att givarna behöver lång tid att nå ett jämviktsläge och samtidigt riskera att underskatta RF-nivån hos betongen.



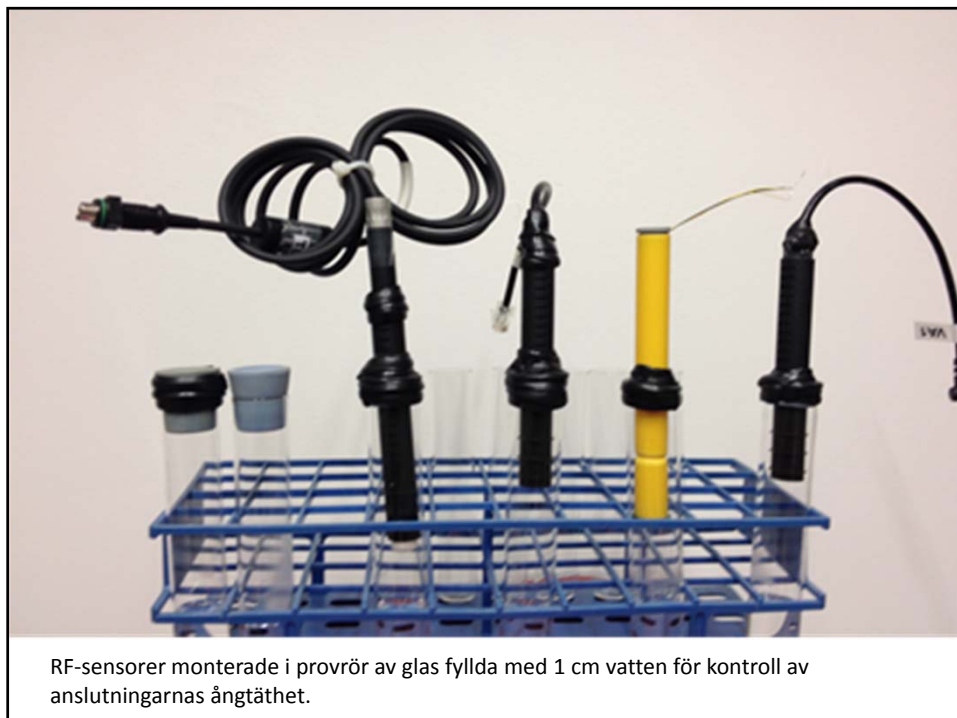
## Kontroll av ångtätethet hos RF-givare och tillhörande tätningssystem

### Givare

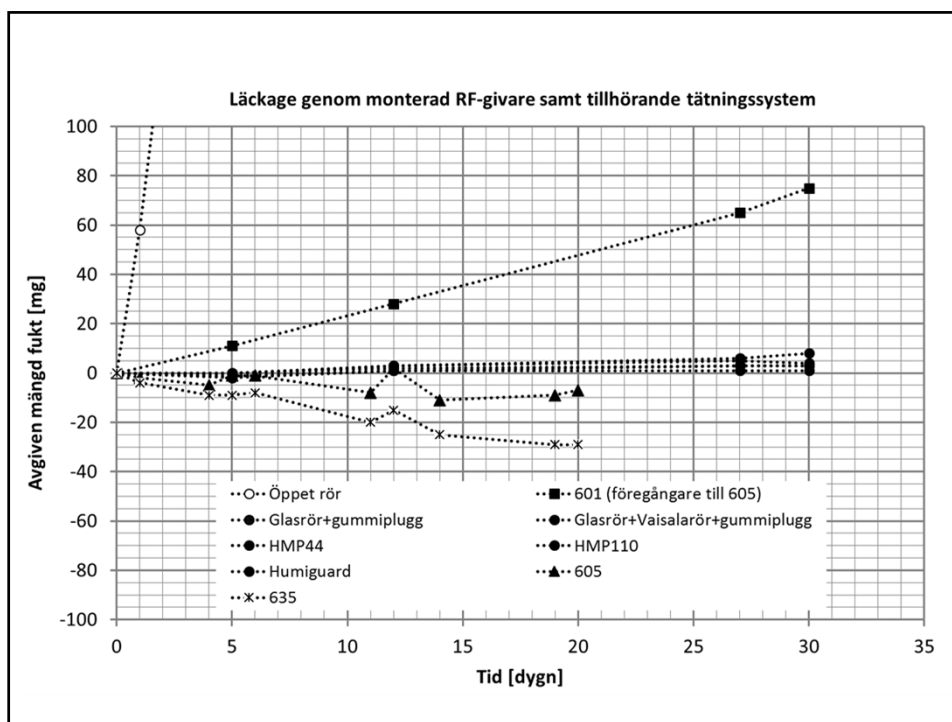
- HumiGuard
- Vaisala HMP44
- Vaisala HMP110
- Testo 601 (föregångare till 605)
- Testo 605
- Testo 635

### Tätningssystem

- Glasrör + gummiplugg
- Glasrör + Vaisalarör + gummiplugg



RF-sensorer monterade i provrör av glas fyllda med 1 cm vatten för kontroll av anslutningarnas ångtätethet.



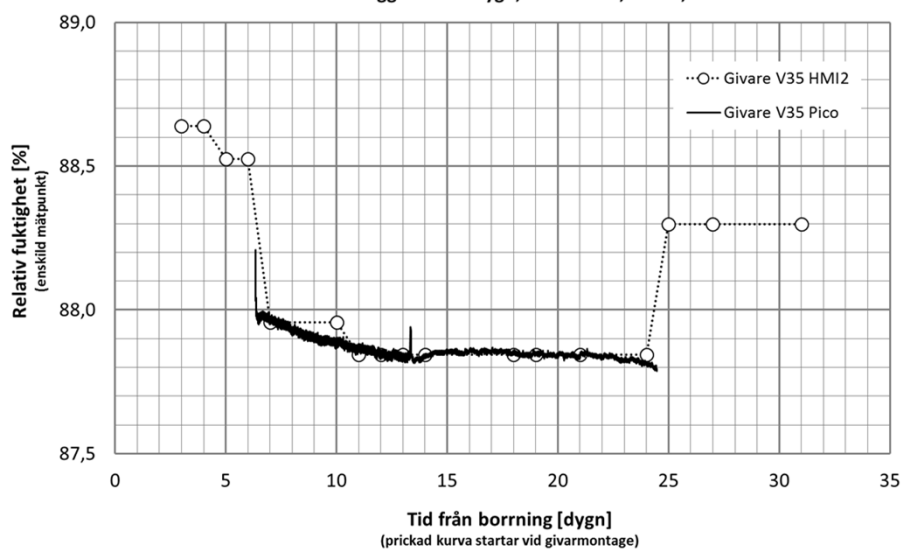
## Slutsats från kontroll av ångtäthet hos RF-givare och tillhörande tätningssystem

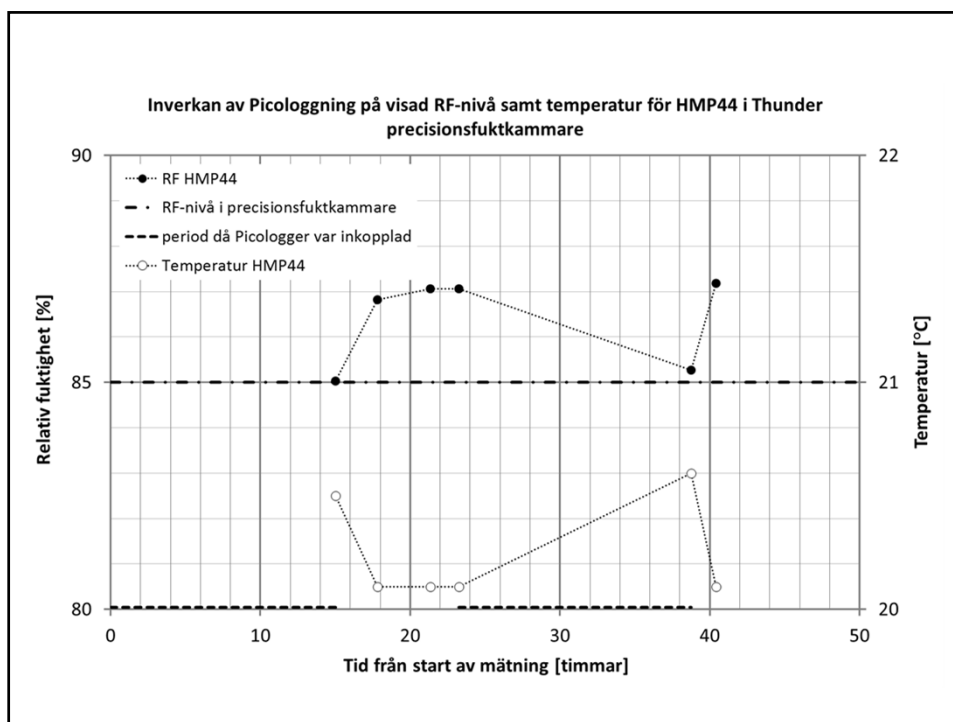
- Sammanfattningsvis resulterade läckagetestet i att det som mest avgick cirka 10 mg vatten under 30 dygn.
- Hur detta påverkar RF-nivån i provhålet är mycket komplicerat att avgöra utan omfattande datorsimulering. Resultatet från en datorsimulering kommer emellertid också att bjuda på osäkerheter eftersom en rad antagande måste göras. Ett alternativ är att göra bedömningen hur den förlorade fukt mängden påverkar RF-nivån hos ett uttaget prov vilket innebär att endast en begränsad provmängd kan bidra med fukt.
- Uppskattningsvis resulterar det ackumulerade läckaget under 30 dagar i en sänkning av RF-nivån om cirka 0,2 %. Detta förutsätter att effekten av förlorad fukt är likvärdig både för uttaget prov och borrhålsmätning.

## Inverkan av Pico-loggning på RF-nivån hos Vaisala HMP44 vid borrhålsmätning



Borrhålsmätning med HMP44 dels avläst med handavläsningsinstrument HMI41 och dels Picologger från 6 dygn, Bascement, vct= 0,38





## Slutsats Pico-loggning av borrhålsmonterad Vaisala HMP44

- Effekten av att HMP44-givaren kopplades till Picologger var olika då den var placerad i precisionsfuktkammare eller monterad i borrhål. I båda fallen noterades en sänkning av RF-nivån vilken var större i precisionsfuktkammaren, cirka 2 %.
- Vid försöket då HMP44-givaren var monterad i borrhål noterades endast en mindre sänkning av RF-nivån, cirka 0,65 %, då loggern var i drift.
- Anledningen till att RF-nivån inte sjönk lika mycket när givaren var monterad i borrhål är sannolikt att betongen närmast sensorn värmdes något.
- Sammanfattningsvis resulterar denna delundersökning i att RF-nivån överskattas med cirka 1,35 % vid loggningen.



## Slutsatser från samtliga delar av projektet, steg 1-3

### **Uttaget prov underskattar RF oavsett vct**

- Resultaten innebär i praktiken att RF-mätning på uttaget prov kan räknas som en utdömd metod.

### **Låga RF-nivåer och lång tid till jämvikt med Testo**

- Testo 605 rekommenderas utgå från RBKs fuktmätningrutiner med hänsyn till ovanstående resonemang.
- När det gäller Testo 635 tyder mätningarna på att teflonfiltret har ett förhållandevis högt ånggenomgångsmotstånd. Sensorns höga fuktkapacitet medför att RF riskerar att underskattas för moderna betongsammansättningar med mineraliska tillsatser. Givaren rekommenderas att utgå från RBK-systemet.

**Borrhålsmätning med HumiGuard, Vaisala HMP44 och Vaisala HMP110**

- Endast givare av fabrikat/modell; HumiGuard, Vaisala HMP44 och HMP110 med tillhörande pappersfilter används för borrhålsmätning.
- Givare monteras tidigast 3 dygn efter borrning och avläsning sker tidigast 3 dygn efter montering.
- Montering av givare i samband med borrning utgår som metod.

**Återmontage i borrhål**

- Återmontage av RF-givare i borrhål anses inte tillförlitlig framöver vilket innebär att nya borrhål måste borraras för varje tillfälle givare ska monteras.

**Inverkan på RF-nivån när givare loggas**

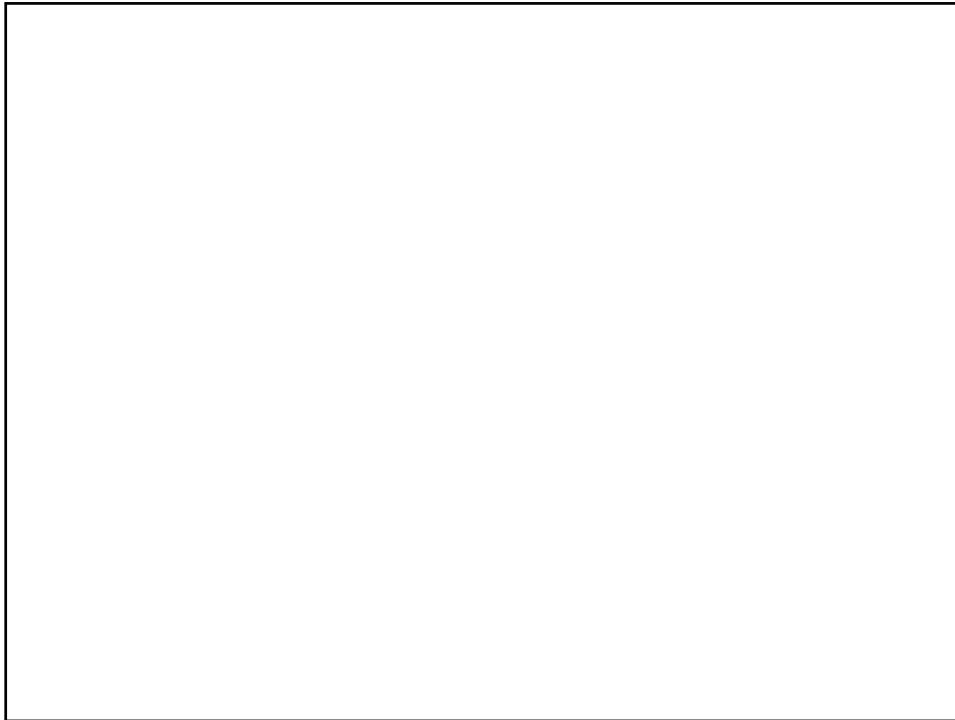
- Vid mätningar när RF-givare kopplas till datalogger måste uppställningen undersökas så att loggningen inte innebär att givaren värms eller påverkas ur annan aspekt. Om sådana effekter upptäcks måste de gå att kvantifiera och därefter användas för att justera kalibreringskurvan. Detta är viktigt att beakta om utrustning för loggning ska användas inom RBK-systemet i framtiden.

## Behov av vidare undersökningar 1

- Hur RF-nivån påverkas vid återmontage av Vaisala HMP110
- Hur RF-sensors fuktkapacitet samt tillhörande filters fuktkapacitet och fukttransportförmåga inverkar på avvikelsen mellan verklig och uppmätt RF-nivå.
- Analysera fuktegenskaper hos framtida betongsammansättningar med mineraliska tillsatser genom att ta del av materialdata från pågående forskningsprojekt.
- Ta fram principiella riktlinjer för RBK-systemet vilka kan användas för att justera avläst RF med hänsyn till olika givares fuktkapacitet vilket blir nödvändigt för betonger med mineraliska tillsatser. Dessa betonger får flackare sorptionsisoterm och minskad fukttransportförmåga, jämfört med dagens betonger, vilket innebär att fuktkapaciteten hos en RF-sensor, till större del än idag, bidrar till att öka skillnaden mellan avläst och verklig RF.

## Behov av vidare undersökningar 2

- Ta fram kravspecifikation för nästa generations fuktgivare med tillhörande loggningssystem anpassat för kommande betonger och fuktkrav.
- Sannolikt är dagens kritiska fuktnivåer med avseende på alkalisk nedbrytning, orsakad av betong, inte relevanta för framtida betongsammansättningar. Detta eftersom inblandningen av reaktiva mineraliska tillsatser till en allt större del kommer att ersätta Portlandcementet. En fortsatt tillämpning av dagens kritiska fuktnivåer enligt AMA kan därför innebära att betongen torkas onödigt lång tid.
- För att säkerställa rimliga uttorkningstider när framtida betongsammansättningar börjar tillämpas i större skala, vilka sannolikt har långsammare uttorkning, krävs en ökad förståelse kring kritiska fuktnivåer. Syftet med den föreslagna undersökningen är att ge konkreta fuktkrav för material som betongens ska beläggas med, det vill säga nya kritiska fuktnivåer.



**Fuktmätning i betong med lågt  
vattencementtal, steg 3  
(samt slutsatser från Steg 1-2)**

**– SBUF projekt 12941 och 13085**

**Peter Johansson  
Stefan Backe**

**Avdelning Byggnadsmaterial  
Lunds Tekniska Högskola**





## Resultat från steg 1-2

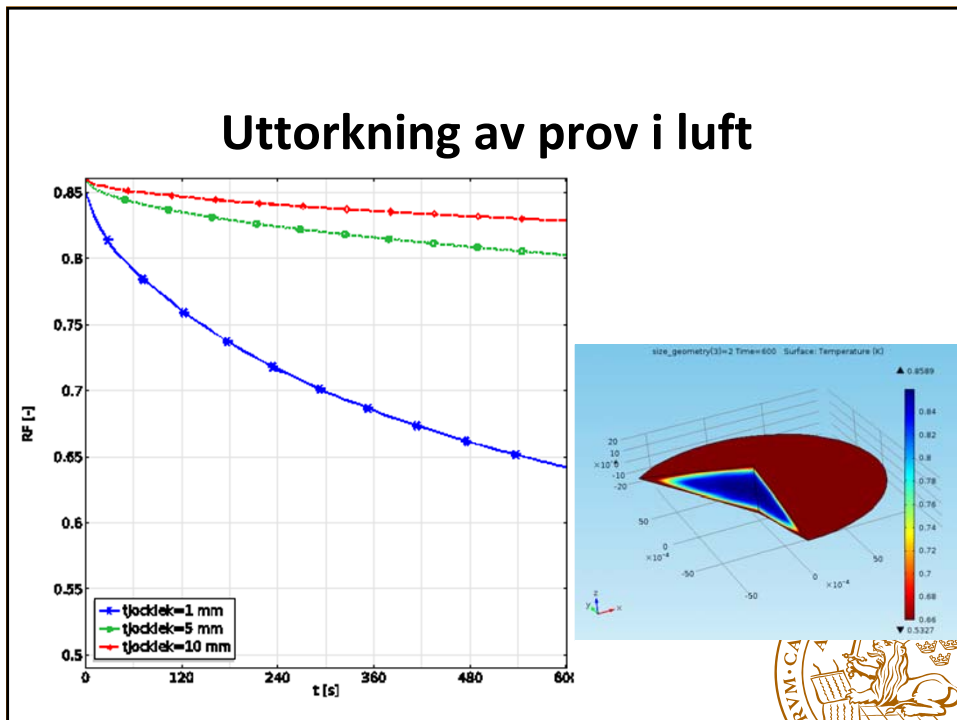
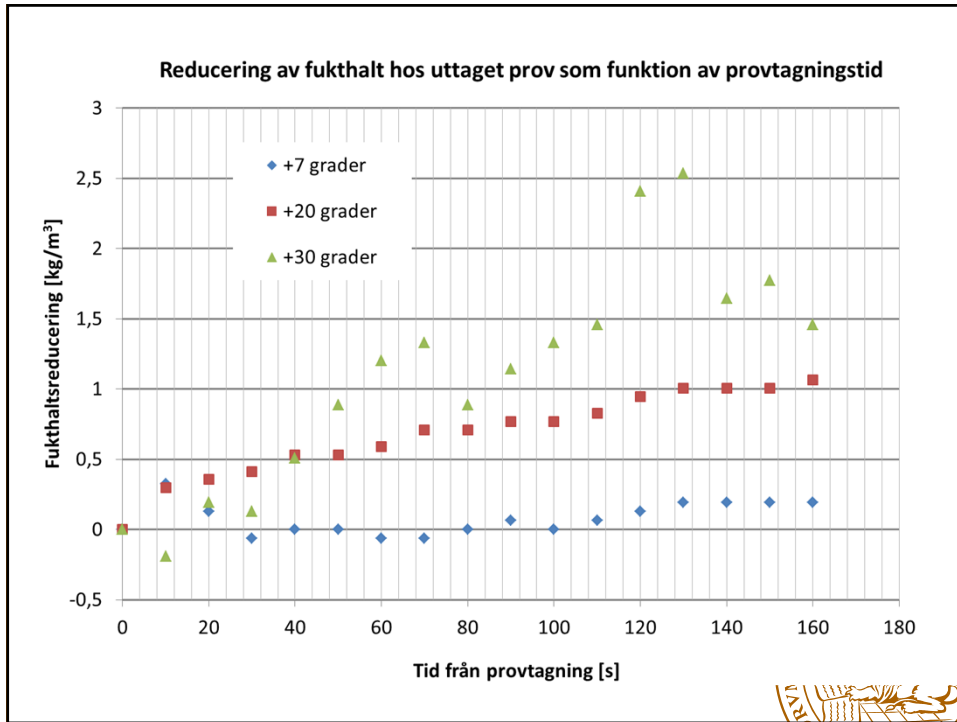
**Jämförelse av RF från uttaget prov och  
borrhålmätning i platta som lagrats förseglad 8  
månader**

**samt mätning och datorsimulering av fuktförlust  
vid provtagning och dess inverkan på RF-nivån**



## Inverkan av fuktavgång från uttaget prov





## Slutsatser, Steg 1-2

- Konditioneringstid
  - Uttaget prov
  - Borrhålmätning
- Inverkan av kondens i provrör
- Provmängdens betydelse vid uttaget prov
- Hur påverkas provets fuktnivå när givare monteras i rör
- Fuktagång vid hantering av uttaget prov
- Känslighet för temperaturvariationer i omgivning vid borrhålmätning
- Jämförelse mellan borrhålmätning och uttaget prov

