



LUNDS  
UNIVERSITET



Energiforsk

SBUF



VATTENFALL



# Fuktupptagning och Frostbeständighet hos Vattenbyggnadsbetong – Islinstillväxt

## Kraftindustrins Betongdag

Martin Rosenqvist

Vattenfall / LTH

2016.05.25



# Nedbrytning av betong

---

- Nedbrytning sker sällan till följd av enskilda processer
- Oftast samverkan mellan:
  - Fysikaliska processer
  - Kemiska processer
  - Mekaniska laster
  - Temperaturberoende laster
  - ”Ogynnsamma förutsättningar”
- Stor komplexitet i nedbrytningsförloppet



# Frostskador på vattenkraftskonstruktioner

---

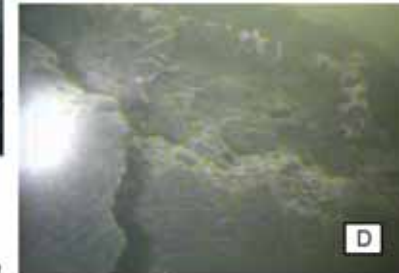
- Uppdelning av frostskador:
  - Ytliga skador
  - Inre skador
- Betongens frostbeständighet
  - Ej (absolut) egenskap
  - Klimatberoende
  - Fuktberoende
  - Luftporbildande medel
- Kan betongens frostbeständighet försämrars i ett långt perspektiv?



# Islinstillväxt i betong – misstänkt fall

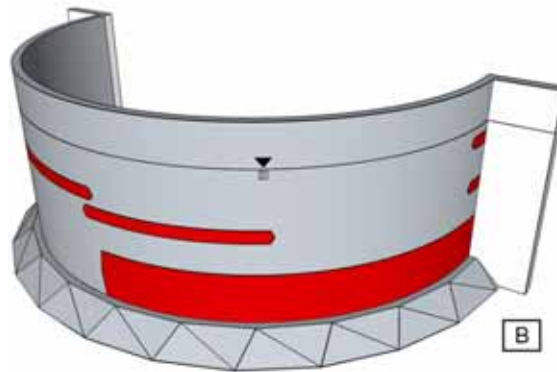
- Valvdamm

- 1941-1944
- $L = 33$  m
- $H = 8$  m
- $T = 350$  mm



- Skador

- $D = < 150$  mm



- Åtgärdad



# Islinstillväxt i betong – misstänkt fall

---

- Lamelldamm

- Tidigt 1940-tal
- $L = 51$  m
- $H = 9$  m
- $T = 400$  mm



- Skador

- Nedströmssidan
- Täcksikt borta
- Armering

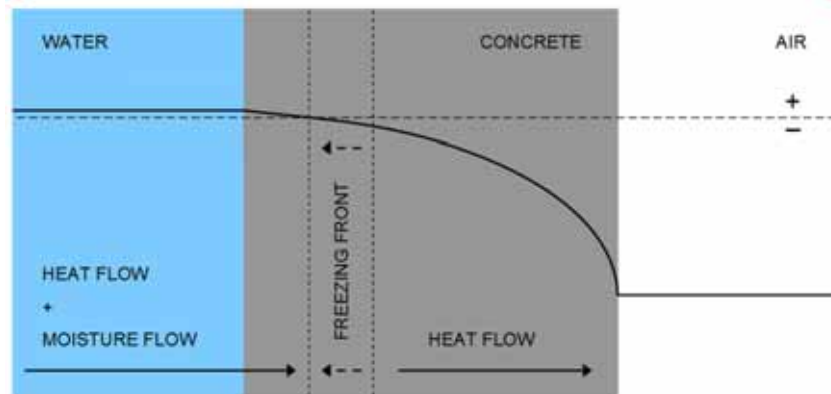
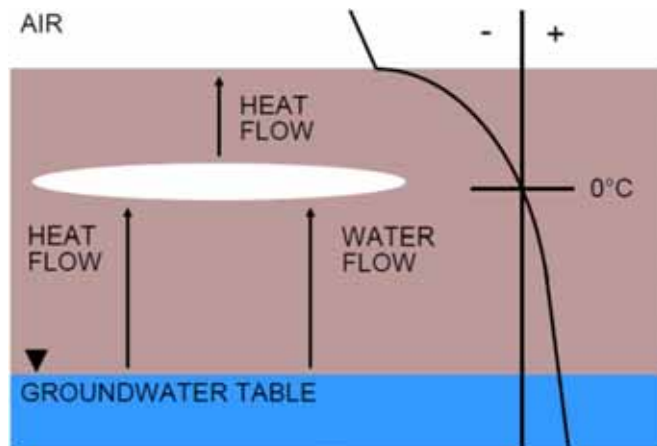
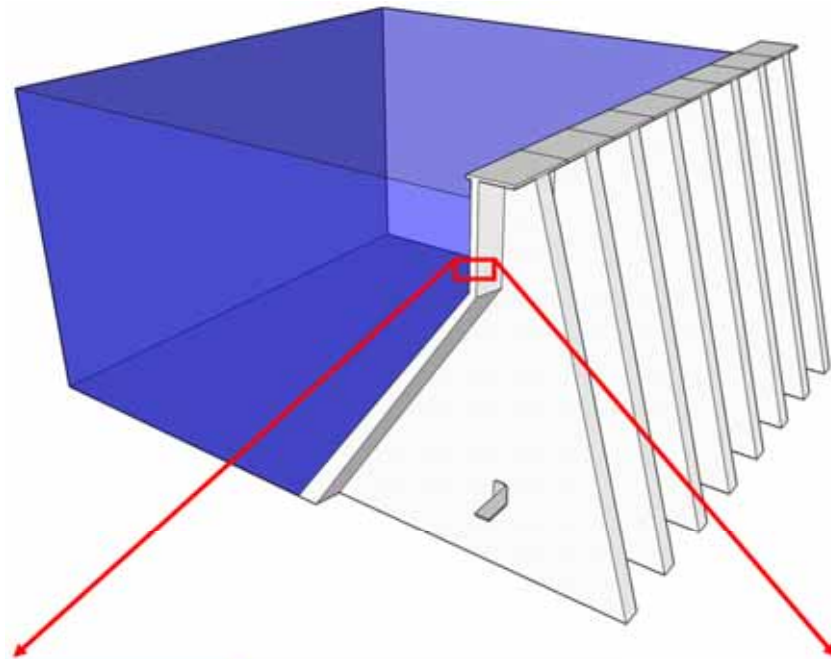


# Islinstillväxt i betong – misstänkt fall

---



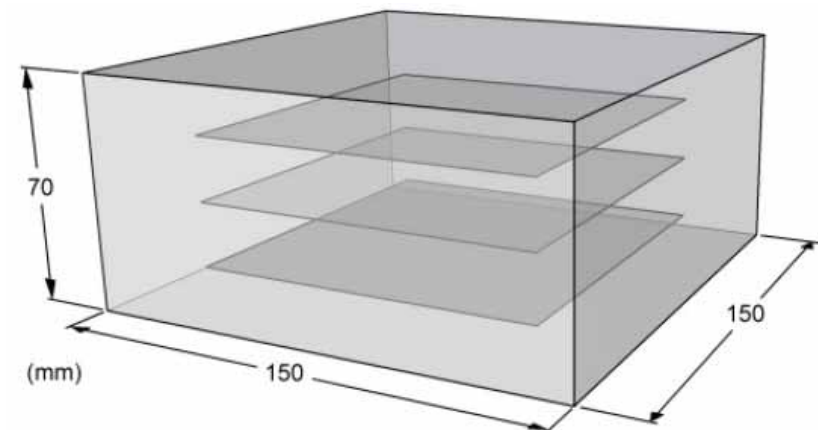
# Förutsättningar för islinstillväxt i betong



# Islinstillväxt i betong

---

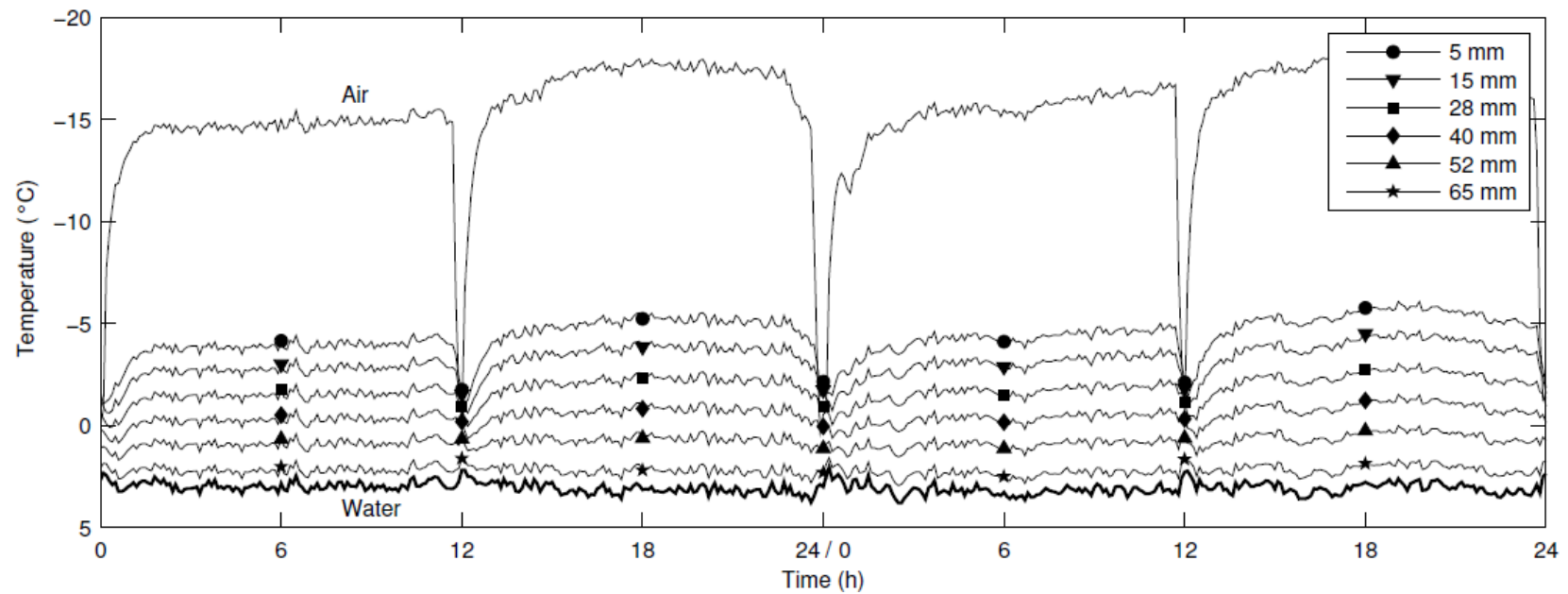
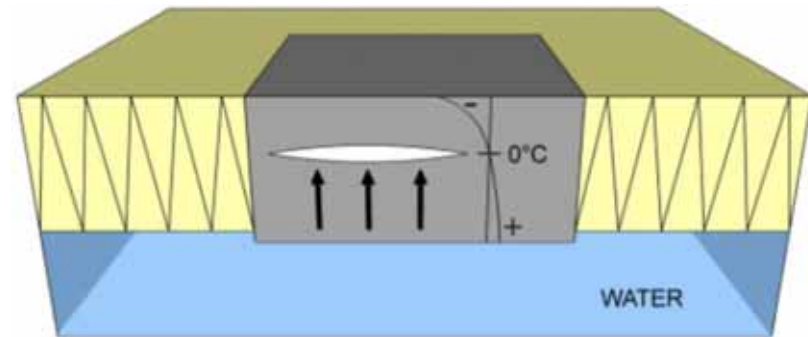
- Provkroppar av åtta betongkvaliteter mellan vct 0,5 och 1,4
- Provkroppar: Oskadad betong
- Provkroppar: Frostskadad betong
  - Torkats vid 105 C, därefter vattenmättats och frysts en gång (-20 C)
  - Inre sprickbildning
- Provkroppar: Betong med pappersskikt
  - Tre pappersskikt 110x110 mm<sup>2</sup> har gjutits in för att utgöra en försvagning i betongen.
  - Dålig kringgjutning av armering.
  - Dåligt utförd pågjutning.
  - Främmande föremål.





# Islinstillväxt i betong

- Försökuppställning
- Ovansidan utsatt för frysning
- Undersidan nedsänkt i vatten



# Islinstillväxt – frostskadad betong

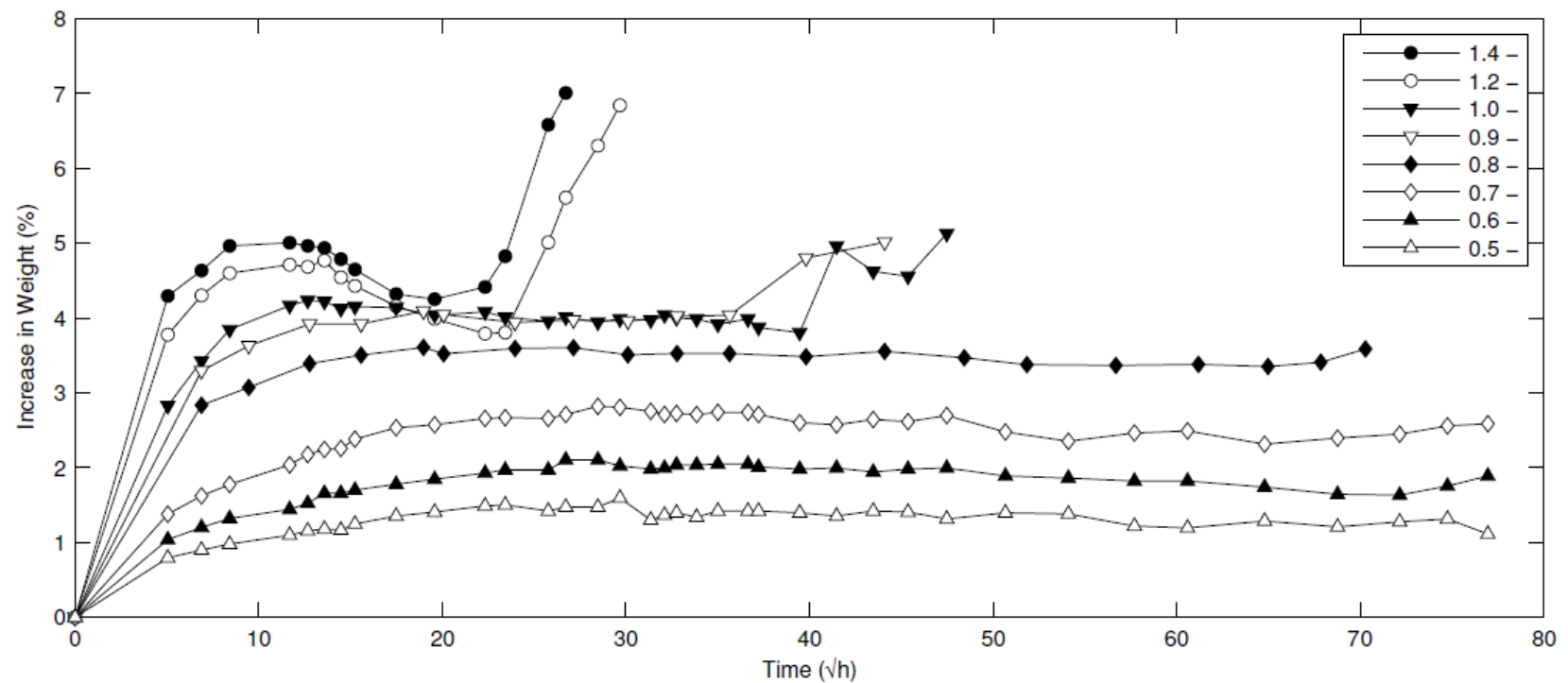
---

- Islinsbildning i samtliga provkroppar inom en veckas tid:



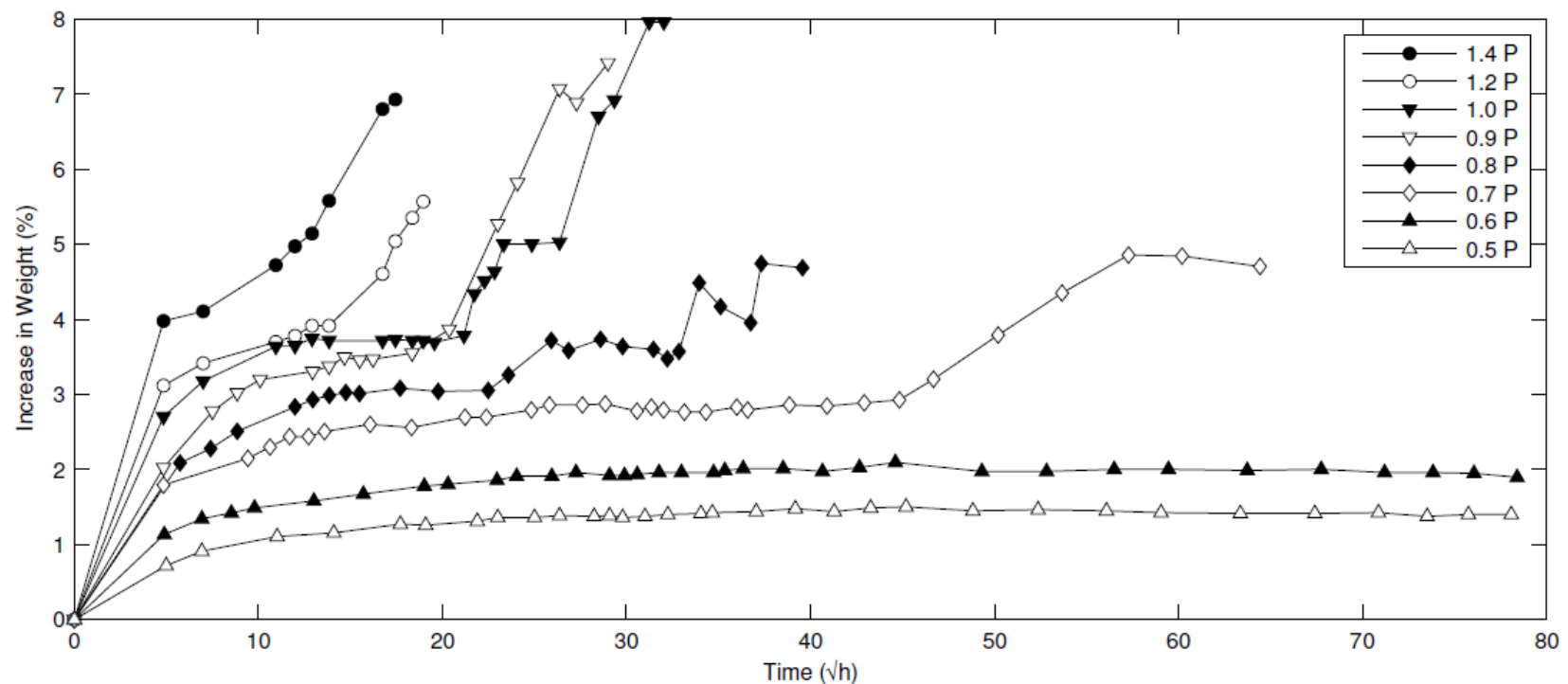
# Islinstillväxt – oskadad betong

- Islinstillväxt inträffade i provkroppar med vct 0,9 eller högre.
- Tiden till isinstillväxt ökade med minskande vct.



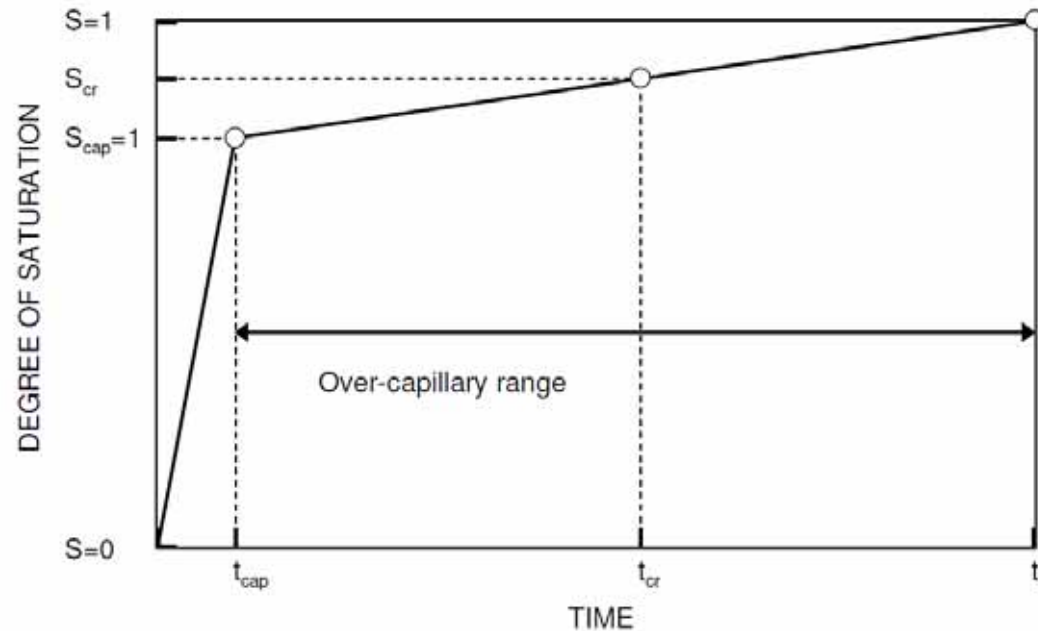
# Islinstillväxt – betong med pappersskikt

- Islinstillväxt inträffade i provkroppar av samtliga vct.
- Islinstillväxt i samtliga fall vid det mellersta pappersskiktet.



# Fuktupptagning över tid

- Fuktupptagning till följd av långvarig kontakt med vatten:



$$W = k \cdot t^{1/2}$$

- Absorptionskoefficient (efter kapillärmättnad)



# Beräkning av tid till islinstillväxt i betong

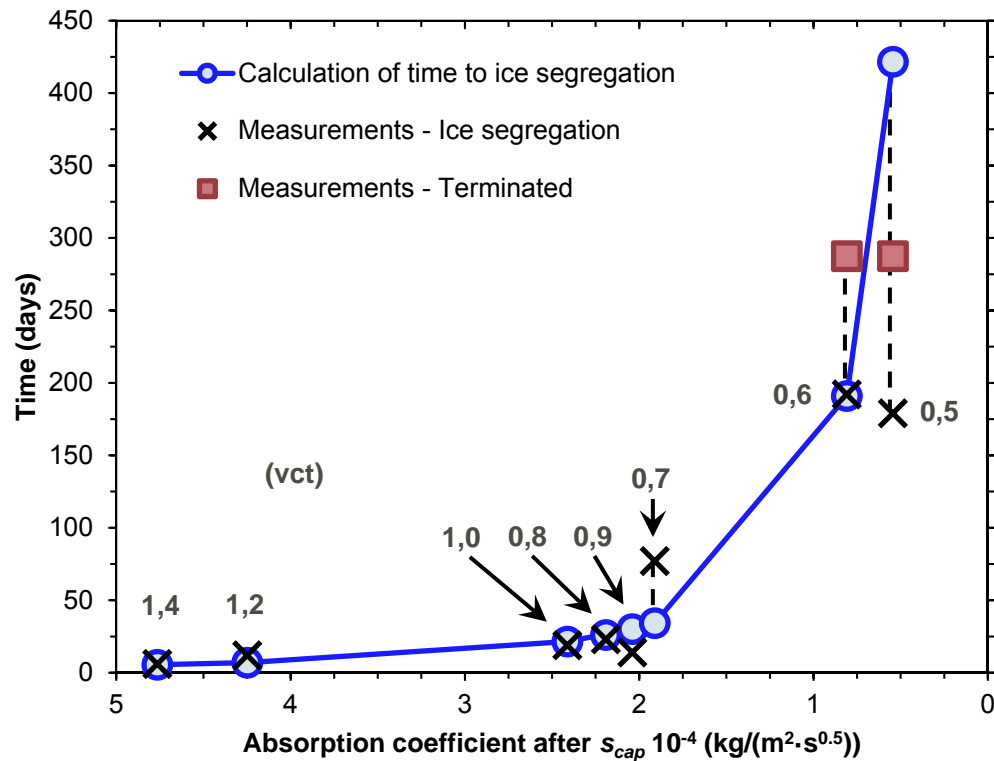
---

- Antaganden för att beräkna tidpunkten för islinstillväxt:
  - De två understa pappersskikten behöver vara vattenmättade.
  - All fuktupptagning sker i pappersskikten.
  - Typisk pappersporositet är ca 70%.
    - » Kan delas upp i intra- och interfiber-porositet.
    - » Intrafiber-porositeten utgör 60% av total porositet.
  - Ett pappersskikts tjocklek i blött tillstånd är 0,32 mm.
  - Vatten som fyllt ut interfiber-porositeten absorberas av betongen.
  - Två pappersskikt skapar ett hålrum motsvarande ca 2 200 mm<sup>3</sup>.
  - Vatten expanderar ca 9% vid fasomvandlingen till is.
  - Ca 2 000 mm<sup>3</sup> (2 gram) vatten behövs för att fylla hålrummet.



# Beräkning av tidpunkt för islinstillväxt

- Jämförelse mellan försök och beräkningar:



# Islinstillväxt i vattenkraftskonstruktioner

---

- Har bevisligen inträffat i flertalet fall
- Sannolik orsak:
  - Dålig betongkvalitet.
  - Dålig kringgjutning av armeringen.
  - Hög fuktbelastning över lång tid.
  - Genomfrysning av konstruktionen/dammen.
- Svårt att förutse då eventuella defekter i betongen är okända.
- Islinstillväxt kan förhindras om dammen värmeisolerar.





# Islinstillväxt i betong – summering

---

- Islinstillväxt sker omgående i betong med inre frostskador
- Risk för isinstillväxt i oskadad betong med  $v_{ct} \geq 0,9$
- Risk för isinstillväxt i betong med inre försvagningar,  $v_{ct} \geq 0,5$
- Verkliga konstruktioner:
  - Betongkvalitet
  - Defekter i betongen
  - Fuktförhållanden
  - Temperaturförhållanden
- Kan förhindras om frysning av dammen förhindras

