

Mock-up til verifikation af temperaturberegning i betonkonstruktioner

Tine Aarre, Danish Technological Institute, Taastrup, Denmark

Jens Ole Frederiksen, Danish Technological Institute, Taastrup, Denmark



Udfordringen for store betonkonstruktioner:

- Varmeudvikling fra hærdningsprocessen
 - Store temperaturforskelle
 - Trækspændinger kan overstige styrken af beton
 - Risiko for termiske revner



Termiske revner i toppen af fastholdt væg



Termiske revner i væg støbt på eksisterende konstruktion



Hvordan undgår vi termiske revner?

- Temperatur- og spændingsberegninger til optimering af støbeprocessen

Værktøjer til optimering støbeprocessen:

- Beton med lav varmeudvikling
- Kølerør
- Varmekabler
- Varmemåtter
- Overfladebeskyttelse
(forskalling, isolering)

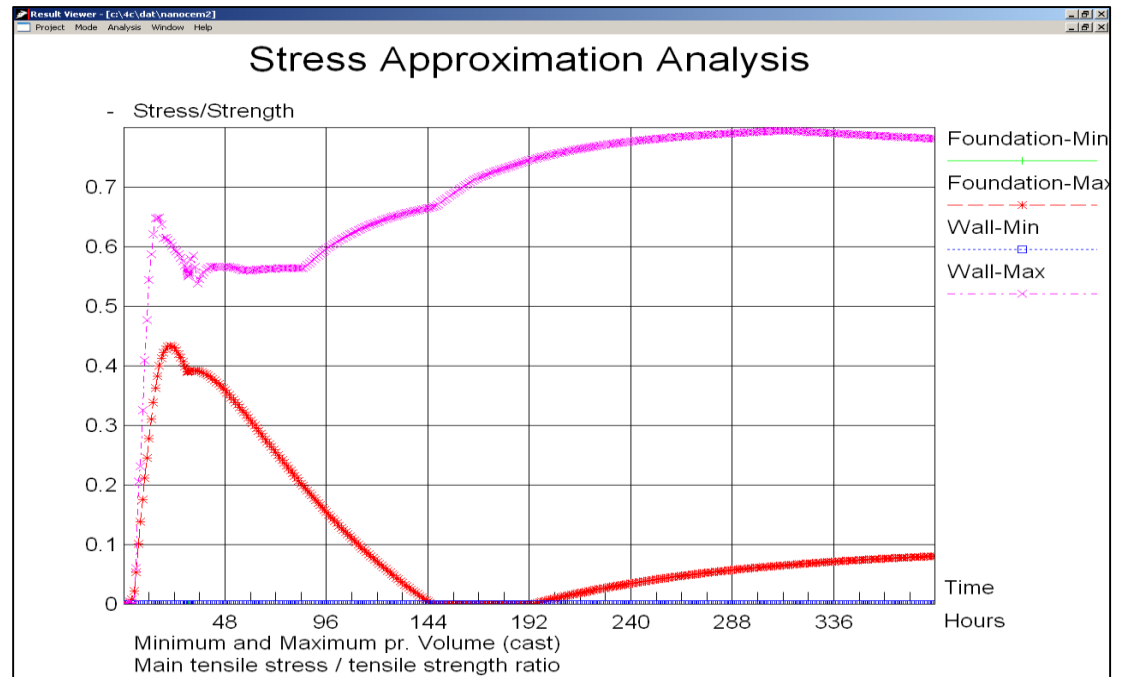
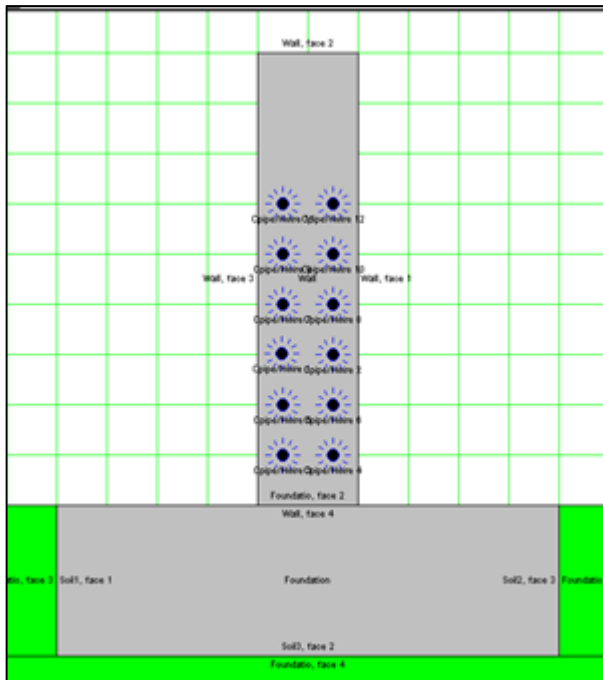




Er resultaterne af temperatur- og spændingsberegninger pålidelige?

Der er blevet stillet spørgsmål vedr. bl.a.:

- Effekt af kølerør (stål / plast / flowhastighed af kølevand)
- Effekt af varmekabler
- Isoleringsevne af forskallings- og isoleringsmaterialer



Mock-up til verifikation af temperaturfordeling i betonkonstruktioner

Afprøve indvirkning af:

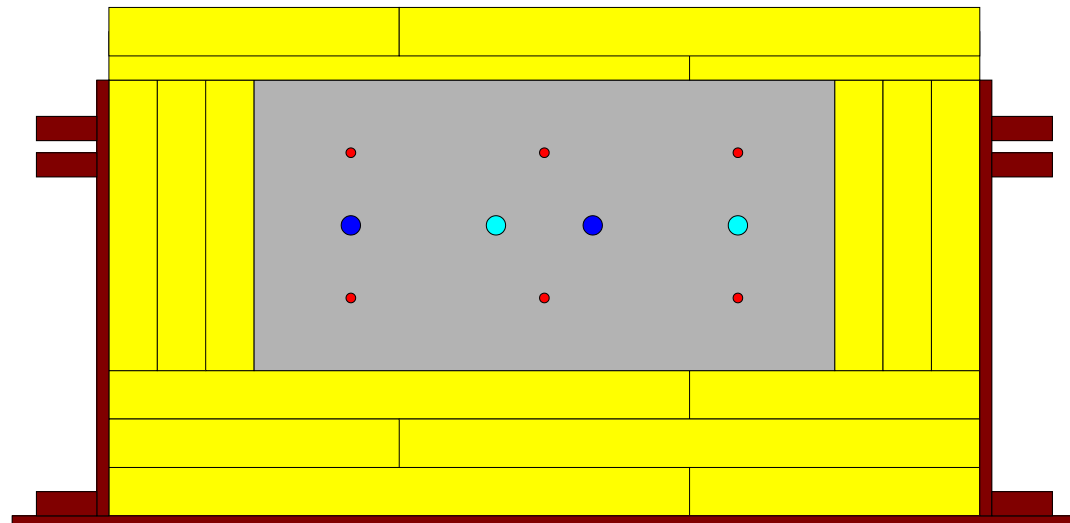
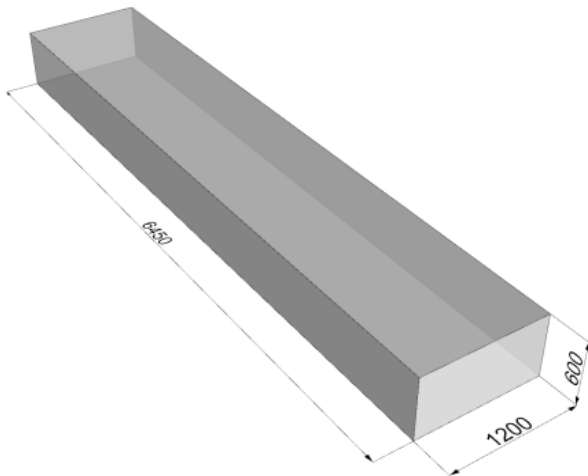
- Type af kølerør (stål, plast)
- Strømningshastighed / temperatur af kølevand
- Varmekabler
- Isoleringsmaterialer og varmemåtter



Mock-up'en

Design

- L x B x H : 6.45 x 1.2 x 0.6 m
- Varmekabler (røde symboler)
- Stålkølerør (mørkeblå symboler)
- Plastkølerør (lyseblå symboler)
- Isolering: 300 mm EPS + 150 mm EPS på overfladen.



Mock-up'en

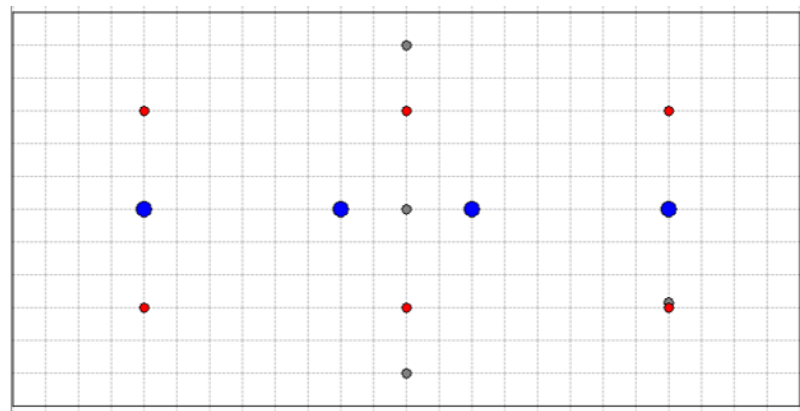
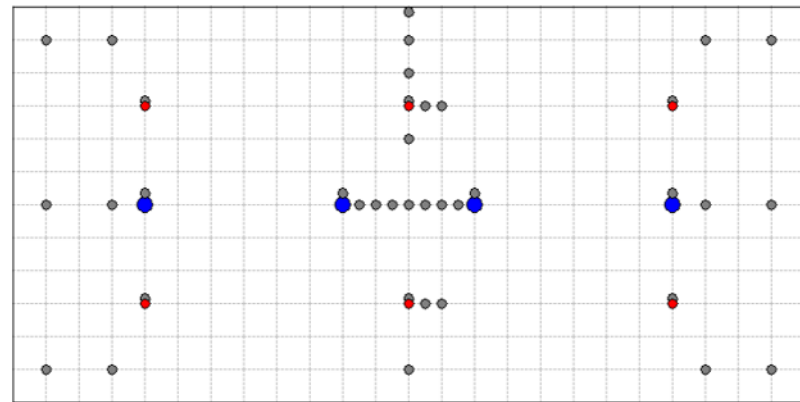
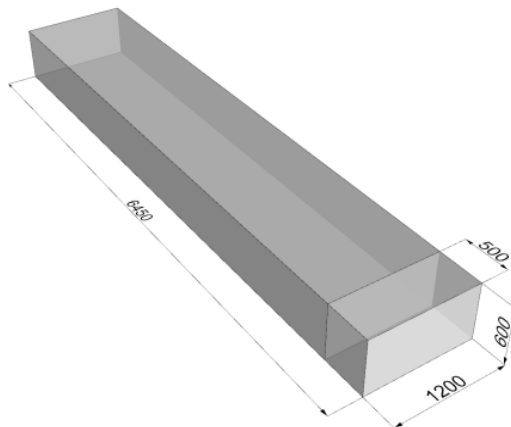
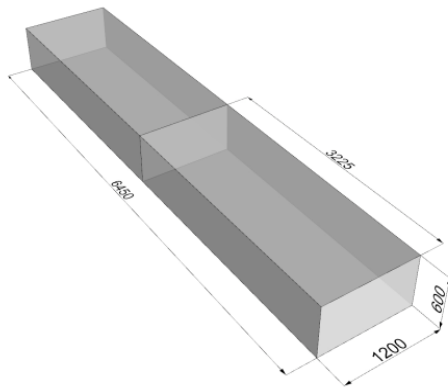
Design



TEKNOLOGISK
INSTITUT

44 termofølere:

- 38 i center
- 3 i en afstand af 500 mm fra hver ende



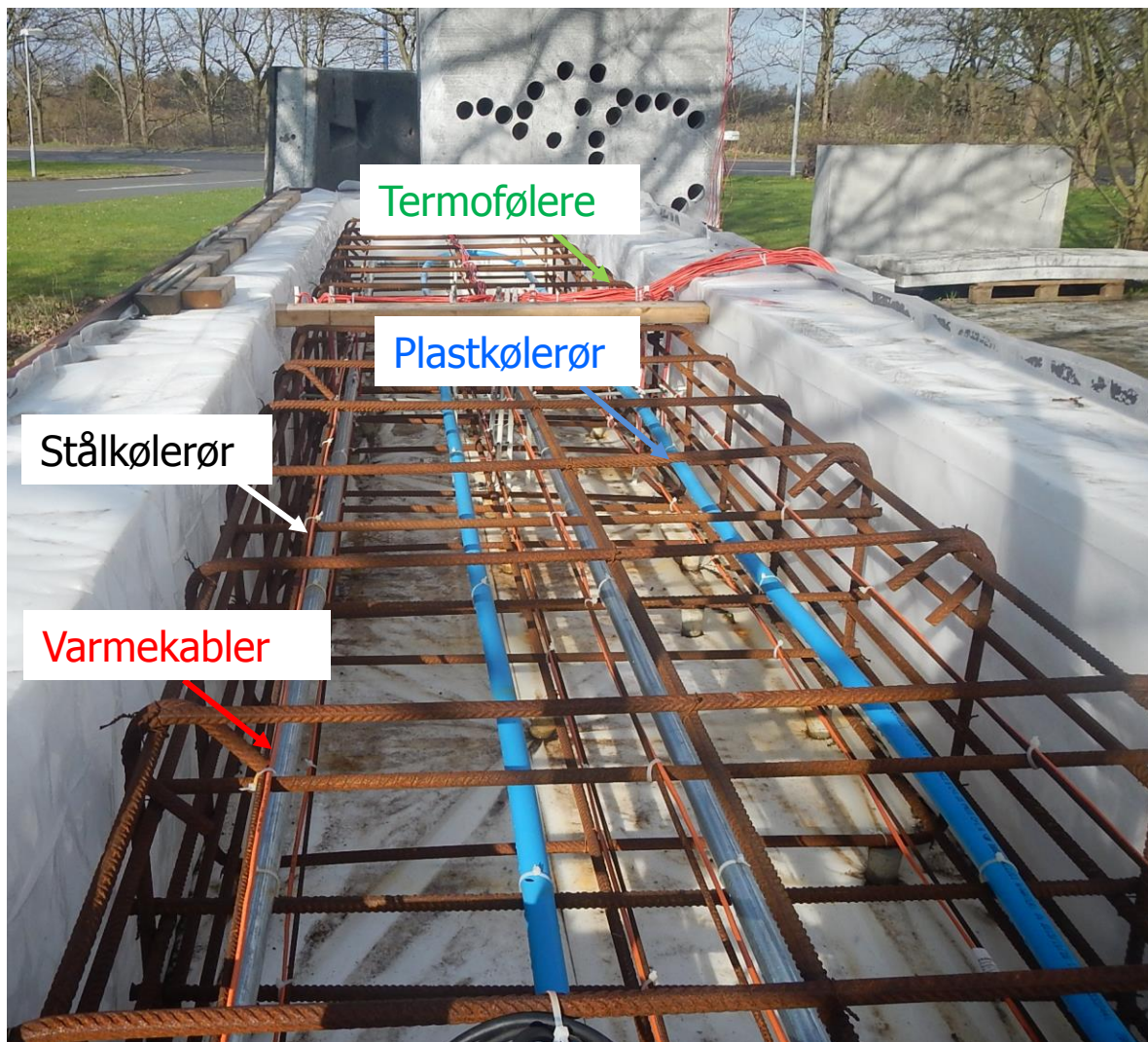
- Kølerør
- Varmekabler
- Termofølere

Mock-up'en

Opbygning



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Mock-up'en

Støbning

- Klasse E beton (Rapid+flyveaske)
- Varmeledningsevne og varmekapacitet er målt



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Mock-up'en

Temperaturstyring

Udstyr til måling og styring af
kølevandets strømningshastighed

Køleenhed
Stålkølerør
Plastkølerør

Termofølere til måling af:

- indløbs- og udløbstemperatur af
plastkølerør
- indløbs- og udløbstemperatur af
stålkølerør



TEKNOLOGISK
INSTITUT



Mock-up'en

Hvad kan vi så egentlig bruge den til?

- Kontrollere gyldigheden af usikre inputparametre til temperatur- og spændingsberegninger:
 - Mere præcis modellering af varmekabler og kølerør.
 - Kendskab til sammenhæng mellem vandflow i et kølerør og effekt af køling.
 - Bestemme isoleringsevnen af forskellige isoleringsmaterialer.
- Eftervise strategier for køling i forbindelse med støbning af store betonkonstruktioner.

Effekt af varmekabler

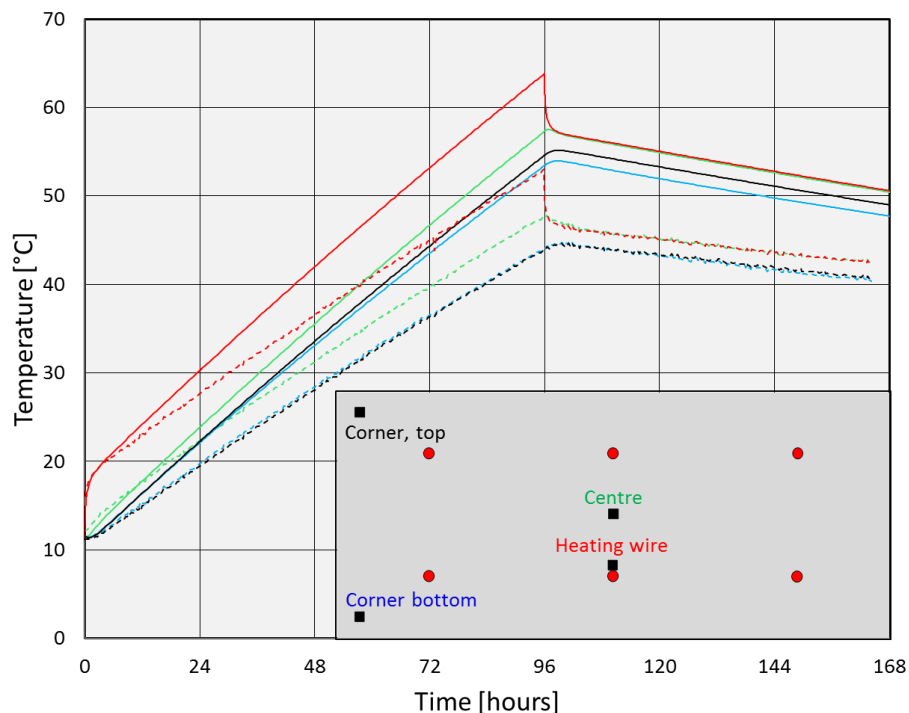


TEKNOLOGISK
INSTITUT

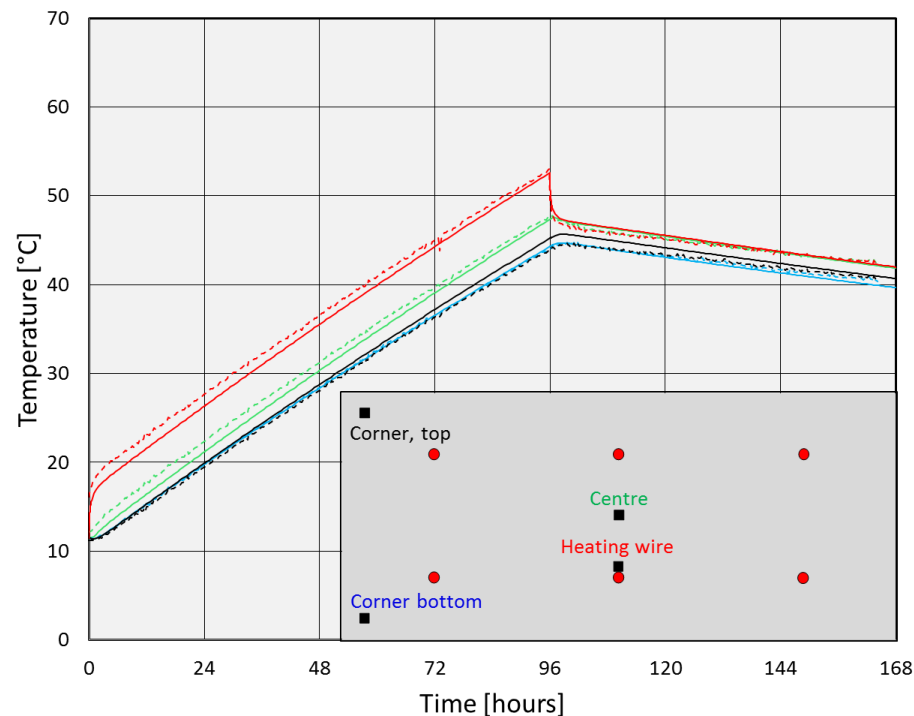
Beregning med 4C Temp&Stress:

- Leverandørproplysninger: Ved 220 V er effekten 735 W
- Direkte måling: 200 V, når to varmekabler er koblet til 220 V (effekt falder med 20% til 590 W)

Første beregning: 735 W (220 V)



Ny beregning: 590W (200 V)



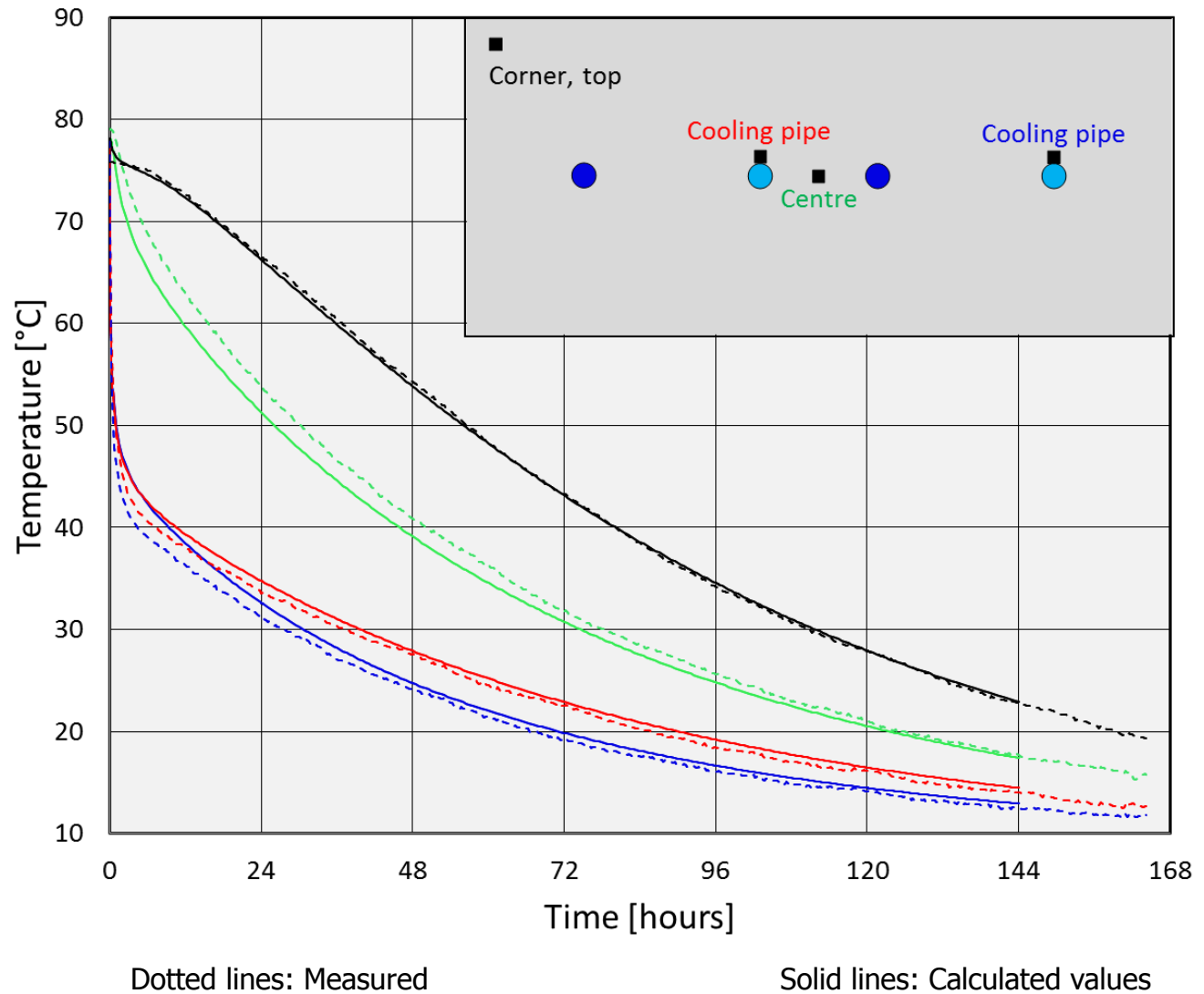
Indvirkning af kølerør

Polyethylene kølerør



TEKNOLOGISK
INSTITUT

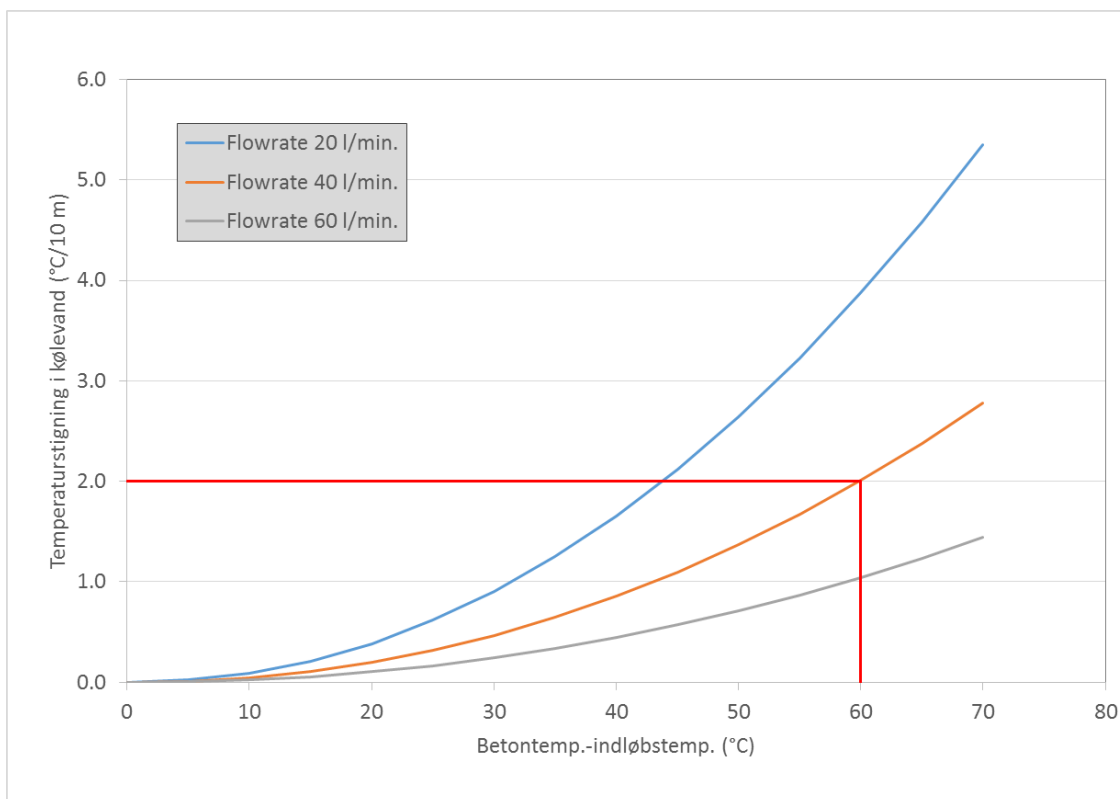
- Vi har reduceret transmissions-tallet.
- Herefter passer beregninger over hele tværsnittet.



Sammenhæng mellem betontemperatur, flowrate samt ind- og udløbstemperatur for en given kølerørstype og længde

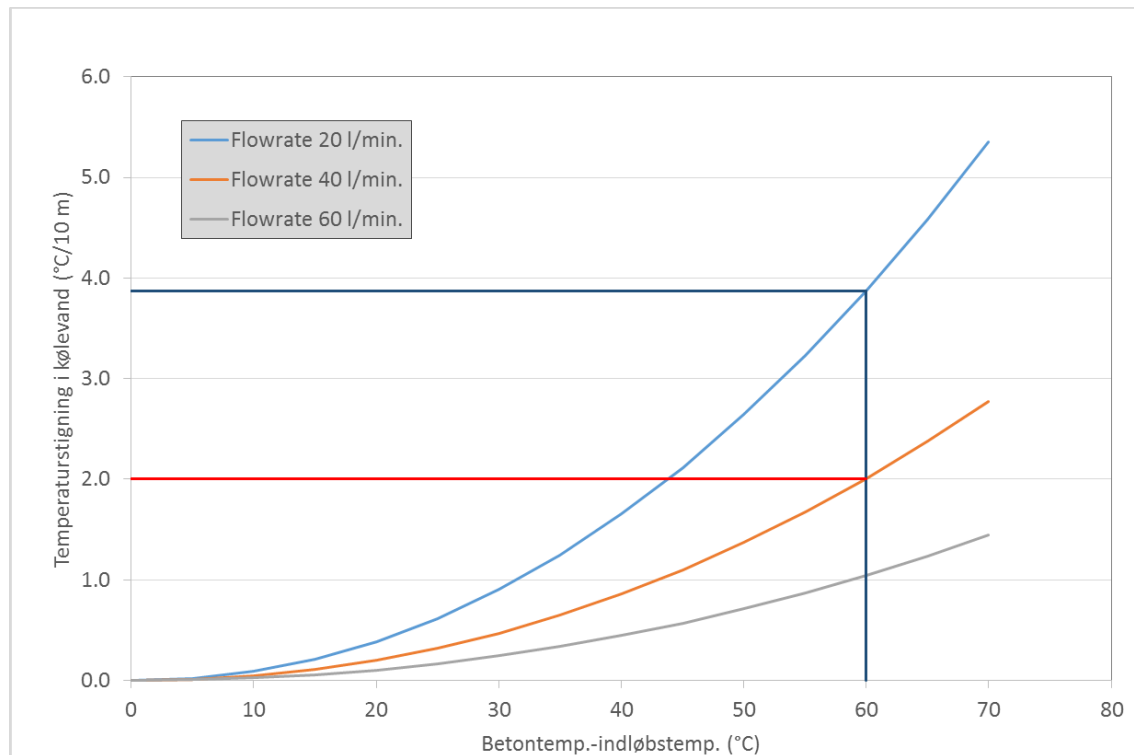
En entreprenør beregner sin konstruktion under antagelse af at:

- Kølevandets temperatur stiger 2°C pr. 10 meter (fra 10 til 12°C).
- Beregning viser, at den maksimale betontemperatur ved kølerørene er 70°C .
- Dvs. køleanlægget skal dimensioneres til en flowrate på 40 liter/minut.



Sammenhæng mellem betontemperatur, flowrate samt ind- og udløbtemperatur for en given kølerørstype og længde

- Køleanlæg: flow på 20 l/min.
- Kølerørets længde: 10 m.
- Antager, at kølevandets middeltemperatur er 11°C (10°C ind og 12°C ud).
- Beregningen: maks. betontemperatur ved kølerøret bliver 70°C.
- Temperaturstigningen er større end forudsat:
 - Gentage beregningerne med en ny middeltemperatur for kølevandet.
- Hvis det ikke giver tilfredsstillende resultat:
 - Reducere indløbstemperaturen.
 - Øge antallet af kølerør.
 - Øge flowet.





New version - 4C-Temp&Stress for concrete - Demo



A new version of 4C-Temp&Stress, ver. 3.00 was released in April 2015. The new version of 4C-Temp&Stres is compatible with projects made in the old version.

A free demo version of 4C-Temp&Stress is available in both a 32 bit and a 64 bit version. The demo can be downloaded using one of the two links below:

32 bit  [4C-Temp&Stress. 32 bit \(16 MB\)](#)

64 bit  [4C-Temp&Stress. 64 bit \(16 MB\)](#)

The user manual for the old version can also be downloaded. There will be a short supplementary manual available within a few month. Note that in the new version the right mouse button gives shortcuts to most menu choices.

 [4C-Temp&Stress Manual \(1.4 MB\)](#)

To activate the demo version, you need a password that can be obtained by contacting Anita Rasmussen on: anc@teknologisk.dk.

Read more

[IT-tools for concrete](#)
[Green concrete activities](#)

Select Page

[01. Description](#)

[02. Details](#)

[03. Demo](#)

Other documents

[4C-Packing - The software](#)
[Temperature - Danish National Metrology Laboratory](#)
[Contact Thermometry - Training Course](#)
[Testing of concrete - Method list](#)
[Concrete curing - hardening technology](#)



Your Contact

Jens Ole Frederiksen
Chief Consultant
Concrete

 +45 72 20 22 18

 jlf@teknologisk.dk

Contact me

Enter your inquiry here...

Your name

Your email address

Or your phone number

Send

