

Kompakt sæsonvarmelagring til solvarmeanlæg, som helt dækker husets årlige varmebehov

IEA Task 42 Compact Thermal Energy Storage: Material Development and System Integration

Simon Furbo

DTU Byg

Danmarks Tekniske Universitet

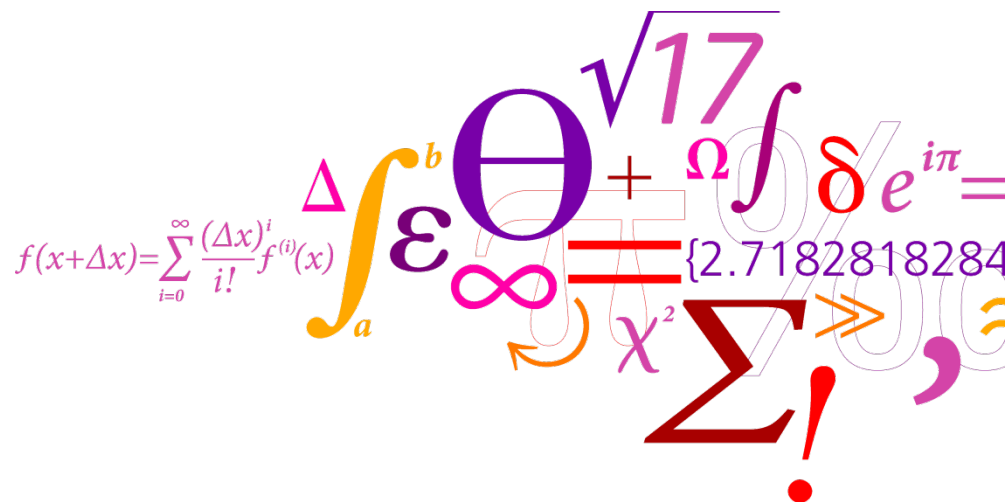
Brovej - bygning 119

2800 Kgs. Lyngby

Email: sf@byg.dtu.dk

DTU Civil Engineering

Department of Civil Engineering

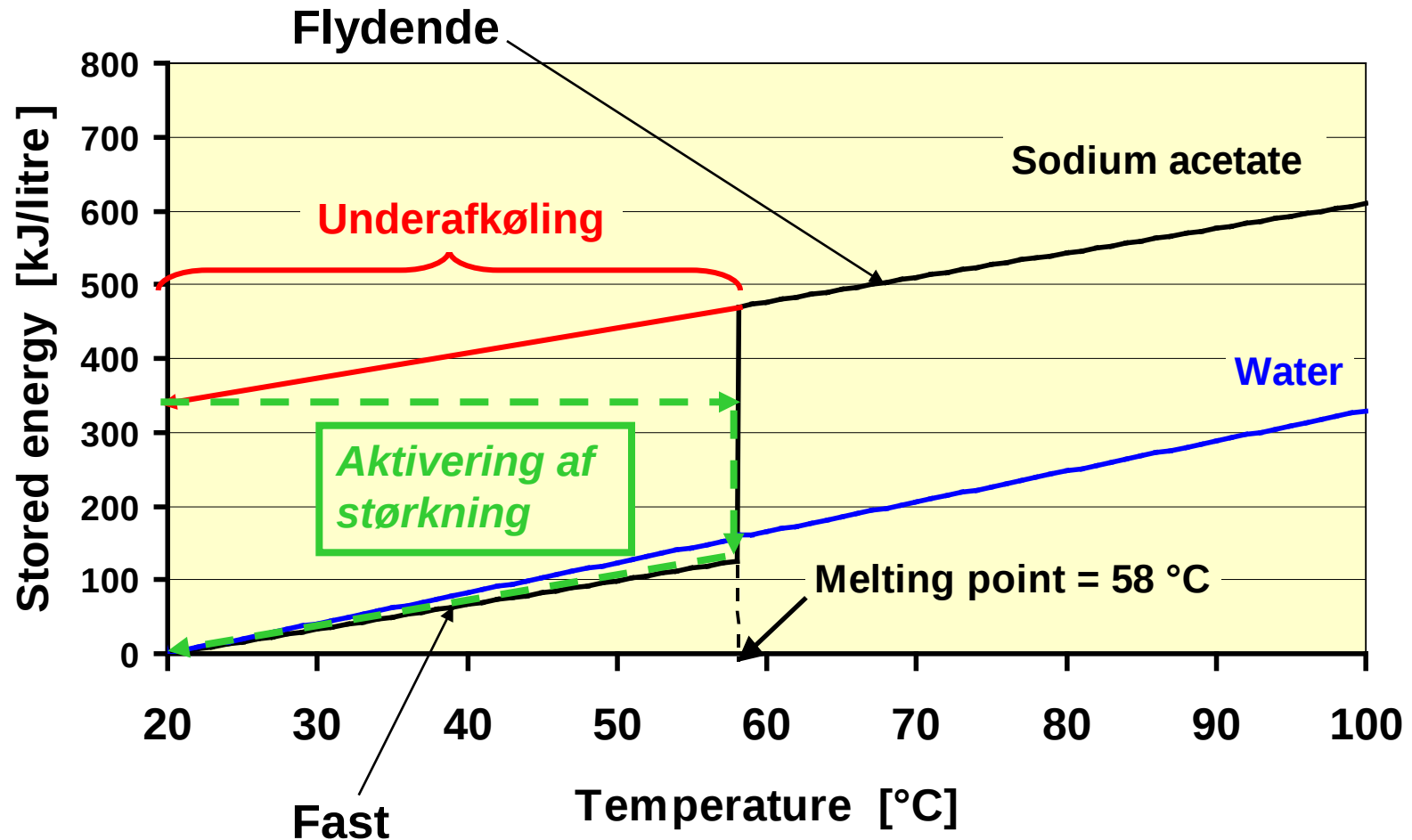


Målsætning

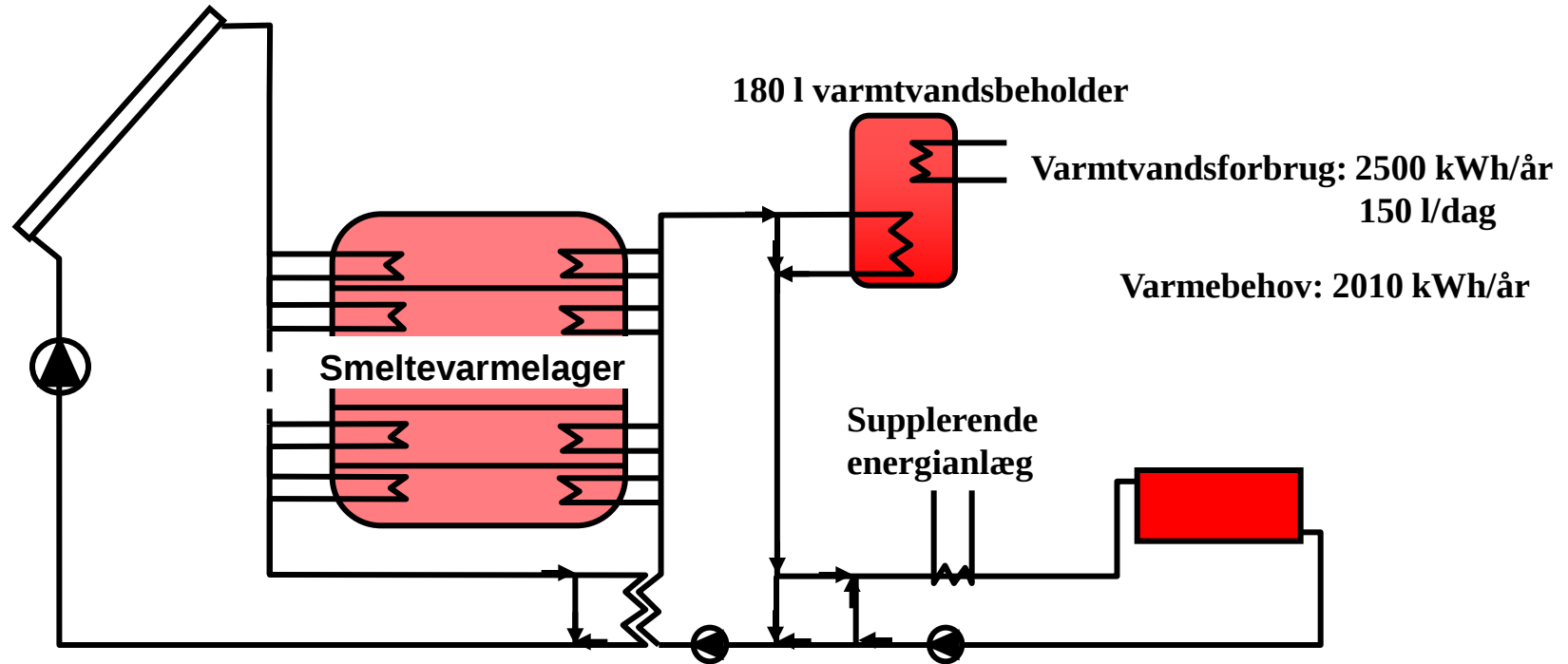
- At udvikle et kompakt sæsonvarmelager baseret på et stabilt underafkølende salthydrat
- Varmelageret kan bruges som en del af solvarmeanlæg, som helt kan dække det årlige varmebehov for nye bygninger i Danmark

Smeltevarmelagring med underafkøling

Varmeindhold af natriumacetat



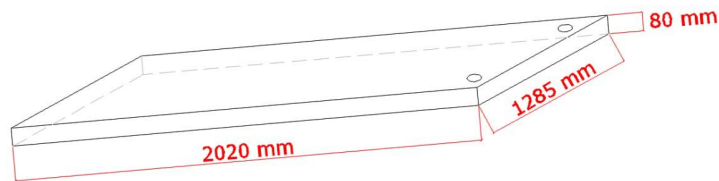
Anlægsudformning



Et 36 m² solvarmeanlæg med et 6000 l smeltevarmelager delt i 24 moduler kan helt dække det årlige varmebehov for et dansk lavenergihus

Følgende spørgsmål besvaret:

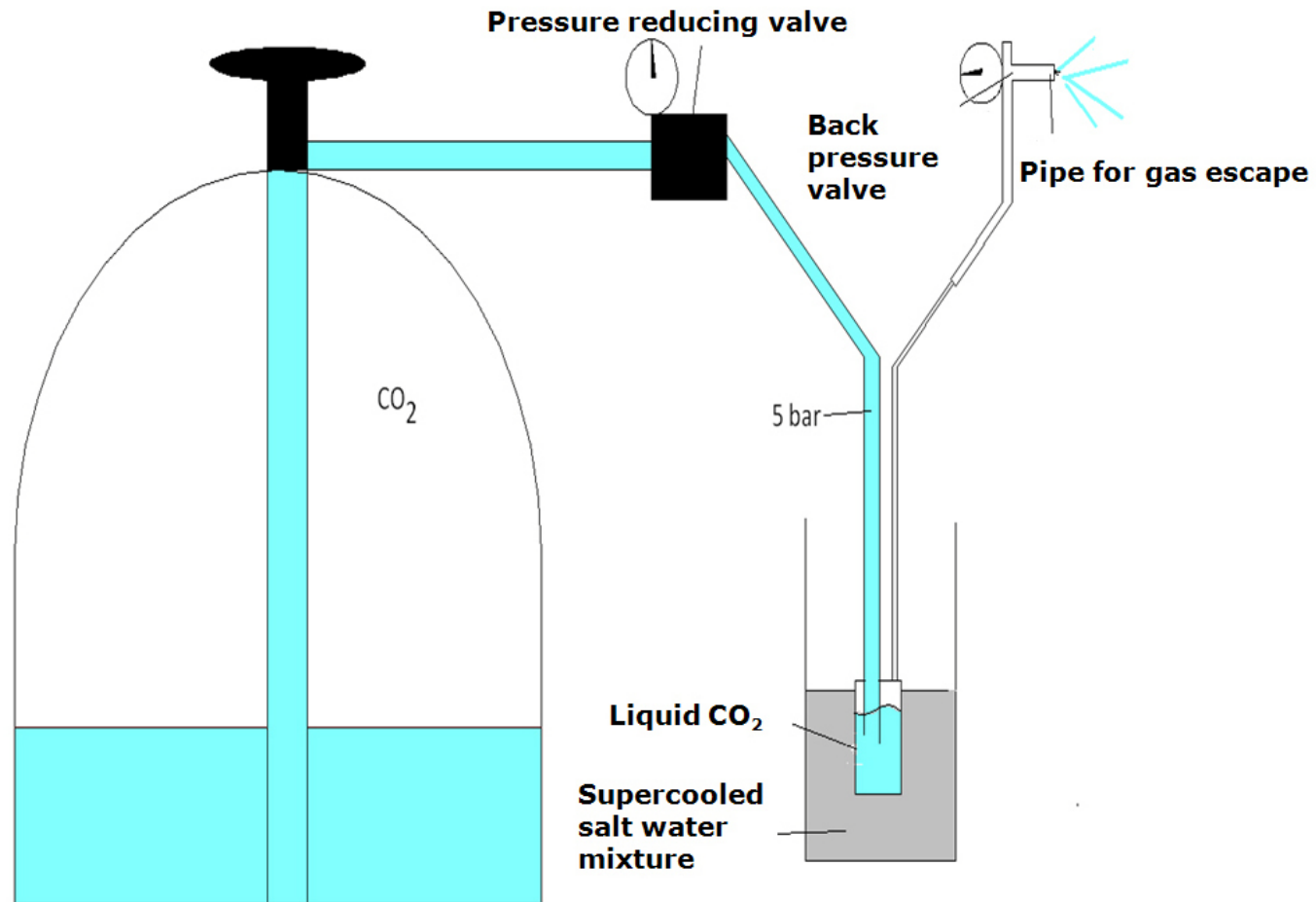
- Bedste smeltevarmelagringsmateriale? **58 % NaCH_3COO + 42 % vand** (vægt%) har smeltepunktet 58°C og underafkøler stabilt
- Hvilket temperaturniveau under opvarmning er nødvendigt for at opnå stabil underafkøling? **64°C**
- Hvor stort bør hvert varmelagermodul være? **250-500 l**
- Hvordan påfyldes saltvandsblandingen bedst i varmelagermodulerne?



- Hvordan opnås pålidelig aktivering af størkning? **Lille del af underafkølet saltvandsblanding køles til -16°C**

Et varmelagermodul er opbygget og afprøvet

Flydende CO₂ fra trykflaske

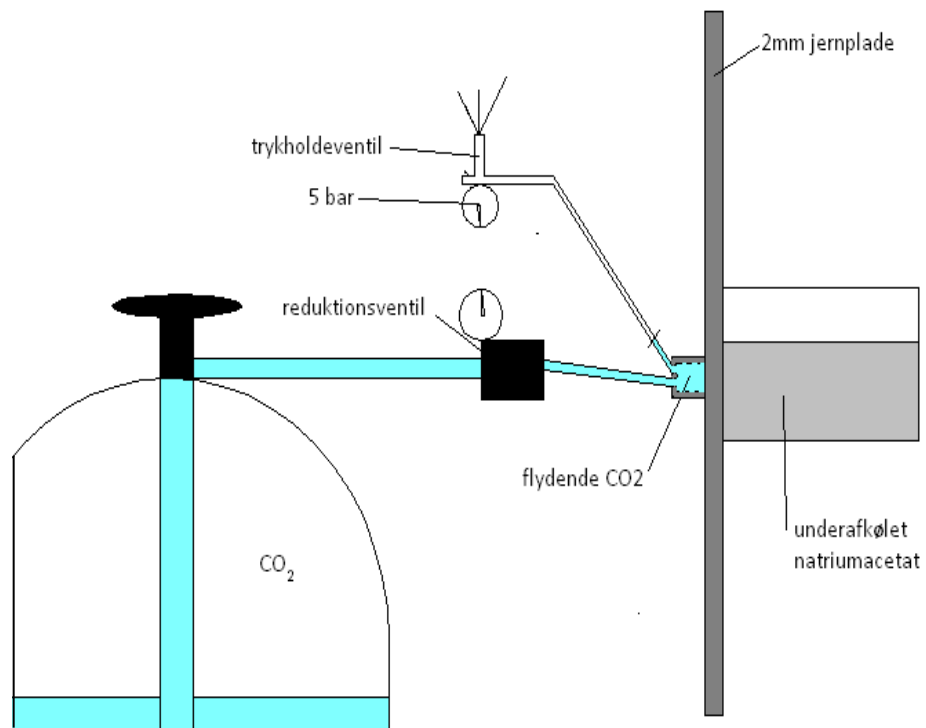
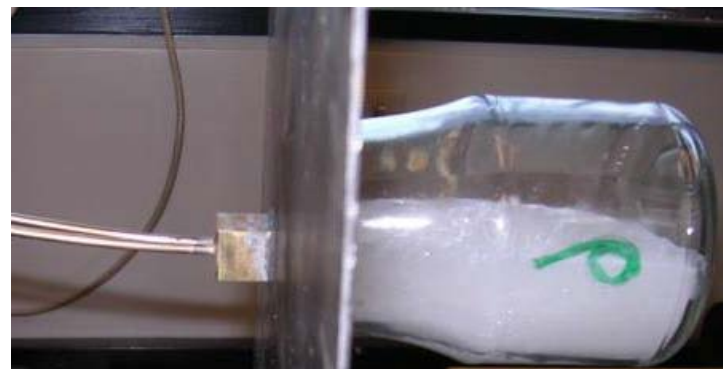


Størkning starter efter 1-2 sekunder!





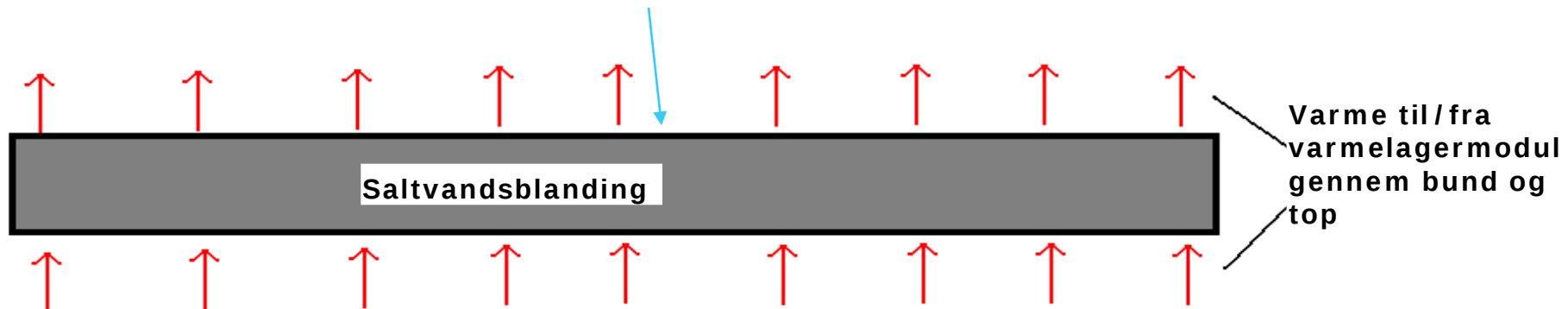
**Størkning
starter efter
mindre end 30
sekunder**



Start af størkning ved køling af ydersiden af varmelagermodul

Fordele:

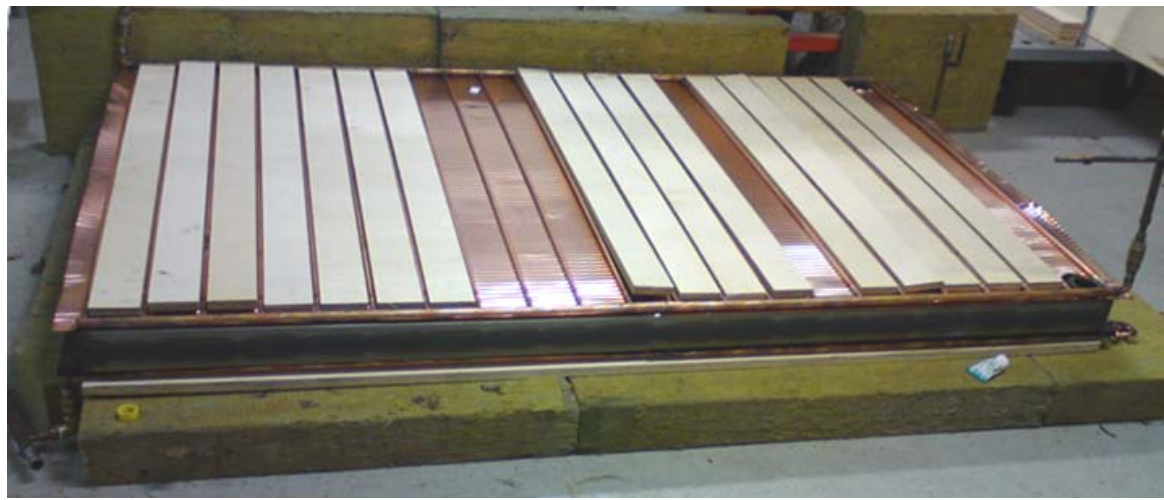
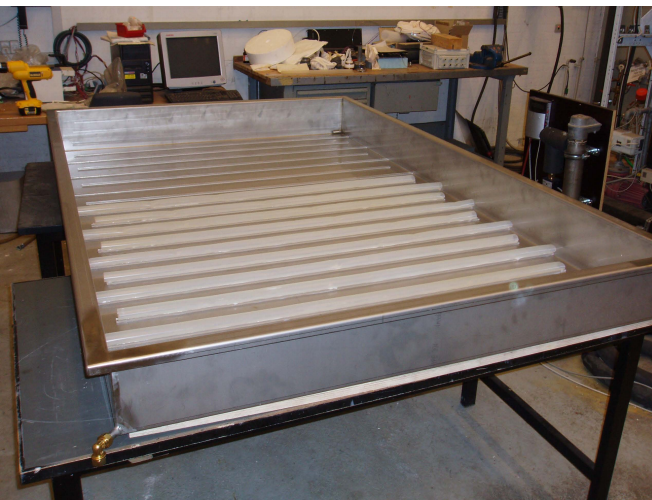
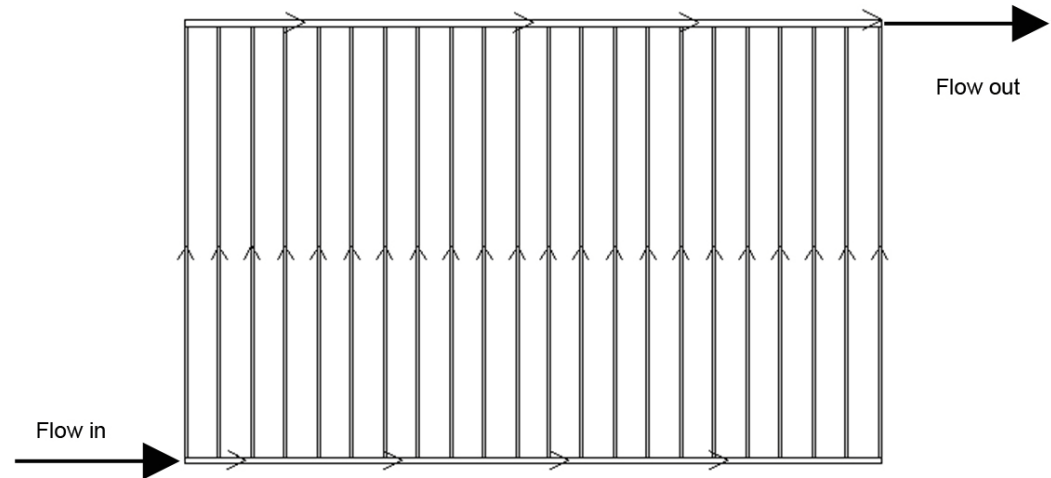
- Intet udstyr inde i varmelagermodulet
- Kun saltvandsblanding i varmelagermodulet
- Let at smelte alle salthydratkristaller under opvarmning
- Let at opnå stabil underafkøling
- Simple og billig udformning af varmelagermodul



Afprøvet varmelagermodul

305 kg saltvandsblanding

Modulvolumen: Ca. 234 l



Afprøvninger

- Opvarmning gennem varmelagermodulets bund
- Opvarmning gennem varmelagermodulets bund og top
- Perioder uden opvarmning og afkøling
- Afkøling gennem varmelagermodulets top
- Afkøling gennem varmelagermodulets top og bund
- Aktivering af størkning ved at koge CO₂ på ydersiden af varmelagermodulet

Erfaringer

- ☺ Stabil underafkøling hvis alle salthydratkrystaller smeltes under opvarmning
- ☺ Aktivering af størkning pålidelig
- ☺ Hidtil ingen problemer med pålidelighed / holdbarhed
- ☺ Varmeindhold af varmelagermodul ca. 40 kWh i temperaturintervallet 25° C-82° C
- ⊗ **Varmeoverføringsevne alt for lav!**
Op til 20 gange for lav



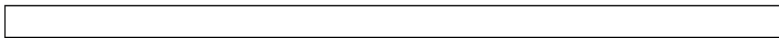
Op til 5 gange for lav



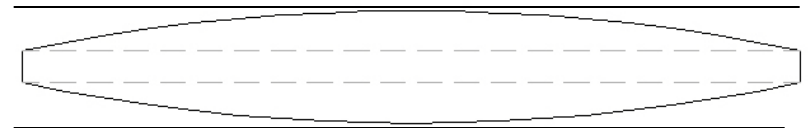
Hovedårsag til lav varmeoverføringsevne:

- ☹ Ringe termisk kontakt mellem ydersider af varmelagermodul og absorber

Lave temperaturer



Høje temperaturer



Yderligere årsag til lav varmeoverføringsevne:

- ☹ Varmeoverførende areal for lille

Planlagte aktiviteter

- Opbygge og afprøve forbedret varmelagermodul med hensyn til virkemåde og holdbarhed
- Klarlægge det bedst egnede styresystem for et sæsonvarmelager
- Opbygge og afprøve et 1000 l forsøgsvarmelager. Afprøvningen foretages som om varmelageret er en del af et solvarmeanlæg
- En TRNSYS simuleringsmodel af varmelageret opbygges og valideres ved hjælp af målingerne
- Beregninger gennemføres med simuleringsmodellen for at bestemme optimal udformning af solvarmeanlæg og sæsonvarmelager

Håb

- ☺ Sæsonvarmelagring mulig
- ☺ Undersøgelserne resultater i anbefalinger vedrørende udformning af solvarmeanlæg og sæsonvarmelager
- ☺ Sæsonvarmelagring økonomisk attraktiv