

# FUF rapport 10 - Fordampningsvarme

Jogvan og Stine

26. november 2001

# Vands fordampningsvarme

## Formål

Formålet med dette forsøg er at finde fordampningsvarmen for vand, altså hvor meget energi der skal bruges til at fordampe en given mængde vand.

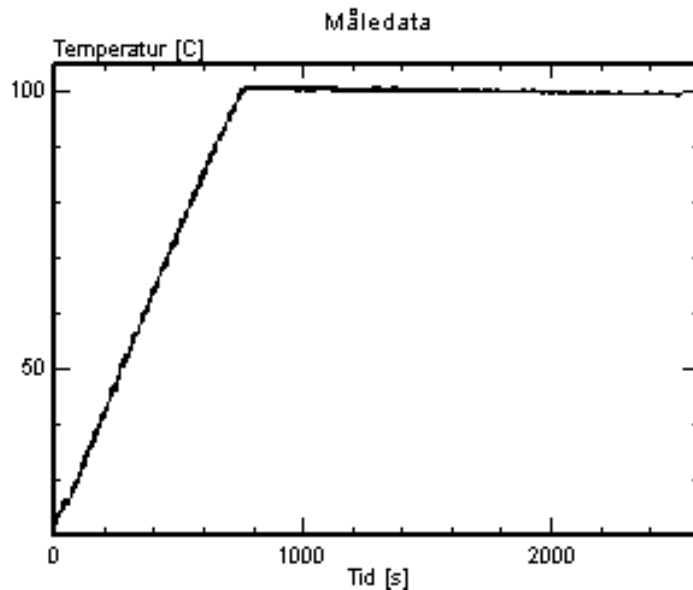
## Metode

Metoden går ud på, at vi sætter en gryde med en afmålt mængde vand til at koge, mens vi måler temperaturen som funktion af tiden. Desuden måler vi den effekt som kogepladen bruger. Efter at kogepunktet er nået, får vandet lov til at koge et stykke tid, hvorefter vi måler den tilbageværende mængde vand, for således at finde den mængde vand der er fordampet. Herefter skulle det være muligt at finde frem til hvor meget energi der er gået til selve fordampningen.

## Måleresultater

Måleresultaterne er indsamlet ved hjælp af computer - temperaturen er målt for hvert sekund. Dataerne er direkte plottet ind i figur (1). De øvrige indgående interessante størrelser fremgår af nedenstående skema

Indgåede størrelser		
Vandmængde før kogning	1,000	<i>kg</i>
Vandmængde efter kogning	0,590	<i>kg</i>
Fordampet vandmængde	0,410	<i>kg</i>
Kogerens effekt under kogning	580	<i>W</i>
Tidslængde kogningen foregår	1780	<i>s</i>
Vands specifikke varmekapacitet	4185	<i>J/kgK</i>



**Figur 1** Grafisk afbildning af måldata.

## Teori

Ifølge energibevarelsen ved vi, at den tilførte energi er den samme som den energi der absorberes af vandet plus den energi der afgives til omgivelserne.

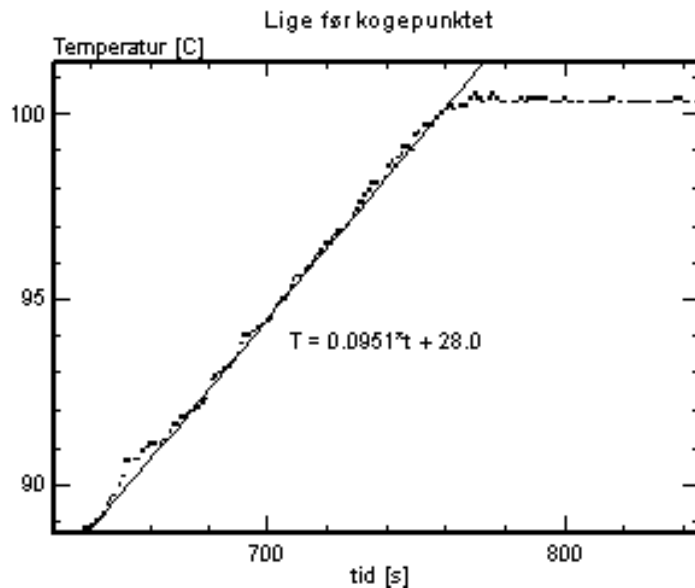
$$E_{\text{tilført}} = E_{\text{absorberet}} + E_{\text{til omgivelserne}} \quad (1)$$

Vi kender effekten af kogepladen som er  $580W$ , men vi kan se på figur (1), at kurven flader en smule ud lige før vi når kogepunktet (det er svært at se på figuren), hvorefter den knækker helt og bliver vandret. Grunden til at kurven flader lidt ud er, at vandet bruger længere tid (og dermed mere energi) på at blive varmet op. Der må altså gå mere og mere varme tabt til omgivelserne jo varmere systemet bliver, hvilket også lyder rimeligt. Herefter går hele energien til selve faseovergangen i vandet fra flydende- til dampform, istedet for at varme vandet yderligere op.

Vores opgave er i første omgang at finde ud af hvor meget energi der rent faktisk absorberes af vandet. Ser vi på et givet punkt på grafen i figur (1), kan vi se, at hældningen siger noget om hvor meget temperaturen stiger for hvert sekund, og dermed hvor meget den indre energi stiger pr sekund, idet

$$\Delta Q = c \cdot m \cdot \Delta T \quad (2)$$

hvor  $c$  er den specifikke varmekapacitet og  $m$  er massen. Hvis vi finder hældningen lige før grafen knækker - altså kogepunktet, finder vi ud af hvor meget



**Figur 2** Her vises figur (1) lige før temperaturen når kogepunktet

energi der absorberes af systemet mens vandet koger (fordamper). På figur (2) er der zoomet ind på området lige før kogepunktet i figur (1) og den bedste rette linie er fundet. Her ser vi, at temperaturen stiger  $0,0951K/s$  (Kelvin pr. sekund). Det betyder, at systemet modtager

$$\Delta Q = cm\Delta T = 4185J/kgK \cdot 1,000kg \cdot 0.095K/s = 398J/s \quad (3)$$

Som en lille sidebetragtning kan vi konstatere, at energiudnyttelsen er omkring 70%, idet at vandet absorberer  $400W$  mens kogepladen bruger godt omkring  $580W$  - Ikke så dårligt.

Når vi nu kender den reelle tilførte energi, er vi i stand til at udregne den latente varme  $L$  (den mængde energi der skal tilføres vandet pr masseenhed for at få vandet fra flydende form til damp form ved konstant temperatur). Da trykket er konstant går vi ud fra at det flydende kogende vand har samme temperatur som det fordampede vand, nemlig  $1000^{\circ}C$ . Vi regner lidt

$$L = \frac{\Delta Q}{\Delta M} = \frac{P}{\Delta t} = \frac{398J/s \cdot 1780s}{0,410kg} = 1727902J/kg \quad (4)$$

Sammenligner vi med tabelværdien, der giver  $2.257.000J/kg$ , har vi ramt en nøjagtigt på 77% idet.

$$\frac{1,728MJ}{2,257MJ} \cdot 100\% \approx 77\% \quad (5)$$

## Konklusion

Vi har målt vands fordampningsvarme til  $1,73MJ$  hvilket er 77% fra tabelværdien der er  $2,26MJ$ . Det er bemærkelsesværdigt, at fordampningsvarmen er omkring 7 gange større end smeltevarmen og hele 540 gange større end varmekapaciteten.

Moralen kunne være, at når man har taget et brusebad, så er grunden til at man 'sweaper' gulvet for vand ikke kun at undgå kalkaflejringer, men også at det er belastende for varmeregningen hvis vandet skal fordampes væk.

## Usikkerhed og fejlkilder

Vi har tilladt os ud fra hældningen lige før kogepunktet på grafen, at estimere den mængde energi vandet bliver tilført. Det mener vi godt at vi kan, fordi opvarmningen går forholdsvis langsomt (kogepladen har en effekt på kun  $580W$ ), således at den varme der forsvinder fra systemet pr tidsenhed nok ikke ændres nævneværdigt som tiden går. Dette er en subjektiv vurdering, så vi kan ikke komme med et bud på hvor stor denne fejlkilde er.

Desuden har vi antaget at hele fordampningen er foregået under selve kogningen. Der er selvfølgelig fordampet noget inden kogepunktet er nået, men ikke meget relativt set. Faktisk kunne vi observere da vi vejede gryden efter kogning, at der fordampede omkring 10 gram vand i løbet af et halvt minut, og da var vandet vel at mærke taget af kogepladen for lidt siden. Så jo længere kogningen foregår jo mindre bliver andelen af fordampet vand udenfor kogetiden.

Desuden er en del vand nok blevet 'revet op' med dampen uden selv at være kommet i gasfasen. Disse er nok de væsentligste årsager til afvigelsen fra tabelværdien

## Afsluttende bemærkninger

Vi behøvede ikke at kende kogepladens effekt, men det er nu altid sjovt at se om man får noget der ligner et realistisk bud. Havde vi fået noget med at vi tilførte mere energi til vandet end kogepladen brugte, ville der være noget galt. Derfor er det som en trygheds-parameter for os selv at vi synes det er smart at tage med.

Mange tror, at når man kan slukke en brand med vand, er det fordi vand ikke brænder og når de ting der skal brænde bliver våde kan de ikke brænde. Og det er meget forkert. Det man gør er at bryde den onde cirkel. Varmen

fra ilden får gasser til fordampe ud af f.eks. træet, som igen brænder (bindes kemisk til ilt) og udvikler varme som igen går til at fordampe gasser. Vand som slukningsmiddel er glimrende til at fratage varme fra systemet (branden), netop fordi at der kræves meget energi for at få det til at fordampe (selvfølgelig er det altafgørende at vandet ikke selv kan brænde). Derfor skal man bruge vand med så stor overflade som muligt, for at slukningen skal ske så effektivt som muligt. Det er derfor man skal bruge en vandforstøver til at slukke juletræet eller adventskransen med, snarere end en haveslange eller endnu værre en hel balje der hældes over.

# Elevvejledning

## Vands fordampningsvarme

I skal forsøge at bestemme vands fordampningsvarme, dvs den mængde energi der skal bruges til at fordampe 1 kg  $100^{\circ}\text{C}$  varmt vand til  $100^{\circ}\text{C}$  varm damp. Øvelsen går i alt sin enkelhed ud på at sætte en kendt mængde vand i kog. Forbind kogeplade, effektmåler og strømforsyning som vist på opstillingskit-sen. Fyld vand i en gryde og tænd for blusset. Stik et termometer ned i vandet og forbind dette til computeren. Sæt F-Pro til at tage målinger af temperaturen som funktion af tiden. Kør forsøget ca. 30 min *efter* at kogepunktet er nået. Vej den resterende vandmængde umiddelbart efter at computermålin-gerne er stoppet.

Plot  $(t,T)$ -graf i F-Pro og forklar dens forløb. Brug effekten og kogeti-den (tiden fra vandet kogte til forsøget blev stoppet) til at finde den tilførte mængde varme. Sammenholdes den med den fordampede mængde vand kan fordampningsvarmen findes. Sammenlign med tabelværdien. Forklar hvorfor det er smart at lade forsøget et godt stykke tid.

Skriv en rapport over forsøget.