

## Temperatur i luftstråle ?

**FRÅGA:** I en av våra provriggar släpper vi ut hetluft till omgivningen genom ett långt välisolerat rör med innerdiametern 100 mm. Vi mäter lufttemperaturen i centrum av röret med ett  $\varnothing$  2 mm manteltermoelement. Vid ett tillfälle mätte jag temperaturen i centrum av luftstrålen och ungefär 20 cm från rörets mynning med samma typ av termoelement. Temperaturen inuti röret var 220 °C och i strålen ungefär 10 °C lägre. Vad kan orsaka avvikelser? Flödesmätaren visade vid mät-tillfället 360 m<sup>3</sup>/h.

Jesper A

**SVAR:** Termoelementet inuti röret påverkas mycket lite av strålningsutbytet med rörväggen. Det välisolerade röret gör nämligen att väggen antar en temperatur som ligger nära lufttemperaturen.

Mätningen i strålen utanför rörets mynning påverkas däremot av strålningsutbytet mellan termoelementet och en betydligt kallare omgivning. Värmeflödet genom strålning från termoelementet till omgivningen,  $\dot{Q}_{\text{strålning}}$ , sänker sensortemperaturen under strålens temperatur. Ett värme flöde,  $\dot{Q}_{\text{konv}}$ , tillförs då termoelementet från luftstrålen genom konvektion. Vid stationära förhållanden gäller  $\dot{Q}_{\text{konv}} = \dot{Q}_{\text{strålning}}$  och ur detta samband kan man nu uppskatta den temperatur som termoelementet mäter.

Det konvektiva värme flödet till termoelementet bestäms ur sambandet  $\dot{Q}_{\text{konv}} = \alpha A (T_{\text{luft}} - T)$ , där  $\alpha$  är värmeövergångskoefficienten i W/(m<sup>2</sup>K), A värmeöverförande area i m<sup>2</sup>,  $T_{\text{luft}}$  luftstrålens temperatur i K och T termoelementets temperatur i K. Värme flödet genom strålning kan beräknas ur sambandet  $\dot{Q}_{\text{strålning}} = \epsilon A \sigma (T^4 - T_{\text{omgivn}}^4)$ , där  $\epsilon$  är termoelementets emissionskoefficient,  $\sigma$  Stefan-Boltzmanns konstant ( $5.67 \cdot 10^{-8}$  W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>)) och  $T_{\text{omgivn}}$  omgivningstemperaturen i

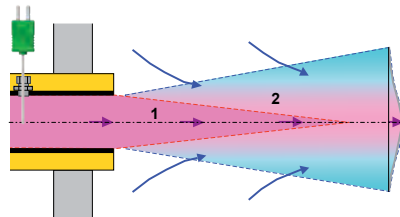
De frågor som vi tar upp här skall ha allmänt mättekniskt och/eller värmetekniskt intresse.

**FRÅGA ?  
SVAR !**

K. Beräkningen kräver bestämning av  $\alpha$  och antaganden om  $\epsilon$  och  $T_{\text{luft}}$ .

Luftflödet 360 m<sup>3</sup>/h ger en medelhastighet i röret på 12.7 m/s. Strömningen i röret är turbulent, och hastigheten i centrum kan därför uppskattas till  $12.7/0.82 = 15.5$  m/s. Om termoelementet betraktas som en lång omströmmad cylinder kan värmeövergångskoefficienten beräknas till 280 W/(m<sup>2</sup> K), [Ref 1]. Omgivningens temperatur antas vara 10 °C (283 K) och för termoelementets emissionskoefficient antas  $\epsilon = 0.95$  såsom ett rimligt värde. Med dessa antaganden blir termoelementtemperaturen 484 K (211 °C), dvs ungefär 10 °C lägre än temperaturen i röret.

Strålningen till omgivningen är i detta fall den främsta orsaken till att mätningen ger ett för lågt värde. Beräkningen bygger på ett antal förutsättningar, vilket gör att resultatet bör användas med försiktighet. Den aktuella mätningen har gjorts 20 cm (2 rördiametrar) nedströms rörtloppet i den så kallade kärnstrålen, där hastigheten är samma som i röret. Om mätningen görs nedströms kärnstrålen eller vid sidan om kärnstrålen blir lufthastigheten lägre, vilket gör att mätfelet ökar. Vi avser att i en kommande artikel ge ytterligare kommentarer om temperaturmätning i strålar.



1 kärnstråle och 2 blandningsområde där kärnstrålen blandas med omgivande luft.

Se [www.pentronic.se](http://www.pentronic.se) > Kundtidningen > Arkiv  
[Ref 1] StoPextra 1998-6 sida 4

Har du synpunkter eller frågor, kontakta professor Dan Loyd, LiTH, på E-post: [dan.loyd@liu.se](mailto:dan.loyd@liu.se)