

# Räkna på mättelet

## Konvektiv värmeöverföring (3)

Det är vanligt att mäta utanpå rör för att ta reda på innehållets temperatur. Självklart uppstår mätfel med metoden och plast-rör ger större mätfel än stål-rör. Ändras fluiden från vätska till gas kan mättelet öka dramatiskt. Viktigt är också att omgivningen inte "drar ut" för mycket värme ur röret. Lugn luftatmosfär är idealisk medan rör omgivna av strömmande vätska kan ge avsevärda mätfel. Professor Dan Loyd fortsätter att kommentera värmeöverföringen och diskutera mätfel.

Tidigare har vi visat att vattnet i ett rör överför värme bäst till en tunn givare som är instucken i röret. Om detta är omöjligt att göra kan man mäta vattentemperaturen genom att placera givaren utanpå röret. Eftersom mätningen då sker på fel ställe får man ett mätfel. Vi ska nu uppskatta mättelets storlek i ett exempel med rörbundet vattenflöde. Förutsättningarna framgår av figuren.

För att kunna bestämma mättelets storlek måste man känna till värmeflödet från vattnet till omgivande luft. Värmeflödet beror av värmeövergångskoefficienterna inuti och utanpå röret och härrör sig från påtvingad respektive naturlig konvektion. Värmeflödet

påverkas också av rørets tjocklek och materialet i röret.

### Värmeflöden

Det 60-gradiga vattnet värmer upp rörväggen på insidan, värme leds genom rörväggen och röret värmer i sin tur omgivande luft via utsidan. Värmeövergångskoefficienterna är  $\alpha_i$  resp  $\alpha_y$ . Stålrørets värmekonduktivitet  $\lambda_{\text{stål}}$  påverkar också överfört värme liksom de geometriska förhållandena enligt figuren. Fysikaliska data för luft, vatten och stål framgår av tabell.

Värmeflödet per meter rör,  $Q$  (W/m),

från vattnet till den omgivande luften kan beskrivas av sambandet:

$$\dot{Q} = \frac{2 \pi R_y (T_{\text{fluid}} - T_{\text{omg}})}{\frac{R_y}{R_i \alpha_i} + \frac{R_y \ln(R_y/R_i)}{\lambda_{\text{stål}}} + \frac{1}{\alpha_y}}$$

Beräkningar som diskuteras senare i artikelserien ger  $\alpha_i = 5100 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  resp  $\alpha_y = 6,4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dessa värden stämmer med tidigare iakttagelser att strömmande vatten för över värme bra medan stillastående luft nästan kan betraktas som en isolator. Med insatta värden fås  $Q = 56,2 \text{ W/m}$ .

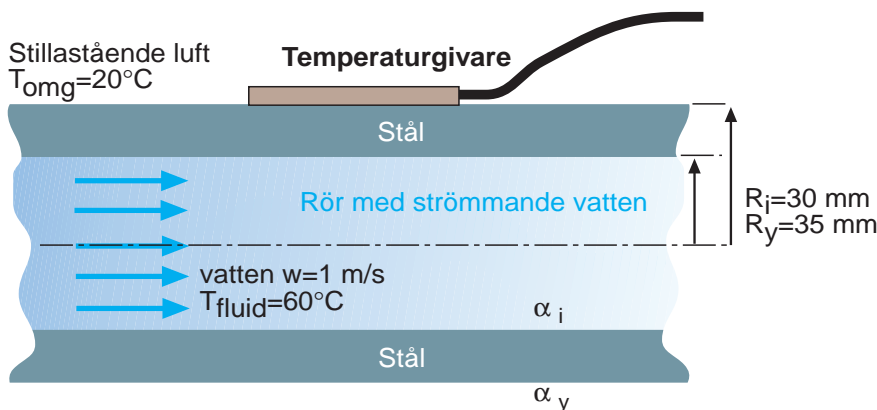
### Mättelet

Temperaturen på rørets utsida kan nu bestämmas ur sambandet:

$$\dot{Q} = 2 \pi R_y \alpha_y (T_{\text{rör,y}} - T_{\text{omg}})$$

### Tabellvärden

Benämning	Parameter		Material		
	Sort	Beteckning	Luft (20°C)	Vatten (60°C)	Stål
Värmekonduktivitet	W/m°C	$\lambda$	0,0254	0,659	48
Densitet	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$	1,19	983	7800
Dynamisk viskositet	kg/m s	$\mu$	18,1 10 <sup>-6</sup>	469 10 <sup>-6</sup>	-
Spec. värmekapacitet	Ws/kg °C	$c_p$	1005	4180	460



$T_{\text{rör,y}}$  blir 59,9°C, d v s mättelet blir 0,1°C. Om rörväggen är av plast blir mättelet 3,0°C. Om vi tar hänsyn till strålningen från rørets utsida till omgivningen ökar värmeflödet och därmed mättelet, som nu blir 0,2°C för stål-røret och 5,6°C för plast-røret. Inverkan av strålningen behandlas i en senare artikel.

Vid beräkning av värmeövergångskoefficienterna  $\alpha_i$  och  $\alpha_y$  måste man göra antaganden om väggtemperaturen. Med de beräknade temperaturerna kan man om det är nödvändigt bestämma nya  $\alpha_i$  och  $\alpha_y$  samt upprepa beräkningarna.

Givaren på röret påverkar värmeflödet men beräkningarna ovan ger ändå en god uppfattning om mättelets storlek.