

# Vad jag vill mäta och vad jag mäter

## SAMSPelet MELLAN TEMPERATURMÄTNING OCH VÄRMEÖVERFÖRING

När man mäter temperatur måste man alltid fundera på skillnaden mellan den temperatur som man vill mäta och den temperatur som sensorn mäter. En vanlig termometer (kontakttermometer) mäter alltid sin egen temperatur och absolut ingenting annat. Exempel på kontakttermometrar är termoelement, motståndstermometrar (exempelvis Pt 100) och termistorer.

**EN KONTAKTTERMOMETER** kan exempelvis vara den sensor som mäter utetemperaturen i en bil. Sensorns placering varierar mellan olika bilmodeller och i en del personbilar sitter sensorn på undersidan av bilens högra backspegel. En annan vanlig placering är vid främre stötfångaren. Oavsett placering blir det ungefär samma diskussion om vilka faktorer som påverkar den temperatur som sensorn mäter.

Bilföraren vill kanske veta vägbanans temperatur för att avgöra om det är risk för halt väglag. Med den aktuella sensorinstallationen kan föraren knappast förvänta sig att få relevant information om vägbanans temperatur. Sensorn påverkas visserligen av vägbanans temperatur genom strålning, men den påverkas också av luftens och bilens temperatur, temperaturen hos den omgivande terrängen, himlens temperatur och eventuell solstrålning mm.

Backspeglens och därmed givarens värmeutbyte med luften sker genom konvektion. Det sker också ett värmeutbyte genom strålning mellan backspeglens och dess omgivning, det vill säga vägbanan, bilens sida, terrängen vid sidan av vägen och himlen. Backspeglens påverkas också av värmeflödet till/från backspeglens infästning i bildörren. I backspeglens sker värmetransporten genom värmeledning. Mätningen kan störas av vatten som träffar givaren.

### Givartemperaturen

Som bilförare blir man medveten om att bilens hastighet påverkar mätresultatet. I bilköer och tät långsam trafik är det bland annat varma avgaser som stör temperaturmätningen. Ju fortare man kör desto större inverkan på sensortemperaturen får det konvektiva värmeutbytet med luften. Vid höga hastigheter kommer därför lufttemperaturen att få ett dominerande inflytande på givartemperaturen.

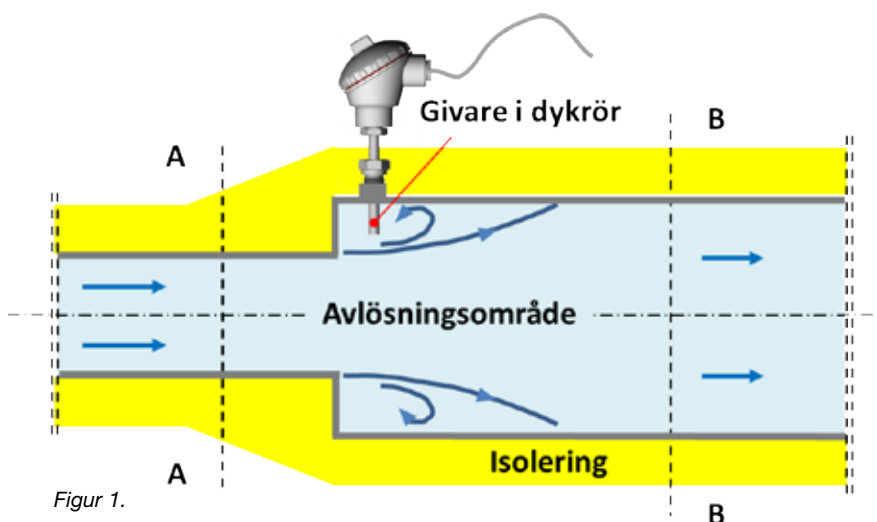
Det finns tyvärr många faktorer som påverkar det man mäter. Några exempel: Lufttemperaturen varierar ofta med höjden över vägbanan, vilket gör att givarens placering påverkar mätningen. Vägbanans, omgivningens och bilens temperatur och emissionskoefficient varierar och påverkar värmeutbytet genom strålning. Back-

speglens värmebalans och temperatur påverkar sensortemperaturen. Regn, luftfuktighet och smuts kan också påverka mätningen.

Den uppmätta utetemperaturen kan med försiktighet användas för att bedöma om det är risk för halka. Vägbanans temperatur är tyvärr endast en av de faktorer som påverkar givaren. Luftens temperatur på givarens nivå över vägbanan kan mycket väl vara över 0 °C, trots att vägbanans temperatur är under 0 °C. Här är risken stor att man gör en felbedömning.

### Mätutrustningens svarstid

Om lufttemperaturen eller någon annan parameter ändras så får man ingen omedelbar information om ändringen – här inverkar mätutrustningens svarstid,



Figur 1.



som i vissa fall kan vara ganska lång. Om bilen har stått i ett varmgarage under natten och man kör ut den en kall morgon finner man att det kan ta flera minuter innan sensorn mäter en relevant temperatur. Ett annat exempel är när man är ute och kör under molnfria höstnätter, där både vägbanans och luftens temperatur håller några få plusgrader. Vid broar kan i vissa fall brobanans temperatur ligga under 0 °C och ibland gäller det även lufttemperaturen. I många fall kan mätsystemets svarstid vara så lång, att man hinner passera bron, innan man får information om temperaturändringen.

Biltillverkaren är naturligtvis väl medveten om mätsystemets begränsningar. Man brukar därför i många fall varna bilföraren genom att tända en varningslampa eller visa en lämplig symbol, när den uppmätta temperaturen ligger några grader över 0 °C. Tillverkaren överläter sedan åt bilföraren att själv avgöra om det föreligger risk för halt väglag.

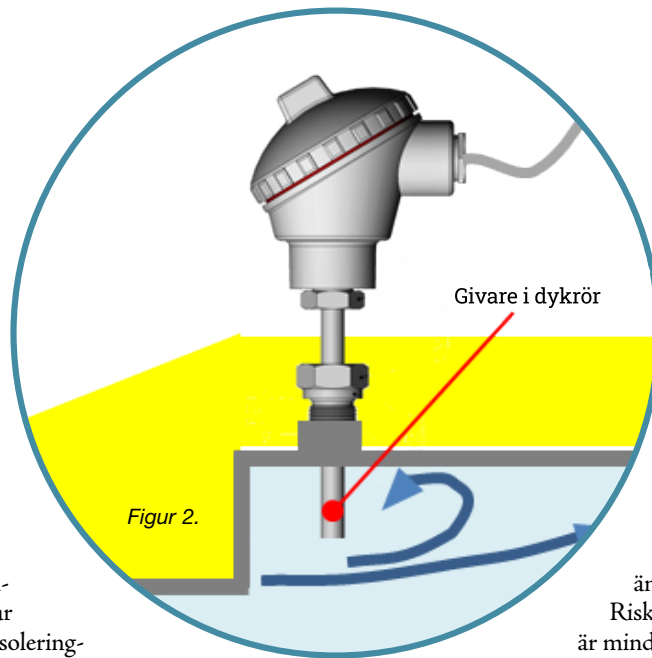
Utgående från exemplet med biltermometern kan vi förmoda att det vid nästan alla temperaturmätningar finns en skillnad mellan temperaturen, som vi vill mäta, och temperaturen som sensorn mäter. Mätsystemets svarstid gör också att vi får information om temperaturändringar med en viss fördröjning. Vi kan också konstatera att mätresultatet beror av samspelet mellan

värmeöverföringen och strömningen runt beröringssensorn. Värmetransporten påverkas av konvektion, värmeledning och strålning. Konvektionen beror i sin tur av strömningens egenskaper.

Ett exempel på ett i flera avseenden komplext mätproblem är mätning av temperaturen i en hetvattenledning, där man har installerat ett manteltermoelement i en dykficka enligt Figur 1. Här kan man fundera på vilket mätfel och vilken svarstid som man får. Man kan också fundera på om den valda placeringen av temperaturgivaren är den bästa eller om det finns någon annan optimal placering?

### Dykfickan

Installationen med dykfickan med manteltermoelementet framgår av Figur 2. Värme överförs från vattnet till dykfickan genom påtvingad konvektion. I dykfickan och manteltermoelementet sker värmetransporten genom värmeledning. Här måste man alltid kontrollera att kontakten mellan manteltermoelementet och dykfickan är mycket god. En dålig kontakt gör att man får ett onödigt mätfel. Värmetransporten till den omgivande luften sker genom värmeledning i dykfickan, manteltermoelementet, stålröret, isoleringen mm. Värmeflödet från isoleringens utsida och



mätutrustningen utanför isoleringen till luften sker genom konvektion och strålning.

Värmetransporten från vattnet till omgivningen innebär att sensorn kommer att mäta en lite lägre temperatur än vattentemperaturen, vilket innebär att det finns ett litet mätfel. Om vi minskar dykfickans diameter och ökar dess längd minskar denna typ av mätfel. Om vi ökar isoleringens tjocklek minskar värmeflödet till omgivningen. Det betyder också att temperaturdifferensen mellan vattnet och sensorn minskar – mätfelet minskar.

Vattnet i fjärrvärmerör är normalt mycket rent och man behöver därför inte bekymra sig om att det skall bli någon nedsmutsning av dykfickan. I de fall man arbetar med smutsiga fluider kan det emellertid bli problem. Om dykfickan blir nedsmutsad och får en beläggning kommer visserligen det ökade värmemotståndet i beläggningen att minska värmeflödet till dykfickan och vidare till omgivningen, men nedsmutsningen kommer också att öka temperaturdifferensen mellan fluiden och mätpunkten – mätfelet ökar.

Vid en nedsmutsad dykficka finns ett större värmemotstånd mellan vätskan och mätpunkten än vid en ren dykficka. Vid en ändring av vattentemperaturen kommer därför värmeflödet från vattnet till mätpunkten att vara mindre vid den nedsmutsade dykfickan än vid den rena. Det minskade värmeflödet betyder att svarstiden ökar, när vattentemperaturen ändras.

Nedsmutsningen har således en negativ inverkan både på mätvärdet och på svarstiden.

Man bör också fundera på hur mätutrustningens placering i rörsystemet påverkar svarstiden. Om man till exempel vill uppnå en så kort svarstid som möjligt i den aktuella rörkonfigurationen bör man undvika den installation som visas i Figur 1.

### Smutsiga fluider

Nedströms rörets diameterökning uppstår nämligen ett så kallat avlösningområde ("wake"), som karakteriseras av låg strömningshastighet och återströmning. Den låga hastigheten gör att vattentemperaturen i detta område anpassar sig förhållandevis långsamt till temperaturen i huvudströmningen. En låg hastighet runt dykfickan begränsar också det konvektiva värmeflödet till dykfickan och termoelementet. Det betyder att givaren reagerar långsamt och svarstiden kan bli ganska lång. Vid smutsiga fluider samlas ofta smutsen i avlösningområdet. En fördel med den aktuella installationen är emellertid att den ger ett minimalt extra tryckfall.

Om man eftersträvar en så kort svarstid som möjligt bör man installera givaren i sektion A-A i Figur 1, där vattenhastigheten

är som högst. Tryckfallet som dykfickan åstadkommer blir dock något större i rörsystemet vid denna installation. Strömningshastigheten i sektion B-B är lägre än den i sektion A-A. En givarinstallation i sektion B-B ger därför ett något mindre tryckfall, men den ger även en något längre svarstid än en installation i sektion A-A.

Risken för nedsmutsning av dykfickan är mindre i sektionerna A-A och B-B än i den ursprungliga installationen.

I många fall är det tryckfall som dykfickan åstadkommer av begränsad betydelse för det totala tryckfallet i rörsystemet. Bedömning av hur tryckfall och andra störningar, vilka orsakas av dykfickan, inverkar på strömningen och värmeöverföringen måste i vanlig ordning göras från fall till fall. För att bestämma svarstid och tryckfall krävs att man gör en uppmätning eller beräkning. Faktorer som inverkar är bland annat givarens, dykfickans, rörets och isoleringens geometri och egenskaper samt strömningens egenskaper. Om man vill minimera tryckfallet i rörledningen måste man också ersätta den skarpa övergången mellan rören med en konisk övergång.

### Mätsystemet påverkar svarstiden

Det kan ibland vara lämpligt att beräkna temperatur, svarstid och värmeflöde. På Pentronics hemsida ([www.pentronic.se](http://www.pentronic.se) > Meny > Om temperatur > Arkiv för teknikartiklar) finns Repetitionskurs i värmeöverföring, som innehåller de väsentliga sambanden för beräkningar. Under övriga rubriker i Arkiv för teknikartiklar finns ett stort antal lösta exempel, som initierats av Pentronics kunder under de senaste 25 åren.

Om vi sammanfattar erfarenheten från de båda exemplen så föreligger det nästan alltid en skillnad mellan den temperatur som man vill mäta och den temperatur som sensorn mäter. Skillnaden beror bland annat av mätsystemets utformning. Hur mätsystemet utformas påverkar också svarstiden. Både mätfelet och svarstiden påverkas av värmeöverföringen och strömningen. Vi kan också konstatera att om man känner till hur mätfel och svarstid uppstår och påverkas av värmeöverföring och strömning i det aktuella mätsystemet så blir mätproblemet både enklare och mer hanterbart.

Man skulle lite drastiskt kunna säga att man mäter fel temperatur vid fel tillfälle. Med rätt utrustning och rätt installation kan man emellertid minimera mätfelet och få en acceptabel svarstid. ■

– Dan Loyd, professor, emeritus  
Linköpings universitet.