

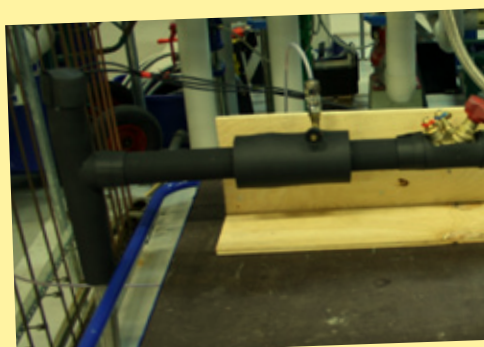
TRYCKFALLETS PÅVERKAN VID ENERGIMÄTNING

RAPPORT 2013:11



Figur 4. Montering av temperaturgivare.

Mätningarna gjordes vid två olika temperaturer. I mätningarna med tiogradigt vatten var testriggen inte skulle påverkas av omgivningstemperatur. I mätning med tiogradigt vatten.



Figur 5. Testrigg, isolerad inför mätning med tiogradigt vatten.

Mätning av temperaturskillnad före och efter tryckfallet vid ett differensstryck nära noll (med fullt öppen inlopp) vid 2, 4 och 8 bar.

Flödet hölls konstant vid samtliga mätningar.

3.1 Redovisad mätosäkerhet

Mätosäkerheten har uppskattats till bättre än

Differensstryck	$\pm 1 \text{ kPa}$
Temperatur	$\pm 0,03^\circ\text{C}$
Flöde	$\pm 1,5\%$

Tryckfallets påverkan vid energimätning

MARKUS ALSBJER

SARA JENSEN

ISBN 978-91-7381-109-5

© 2013 Svensk Fjärrvärme AB

FÖRORD

Syftet med det här projektet är att verifiera att teori och praktik stämmer avseende den energi som frigörs av att tryckfallet över styrventilen omvandlas till värme och därmed medför en temperaturökning av vattnet. Detta påverkar energimätningen och om temperaturskillnaden mellan fram- och returledningen är liten i kombination med ett stort tryckfall över styrventilen så är påverkan inte försumbar.

Eftersom temperaturskillnaden mellan fram- och returledningen är stor i fjärrvärmesystem och liten i fjärrkylasystem, så är det bara i fjärrkylasystem som tryckfallets påverkan på energimätningen kan vara ett problem. Eftersom tryckfallet över styrventilen behöver vara stort för att påverkan på energimätningen inte skall vara försumbar så är det främst i stora fjärrkylasystem där differensstrycken, skillnaden mellan trycket i fram- och returledningen, är stor som detta kan inträffa. Detta gäller för områden nära pumpstationer eller produktionsanläggningar vid höglast så problemet är begränsat både i tid och i rum. Resultaten från projektet kommer att beaktas vid uppdateringen av Svensk Fjärrvärmes tekniska bestämmelser.

Projektet har genomförts av Markus Alsbjör och Sara Jensen, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Till projektet har en referensgrupp varit knuten bestående av Holger Feurstein Lunds Energikoncernen AB, Marie Skogström One Nordic AB och Torsten Olsson Göteborg Energi AB.

Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn som finansieras gemensamt av Energimyndigheten och fjärrvärmebranschen. Forskningen inom Fjärrsyn ska stärka fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntra konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapa resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.

Bo Johansson
Ordförande i Svensk Fjärrvärmes tekniskråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns styrelse eller Svensk Fjärrvärme har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

Energi byter form när vatten flödar genom en styrventil. Den energi som frigörs när trycket faller över styrventilen omvandlas till värme.

Teoretiska beräkningar gjorda av Bo Frank (Frank) stämmer väl överens med de uppmätta värdena i detta projekt. All den energi som omvandlas när trycket faller över en styrventil värmer vattnet.

Tabell 1. Sammanställning av temperaturskillnader vid olika differenstryck.

ΔP (bar)	Uppmätt ΔT vid rumstemperatur	Uppmätt ΔT vid 10°C	Beräknat ΔT
0,0	-0,02	-0,02	0,00
2,0	0,05	0,03	0,04
4,0	0,07	0,07	0,08
8,0	0,17	0,16	0,17

I fjärrvärmesystem är temperaturökningen försumbar på grund av stora temperaturskillnader mellan fram- och returledning, men i fjärrkylasystem kan temperaturökningen från tryckfallet över styrventilen påverka energimätningen så mycket att det inte alls är försumbart. I fjärrkylasystem är temperaturskillnaderna mellan framledning och retur små och differenstrycken höga och då gör det skillnad om retursidans temperaturgivare placeras före eller efter styrventilen.

Till exempel innebär en temperaturdifferens på 3 K och 5 bars tryckfall över styrventilen att det blir 3,4 % skillnad om man mäter temperaturen före eller efter styrventilen.

SUMMARY

Energy changes form when water flows through a control valve. The energy released when the pressure drops over the control valve is converted into heat.

Theoretical calculations made by Bo Frank (Frank) comply well with the measured values in this project. All the energy converted when the pressure drops across a control valve is heating the water.

Table 2. Summary of temperature differences at various differential pressures.

ΔP (bar)	Measured ΔT , room temperature	Measured ΔT , 10°C	Calculated ΔT
0.0	-0.02	-0.02	0.00
2.0	0.05	0.03	0.04
4.0	0.07	0.07	0.08
8.0	0.17	0.16	0.17

In district heating systems, the temperature increase is negligible because of the large temperature difference between supply and return line. But in district cooling systems, the temperature increase from the pressure drop over the control valve affect the energy measurement so much that it is not at all negligible. In district cooling systems the temperature difference between supply and return line is small and the differential pressure is high. This means that if the temperature sensor on the return line is placed before or after the control valve will make a difference when measuring the energy.

For example, a temperature difference of 3 K and a pressure drop of 5 bars over the control valve results in 3.4% difference in temperature before and after the control valve.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	8
2	UPPDRAG	9
3	PROVBESKRIVNING	10
3.1	REDOVISAD MÄTOSÄKERHET	11
4	PROVRESULTAT	12
5	DISKUSSION	14
5.1	MÄTOSÄKERHET FÖR TEMPERATUR	14
5.2	RÄKNEEXEMPEL PÅ HUR TEMPERATURGIVAR- PLACERING PÅVERKAR KOSTNADEN	15
6	SLUTSATS	16
7	REFERENSER	17

1 INLEDNING

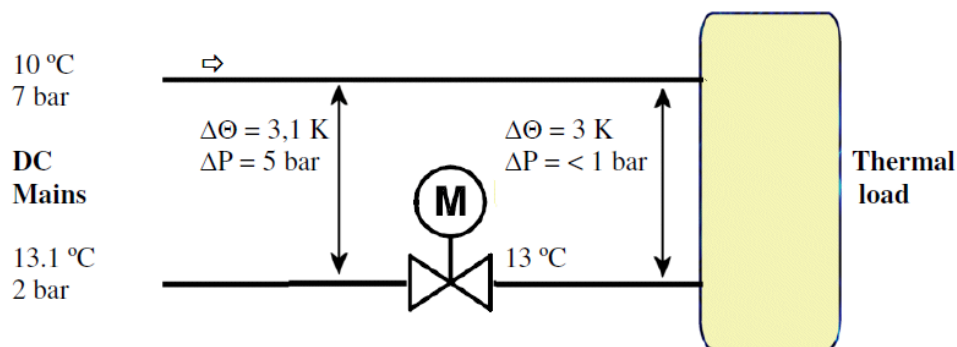
Energi byter form när vatten flödar genom en styrventil. Den energi som frigörs när trycket faller över styrventilen omvandlas till värme.

SP fick en förfrågan av Svensk fjärrvärmes mätargrupp i början av 2012 att ansöka till Fjärrsyn för att undersöka ett teoretiskt samband kring tryckfallets påverkan på energimätning.

Teoretiska uträkningar visar att energin som omvandlas vid tryckfall över styrventiler inte är försumbar om man tittar på fjärrkylalösningar. Den registrerade energimängden kan skilja 3,4 % beroende på var man mäter temperaturen, före eller efter styrventilen. Detta i ett fall med en fjärrkylcentral, med en temperaturdifferens på 3 K och ~5 bars tryckfall över styrventilen (Frank).

2 UPPDRAG

Uppdraget grundar sig i en rapport från Bo Frank, "Heat meter error caused by pressure" (Frank). Figur 1 visar på olika sätt att mäta temperaturskillnaden när styrventilen sitter på returen.

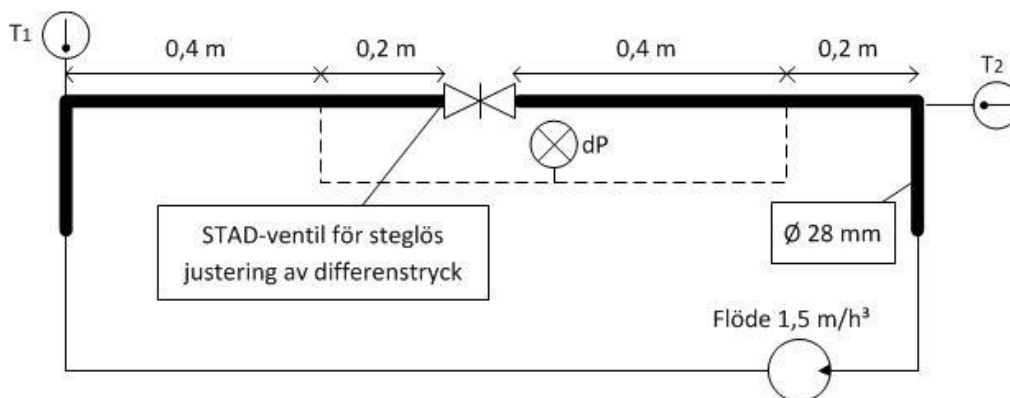


Figur 1. Skiss från Bo Franks rapport som visar ett exempel där det är viktigt med temperaturgivarplacering.

För att verifiera detta teoretiska samband ska temperaturen mätas före och efter en strypning. Temperaturskillnaden motsvarar då det systematiska felet för energimätaren när hänsyn inte tas till tryckskillnad. Temperaturmätningen efter strypningen motsvarar den returtemperatur som värmemätaren registrerar efter fjärrvärmecentralen och temperaturmätningen före strypningen den returtemperatur som skulle fås om differenstrycket var noll.

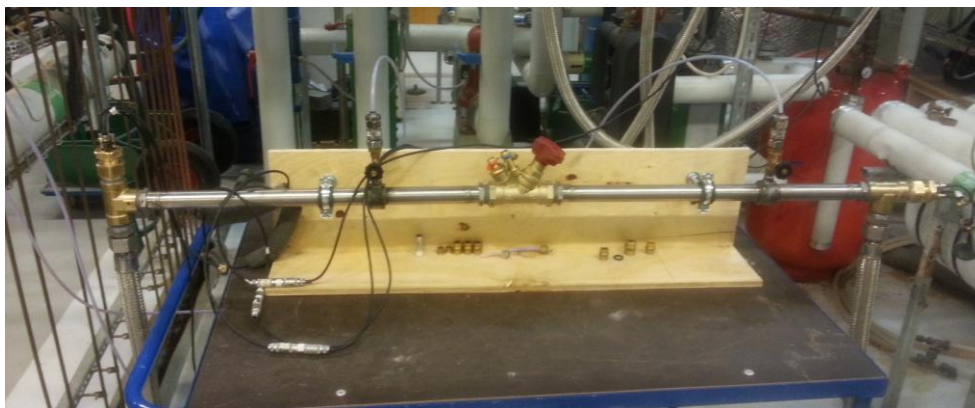
3 PROVBESKRIVNING

För att undersöka tryckfallets påverkan på energimätning mäts hur temperaturen förändras efter tryckminskning, enligt Figur 2. Schematisk bild av testrigg. Temperaturskillnaden mellan T_1 och T_2 motsvarar det systematiska felet för energimätaren när hänsyn inte tas till tryckskillnad. T_2 motsvarar den returtemperatur som värmemätaren registrerar efter fjärrvärmecentralen och T_1 den returtemperatur som skulle fås om differenstrycket dP var noll.



Figur 2. Schematisk bild av testrigg.

En STAD-ventil kopplades ihop med två stycken mätrör med tryckuttag, både ventilen och mätrören med en invändig diameter på 25 mm. Tre temperaturgivare monterades före och efter testriggen i anslutningarna mellan testriggen och vattenförsörjningssystemet. Se Figur 3. Verklig bild av testrigg.



Figur 3. Verklig bild av testrigg.

För att minska mätfel på grund av eventuell skiktning monterades tre temperaturgivare i varje mätpunkt. Se Figur 4. Montering av temperaturgivare.. Medelvärdet av de tre uppmätta temperaturerna användes för att beräkna temperaturskillnaden.



Figur 4. Montering av temperaturgivare.

Mätningarna gjordes vid två olika temperaturnivåer: rumstemperatur och 10 °C. Vid mätningarna med tiogradigt vatten var testtriggen isolerad för att temperaturmätningen inte skulle påverkas av omgivningstemperaturen. Se Figur 5. Testtrigg, isolerad inför mätning med tiogradigt vatten.



Figur 5. Testtrigg, isolerad inför mätning med tiogradigt vatten.

Mätning av temperaturskillnad före och efter injusteringsventilen gjordes vid differenstryck nära noll (med fullt öppen injusteringsventil) och vid differenstrycken 2, 4 och 8 bar.

Flödet hölls konstant vid samtliga mätningar och valdes till 1,5 m³/h.

3.1 Redovisad mätosäkerhet

Mätosäkerheten har uppskattats till bättre än följande värden.

Differenstryck	±1 kPa
Temperatur	±0,03°C
Flöde	±1,5%

4 PROVRESULTAT

Temperaturskillnaden mättes upp vid fyra olika tryckfall och vid två olika temperaturer. Den ena temperaturnivån valdes för att temperaturförlusterna mot omgivningen skulle bli så små som möjligt (rumstemperatur) och den andra temperaturnivån skulle motsvara en typisk temperaturnivå i ett fjärrkylasystem (10 °C).

För att minska mätosäkerheten mättes temperaturen med totalt sex temperaturgivare, tre i varje ända av testriggen. Medelvärdet av de två uppsättningarnas mätresultat gav temperaturerna T_1 och T_2 .

Mätresultaten redovisas i Tabell 3, Tabell 4 och i Figur 6.

Tabell 3. Mätvärden vid rumstemperatur.

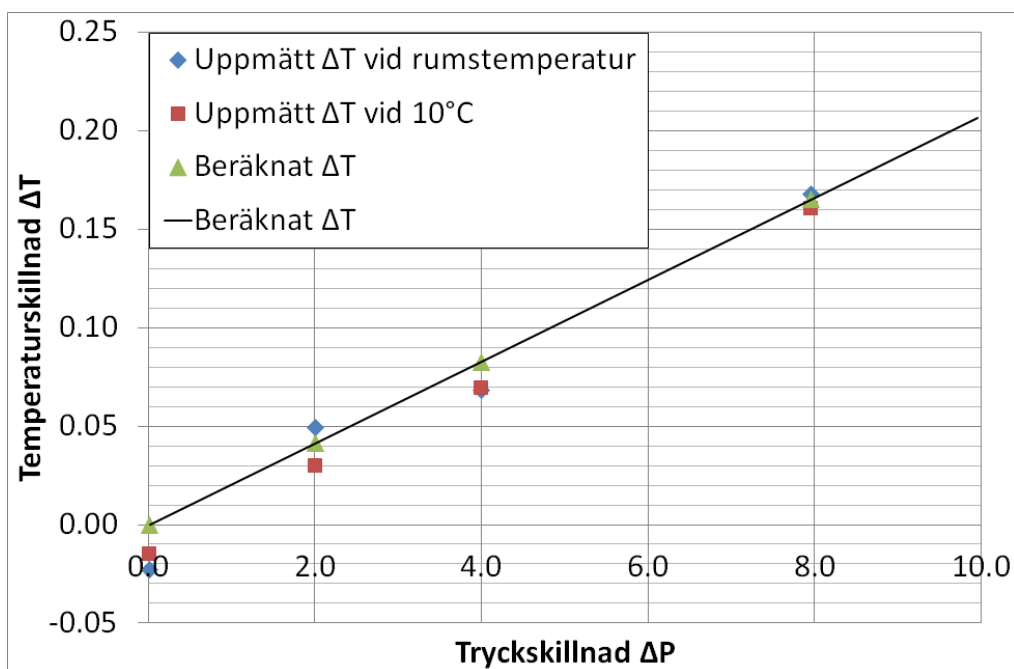
ΔP (bar)	Flöde (m ³ /h)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	Uppmätt ΔT	Beräknat ΔT
0,0	1,51	20,67	20,64	-0,02	0,00
2,0	1,50	21,12	21,17	0,05	0,04
4,0	1,50	21,69	21,75	0,07	0,08
8,0	1,50	24,14	24,31	0,17	0,16

Tabell 4. Mätvärden vid 10°C.

ΔP (bar)	Flöde (m ³ /h)	T_1 (°C)	T_2 (°C)	Uppmätt ΔT	Beräknat ΔT
0,0	1,50	10,07	10,05	-0,02	0,00
2,0	1,50	10,15	10,18	0,03	0,04
4,0	1,49	10,18	10,25	0,07	0,08
8,0	1,51	10,64	10,80	0,16	0,16

Mätresultaten visar att de uppmätta temperaturdifferenserna vid tryckfall stämmer väl överens med de beräknade. Skillnaden mellan de uppmätta och beräknade värdena är som mest 0,02 K, men detta inträffar vid 0 bars differenstryck och beror troligtvis på mätfel då den uppmätta temperaturdifferensen blir negativ.

Mätresultaten visar också att temperaturnivån på vattnet inte har någon påverkan på hur stor temperaturökningen vid tryckfall blir.



Figur 6. Grafisk beskrivning av mätresultat.

5 DISKUSSION

5.1 Mätosäkerhet för temperatur

För att mätresultaten i projektet skulle vara tillförlitliga krävdes en hög mätnoggrannhet eftersom temperaturskillnaden beräknades vara ett fåtal hundradels grader. Vid de flesta vattentemperaturmätningar garanterar SP en mätosäkerhet på $\pm 0,10$ °C för absolut temperatur. För att minska mätosäkerheten gjordes flera åtgärder:

1. Tre temperaturgivare monterades i varje mätpunkt istället för en.
2. Mätosäkerheten beräknades på temperaturskillnaden istället för på absolut temperatur. Då elimineras vissa systematiska fel.
3. En kalibrering av temperaturgivarna gjordes direkt före och direkt efter mätningarna. Detta främst för att eliminera mätosäkerhetsbidraget för långtidsstabilitet.

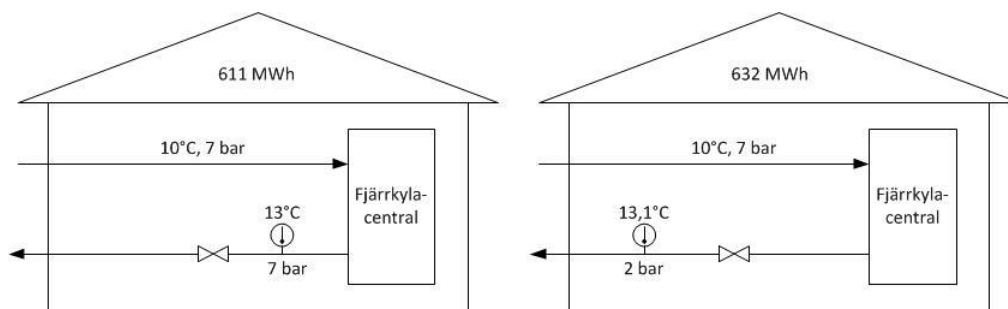
Med dessa åtgärder bedömdes mätosäkerheten till $\pm 0,03$ °C. Å ena sidan kan det konstateras att skillnaden mellan beräknad och uppmätt temperaturskillnad är mindre än mätosäkerheten i alla åtta provpunkter. Å andra sidan är mätosäkerheten fortfarande en stor del av det totala mätvärdet.

5.2 Räkneexempel på hur temperaturgivarplacering påverkar kostnaden

I ett fjärrkylasystem kan skillnaden i temperatur mellan fram- och returledningen vara så liten att temperaturökningen vid tryckfall kan påverka energimätningen så mycket att det inte är försumbart. Exempelvis kan en temperaturdifferens på 3 K och 5 bars tryckfall över styrventilen innebära att det blir 3,4 % temperaturskillnad om man mäter temperaturen före eller efter styrventilen.

För att illustrera mätresultaten kan det underlätta med ett räkneexempel:

Ett kontorshus i Göteborg använde under ett år 632 MWh fjärrkyla då returtemperaturen mättes efter styrventilen. Om vi antar att fjärrkylan i Göteborg det året kostade i genomsnitt 25 öre/kWh gav det en årskostnad på 158 000 kr. Hade fjärrkylacentralens värmemätare mätt temperaturen före styrventilen hade man istället fått fram att huset använt 611 MWh fjärrkyla. Det skulle ge en årskostnad på 152 750 kr, alltså en besparing för fastighetsägaren på 5250 kr.



Figur 7. Illustration av räkneexempel.

6 SLUTSATS

De teoretiska beräkningarna gjorda av Bo Frank (Frank) stämmer väl överens med de uppmätta värdena i detta projekt. All den energi som omvandlas när trycket faller över en styrventil värmer vattnet. Detta innebär att det blir viktigt var retursidans temperaturgivare placeras i system där temperaturskillnaderna mellan framledning och retur är små och differenstrycken är höga, exempelvis i fjärrkylasystem.

I ett fjärrkylasystem kan skillnaden i temperatur mellan fram- och returledningen vara så liten att temperaturökningen vid tryckfall kan påverka energimätningen så mycket att det inte är försumbart. Exempelvis kan en temperaturdifferens på 3 K och 5 bars tryckfall över styrventilen innebära att det blir 3,4 % temperaturskillnad om man mäter temperaturen före eller efter styrventilen.

7 REFERENSER

Frank, B. (u.d.). *Heat meter error caused by pressure*. Hämtat från
http://www.bofcon.se/doc/HM_pressure.pdf (läst 2013-05-21)

TRYCKFALLETS PÅVERKAN VID ENERGIMÄTNING

Här blir det tydligt att de teoretiska beräkningar som tidigare gjorts stämmer väl överens med de uppmätta värden som detta projekt fått fram genom mätningar i praktiken. All den energi som omvandlas när trycket faller över en styrventil värmer vattnet. Det innebär att det är viktigt var retursidans temperaturgivare placeras i system där temperaturskillnaderna mellan framledning och retur är små och differenstrycken är höga. Detta gäller till exempel i stora fjärrkylesystem.

I den typen av system kan skillnaden i temperatur mellan fram- och returledningen vara så liten att temperaturökningen vid tryckfall kan påverka energimätningen så mycket att det märks. Exempelvis kan en temperaturdifferens på 3 K och 5 bars tryckfall över styrventilen innebära att det blir en skillnad i temperatur på 3,4 procent om man mäter temperaturen före eller efter styrventilen.

Rapporten beskriver hur provet är gjort, vad resultaten visar och vad det betyder i praktiken. Det här utgör viktiga resultat som Svensk Fjärrvärme kommer att ta hänsyn till när de tekniska bestämmelserna uppdateras.