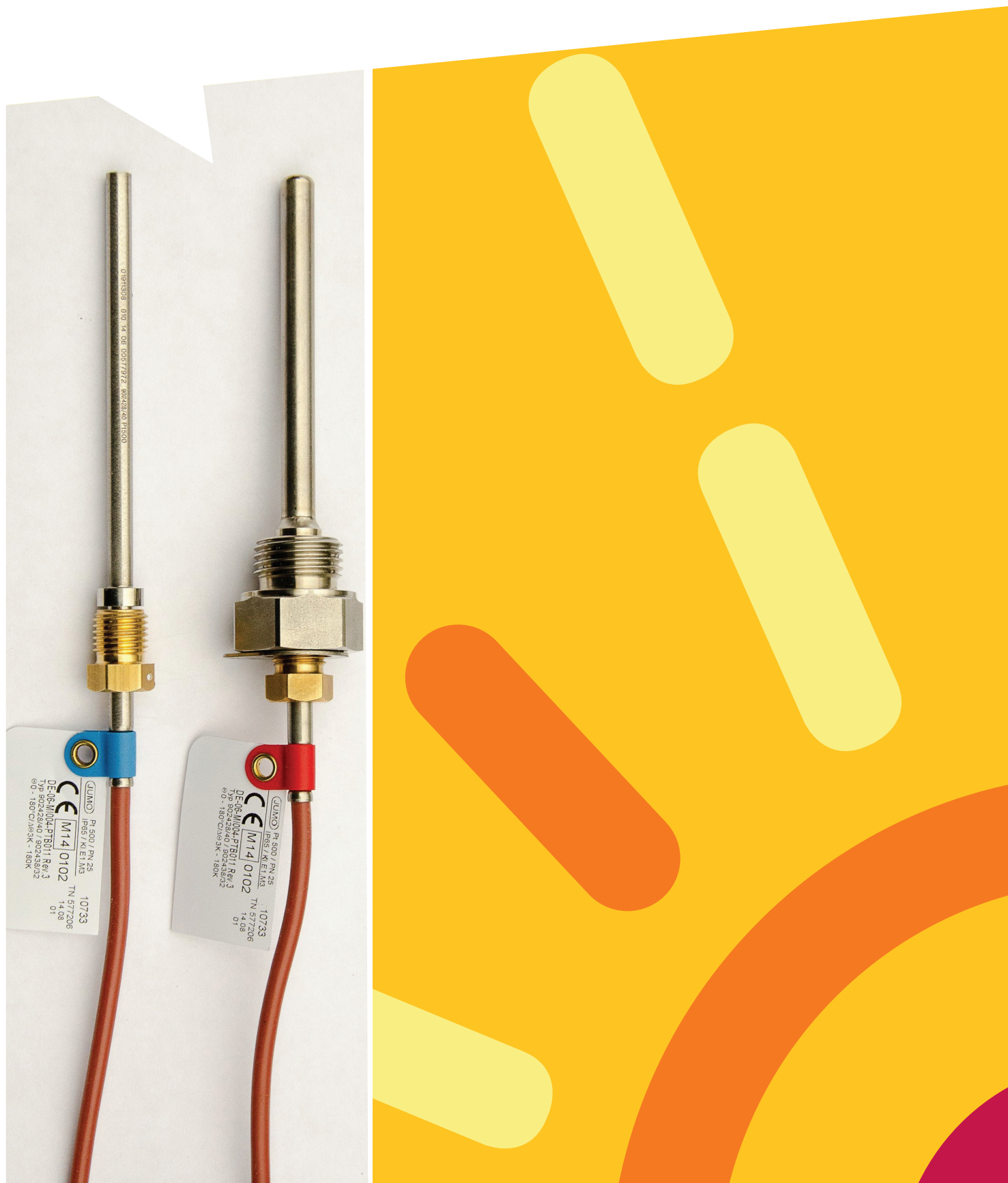


TEMPERATURMÄTNING I VÄTSKEFLÖDEN

rapport 2015:118



Temperaturmätning i vätskeflöden

TEST AV TEMPERATURGIVARE I DYKRÖR MED OCH UTAN VÄRMELEDANDE PASTA

SARA LJUNGBLAD

THOMAS FRANZÉN

MAGNUS HOLMSTEN

ISBN 978-91-7673-118-5

© 2015 Svensk Fjärrvärme AB

FÖRORD

Projektet har tittat på hur snabbt en förändring av temperaturen på mediet märks när det mäts med temperaturgivare och dykrör. Kravet på temperaturmätning är att den ska vara korrekt, men det anges inte hur snabb den ska vara.

Fjärrvärmesystemet är ett trögt system där snabb temperaturmätning inte varit i fokus, snarare har man tittat på att installationerna för mätning och själva energimätningen varit korrekt. Med morgondagens krav på snabbare mätning, för exempelvis effektstyrning, där högupplöst data i en mycket större utsträckning kommer att finnas tillgängliga är resultaten i detta projekt mycket värdefulla. Värmeledande pasta i dykrör ger en snabbare mätning vid temperaturförändring på mediet.

Resultaten från projektet kommer att medföra en ändring i Svensk Fjärrvärmes tekniska bestämmelse "F:104 Värmemätare - Tekniska branschkrav och råd om mätarhantering", där det blir krav på att använda värmeledande pasta vid montage av temperaturgivare med dykrör.

Studien har genomförts av Sara Ljungblad på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Projektet har följts av en referensgrupp bestående av Holger Feurstein från Kraftringen, Marie Skogström från ONE Nordic AB, Svante Arkstål från Tekniska verken i Linköping AB och Torsten Olsson från Göteborg Energi AB

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

Jan Berglund
Ordförande för Svensk Fjärrvärmes teknikråd

Rapporten redovisar projektets resultat och slutsatser. Publicering innebär inte att Fjärrsyns programråd eller Energiforsk har tagit ställning till innehållet.

SAMMANFATTNING

Vid leverans av fjärrvärme så måste temperaturmätningen vara riktig för att den debiterade mängden energi ska bli korrekt. Om temperaturmätningen blir fel kan detta alltså medföra att kunden blir debiterad för mycket eller för lite. Felaktigheter vid temperaturmätningen kan också medföra att fjärrvärmesystemet inte regleras på ett effektivt sätt. En parameter som kan ha betydelse för hur mätningen fungerar är om man använder dykrör för temperaturgivarna. Dykrör medför generellt att temperaturmätningen blir trögare, men eftersom det blir mycket mer praktiskt att dykröret sitter kvar på plats i röret när temperaturgivaren monteras bort för utbyte eller kontroll, så används de ändå i stor utsträckning.

I det här projektet har SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut testat hur stor skillnad det gör för olika temperaturgivare om man har värmeledande pasta tillsammans med givaren i dykröret eller inte. Eftersom pastan kladdar och tillför ett arbetsmoment vid monteringen så vill man inte använda värmeledande pasta om det inte behövs. Pastan kan också vara farlig för miljön och kan i så fall kräva hantering som gör att den inte kommer ut i avloppet t.ex. En del leverantörer av fjärrvärme använder värmeledande pasta och andra inte.

Vi har testat ett antal olika givare som används för temperaturmätning i fjärrvärmenät både med avseende på hur noggrant de mäter och hur snabbt de kan mäta upp en temperaturändring, både med och utan värmeledande pasta i dykröret. Resultatet visar att det är stor skillnad mellan olika fabrikat, framförallt vad gäller hur snabbt givaren reagerar på temperaturändringar. I gällande standard finns krav på hur stor felvisning temperaturgivarpär får ha vid olika temperaturdifferenser mellan framlednings- och returledning. En av de testade modellerna uppfyller inte det kravet utan värmeledande pasta i dykröret, övriga fem modeller är godkända både med och utan pasta i dykröret.

Ett större problem är att givarna tar mycket längre tid på sig att uppnå rätt temperatur när temperaturen i vattnet runt givarna i fjärrvärmenätet ändrar sig. De blir alltså långsammare utan pasta i dykröret. I gällande standard finns inga krav på hur snabba givarna måste vara, det anges bara att tillverkarna måste ange detta. Vad gäller de givare som vi testat så kan vi konstatera att för tre av fyra fabrikat så uppfyller inte givarna den angivna halvvärdestiden utan värmeledande pasta i dykröret. Dock anger en av de tre tillverkarna i sitt datablad att halvvärdestiden förutsätter användning av värmeledande pasta. Vad gäller det fjärde fabrikatet så uppfyller givarna angiven halvvärdestid utan värmeledande pasta i dykröret, men halvvärdestiden är också testets klart längsta.

Beräkningar visar att skillnaden mellan uppmätt energi av en värmemätare med givare utan dykrör och en värmemätare med givare i dykrör med en halvvärdestid på 14 sekunder blir i storleksordningen 10 %, för ett specifikt driftsfall.

SUMMARY

When delivering energy through district heating the temperature measurement must be accurate for the charged amount of energy to be correct. If the temperature reading is wrong, the customer will be charged too much or too little. Errors in temperature measurement can also cause the district heating system to be inefficiently controlled. A parameter that may be relevant to how the measurement works is if you use a pocket for the temperature sensors. The use of pockets in general means that the temperature measurement becomes more sluggish, but because it is much more convenient that the pocket stays in place in the pipe when the temperature sensor is removed for replacement or control, they are used extensively.

In this project, SP Technical Research Institute of Sweden has tested how much difference it makes for different temperature sensors if you have a heat conductive paste along with the sensor in the pocket or not. Since the paste smears, adds an operation in the assembly, and is dangerous for the environment you do not want to use heat conductive paste if it is not needed. Some suppliers of district heating use heat conductive paste and others do not.

We have tested a variety of sensors used for temperature measurement in district heating networks both in terms of how accurately they measure and how quickly they can measure a temperature change, both with and without heat conducting paste in the pocket. The results show that there is a big difference between different brands, particularly in terms of how fast the sensor reacts to temperature changes. The standard in use for heat meters contains requirements on how large inaccuracies a sensor pair may have at different temperature differences between supply and return lines. One of the tested models do not meet the requirement without heat conductive paste in the pocket, the other five models are compliant both with and without the paste in the pocket.

A bigger problem is that the sensors will take much longer time to reach the correct temperature when the temperature of the water around the sensors in the heating network changes. They will thus be slower without the paste in the pocket. The current standard has no requirement for how fast the sensors must be, it states only that manufacturers must state this. As for the sensors that we tested, we can conclude that three of the four brands do not meet the specified sensor half-value time without heat conductive paste in the pocket. However, one of those three manufacturers' states that heat conductive paste should be used. As for the fourth brand it fulfills the specified half-value time without heat conductive paste in the pocket, but the half-value time is also clearly the longest of the test.

Calculations show that the difference between the measured energy of a heat meter with sensors without pockets and the same heat meter with sensors in pockets with a half-value time of 14 seconds is of the order of 10%, for a specific operating condition.

INNEHÅLL

1	UPPDRAG	11
2	BAKGRUND	12
3	PROVOBJEKT	13
4	TESTMETOD	17
4.1	STIGTID	17
4.2	FELVISNING	20
4.3	VÄRMELEDANDE PASTA	21
4.4	MÄTFÖRHÅLLANDEN	21
5	RESULTAT	22
5.1	STIGTID	22
5.2	FELVISNING	25
6	BERÄKNING AV DRIFTSFALL	37
7	SLUTSATSER	39
8	REFERENSER	41
	bilaga 1	42

1 UPPDRAG

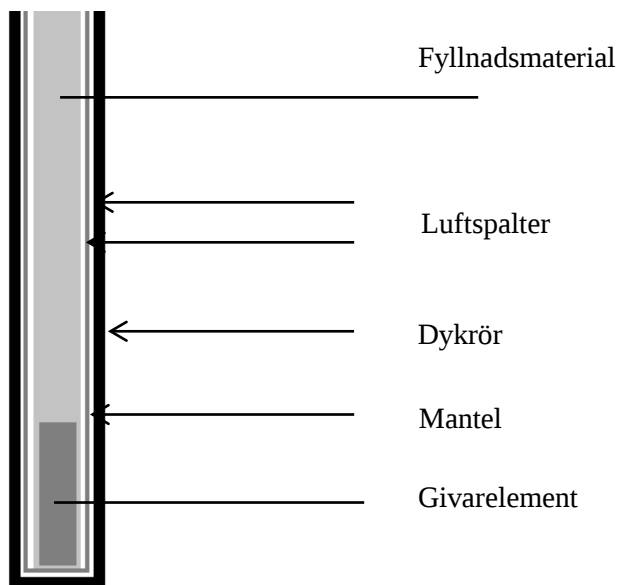
SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har inom forskningsprogrammet Fjärrsyn under augusti-oktober 2014 genomfört test av 6 olika typer av temperaturgivare med tillhörande dykrör. Samtliga givare har testats med avseende på stigtid och felvisning med och utan värmeledande pasta i dykröret.

Alla mätningar utfördes på riksmätplatsen för temperatur på enheten Mätteknik på SP i Borås.

2 BAKGRUND

Riktlinjerna för värmemätning innehåller förslag som installationen av temperaturgivare och flödesmätare skall följa [6]. Trots att temperaturmätning till sin natur är mycket enklare än flödesmätning är det där många problem uppkommer. Svårigheten att mäta små temperaturskillnader korrekt kan dominera osäkerheten vid energimätningen, beroende på förutsättningarna. För en korrekt värmedebitering måste temperaturgivarna stå i bästa tänkbara värmekontakt med mediet. Förutom givarnas noggrannhet påverkas också hur snabbt givarna reagerar på temperaturförändringar. Enligt gängse mätpraxis [1-6] har det alltid krävts att temperaturgivare som monteras i dykrör ska ha värmeledande pasta i dykröret för att ge god värmeledningen till temperaturgivaren. Men nu på senare tid har detta ifrågasatts. En jämförelse av stigtid och felvisning kommer att presenteras.

En schematisk skiss av ett tvärsnitt av en värmemätargivare med dykrör finns i Figur 1. Det som avgör hur väl värmeledningen till givarelementet fungerar är dels vilka material som använts vid tillverkning och dels hur väl man lyckats undvika att det bildas luftspalter dels innanför givarens metallmantel och dels utanför metallmanteln, mellan den och dykröret. För att givarelementet ska reagera så snabbt som möjligt på temperaturförändringar så behöver alltså givarens konstruktion vara bra samt att luftspalten mellan dykficka och dykrör bör vara så liten som möjligt. Ett sätt att åstadkomma det är att fylla upp utrymmet mellan givare och dykrör med värmeledande pasta.



Figur 1. Schematisk skiss av ett tvärsnitt av en värmemätargivare med dykrör

3 PROVOBJEKT

Totalt har sex olika modeller av temperaturgivare för värmemätare testats, se tabell 1 och figur 2-7. Dessa har valts ut i samråd med Svensk fjärrvärmes mätargrupp och referensgruppen för detta fjärrsynsprojekt för att få ett så relevant urval som möjligt.

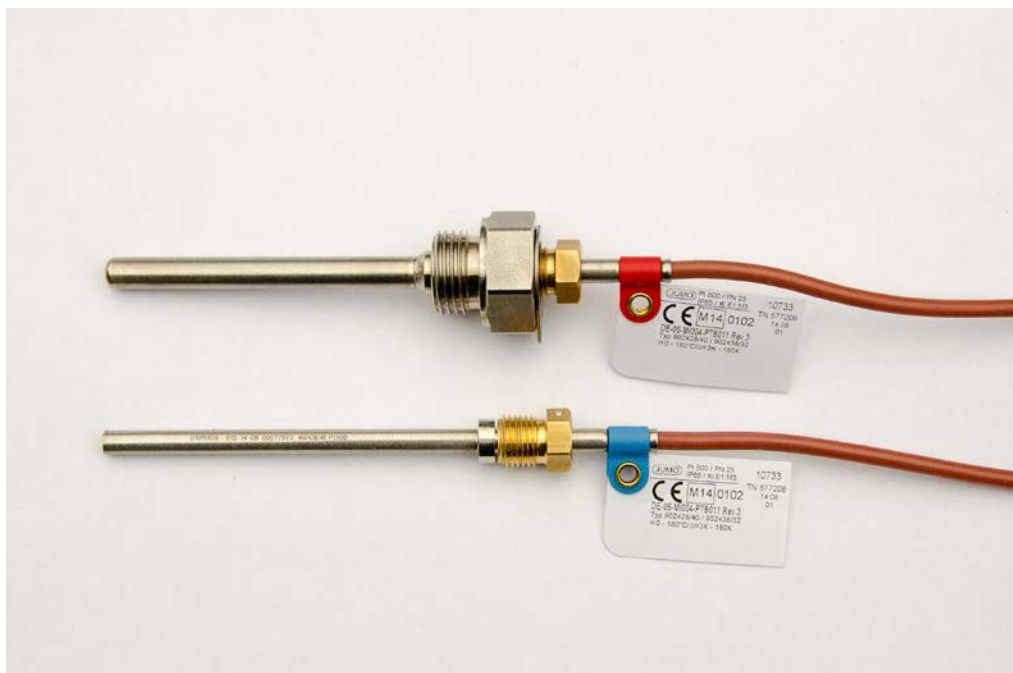
För att få ett gott statistiskt underlag har tre olika temperaturgivarpar med dykrör av varje modell testats. Fyra av modellerna har dykrör med längden 85 mm, och två av modellerna har dykrör med längden 120 mm. Allt som allt blir det 18 temperaturgivarpar, alltså totalt 36 enskilda givare, som ingår i undersökningen.

Alla givare har levererats med varsitt dykrör, som följt med givaren vid alla mätningar. Vissa givare har vid leveransen suttit i dykrör, och då har detta dykrör använts tillsammans med givaren. I andra fall har sex dykrör levererats löst tillsammans med 3 temperaturgivarpar och det är då slumpmässigt valt vilket dykrör som valts till vilken givare.

Tabell 1. Uppgifter för de sex olika givartyperna som använts, samtliga data är från givarnas datablad.

Fabrikat	Jumo	Kamstrup	Limatherm	SVM
Modell	902428/40 / 902438/32	65-00-0B0-219	TOP-226	TSF085C
Temperaturområde (°C)	0-180	10-150	0-150	0-180
Temperaturdifferens (°C)	3-180	3-140	3-150	3-100
Givartyp	Pt500	Pt500	Pt100	Pt100
Anslutning	2-tråd	2-tråd	4-tråd	2-tråd
Längd dykrör (mm)	85	85	85	85
Diameter givare (mm)	6	5,8	6	6
$\tau_{0,5}$ (s) (halvvärdestid)	12	8	18	ca 2

Fabrikat	Limatherm	SVM
Modell	TOP-226	TSF120H
Temperaturområde (°C)	0-150	0-180
Temperaturdifferens (°C)	3-150	3-100
Givartyp	Pt100	Pt100
Anslutning	4-tråd	4-tråd
Längd dykrör (mm)	120	120
Diameter givare (mm)	6	6
$\tau_{0,5}$ (s) (halvvärdestid)	18	ca 2



Figur 2. Givare Jumo med och utan dyrkrör



Figur 3. Givare Limatherm med och utan 85 mm dyrkrör



Figur 6. Givare Limatherm med och utan 120 mm dykrör



Figur 7. Givare SVM med och utan 120 mm dykrör

4 TESTMETOD

Mätningarna har genomförts med sex olika modeller av temperaturgivare för värmemätare. Stigtiden och felvisningen för de olika temperaturgivarna har bestämts. Samtliga mätningar har först genomförts utan värmeledande pasta i dykfickorna och sedan med pasta. För ett givarpar har felvisningen mätts upp helt utan dykficka och för en givare av varje modell har stigtiden mätts upp utan någon dykficka. Samtliga mätningar har genomförts vid riksmätplatsen för temperatur på SP.

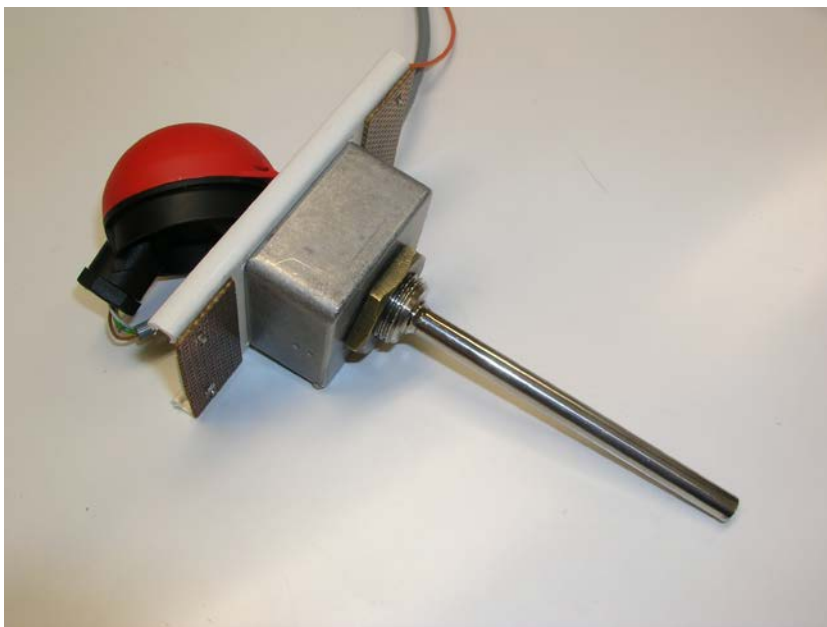
4.1 Stigtid

Stigtiden hos temperaturgivarna har mätts enligt SP-metod 0376 som följer i tillämpliga delar SS- EN 60751[8]. Det innebär att givaren som ska testas har monterats i en hållare enligt figur 8. Givaren har sedan placerats i ett vattenbad och givits tillräckligt med tid för att uppnå jämvikt. Med hjälp av en mjukvara speciellt framtagen för ändamålet har sedan ett medelvärde för givarens resistans mätts upp. Sedan flyttas givaren till ett vattenbad som håller ca 10 °C högre temperatur än det första vattenbadet. För att givarens temperatur inte ska påverkas mer än nödvändigt vid förflyttningen så håller det första vattenbadet rumstemperatur. När givaren placeras i det andra vattenbadet så triggas en mätning igång när hållaren till givaren kommer i kontakt med sensorplattan som ligger på vattenbadets öppning enligt figur 9. Mjukvaran registrerar givarens resistansvärden och tiden som förflutit sedan triggningsen. När givaren har uppnått jämvikt så tas ett medelvärde av givarens resistans återigen. Mjukvaran räknar sedan fram givarens halvvärdestid, det vill säga den tid som det tar för givarens resistans att öka 50 % av skillnaden mellan resistansen vid de två olika temperaturerna.

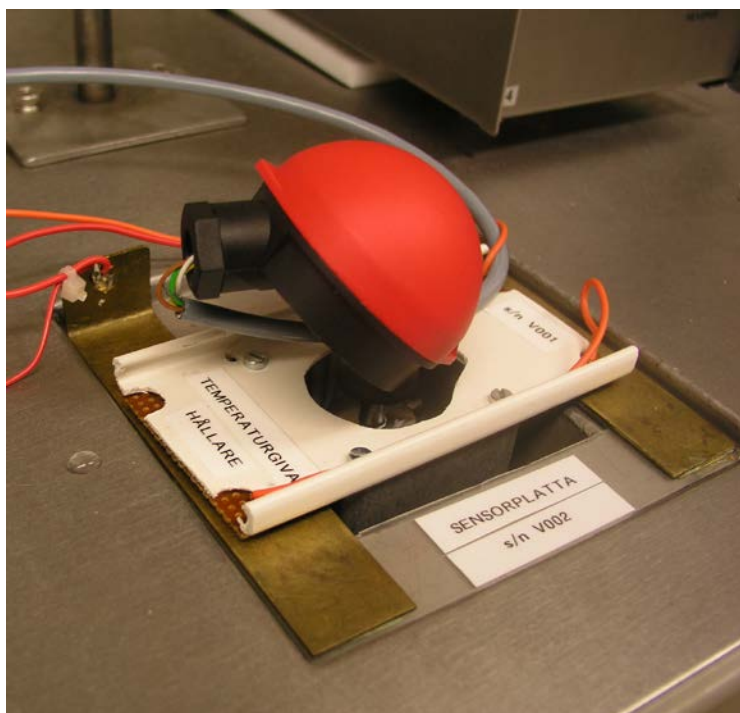
För varje enskild givare har denna mätning gjorts minst tre gånger utan pasta i dykröret och senare tre gånger med pasta i dykröret. Detta för att få en uppfattning om repeterbarheten, eftersom utföraren av mätningen kan påverka resultatet när givaren flyttas mellan baden.

För varje givartyp så har också stigtiden för en av givarna helt utan dykrör testats. Givaren har då monterats i samma hållare, men haft direkt kontakt med vattnet i baden.

Den utvidgade mätosäkerheten enligt SP-metod 0376 är $\pm 0,45$ sekunder (med en täcknings-faktor $k = 2$, vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet av ungefär 95 %.)



Figur 8. Hållare för stigtidsmätning med givare monterad

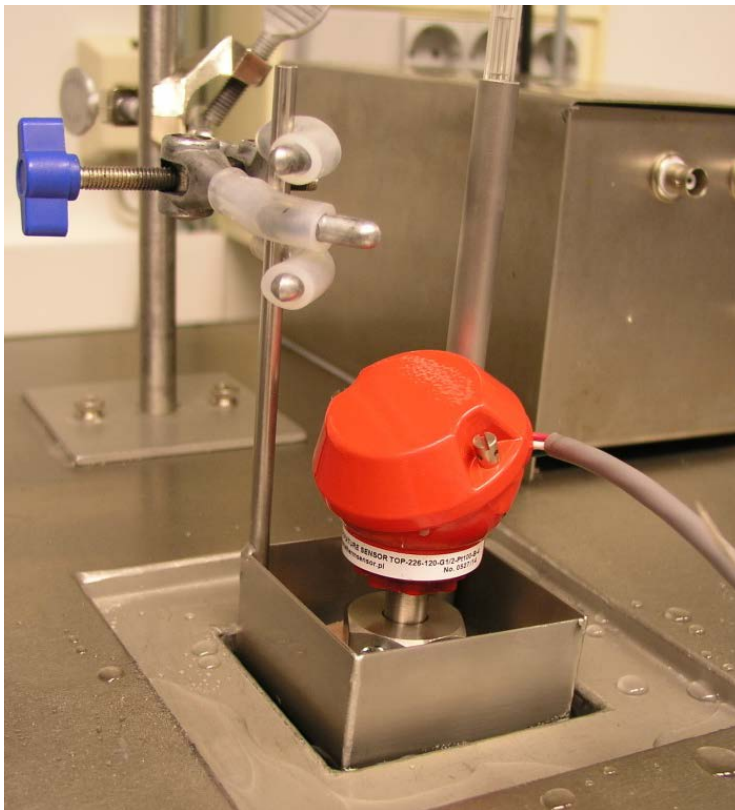


Figur 9. Sensorplatta och hållare för stigtidsmätning med givare monterad

4.2 Felvisning

Jämförelsemätning med en standard platina resistans temperaturmeter (SPRT) i temperaturstabiliserade bad har också gjorts för att bestämma felvisningen hos givarna. Mätningarna följer anvisningarna vad gäller test av temperaturmätare i standard SS-EN 1434 [7] i tillämpliga delar.

För att minimera skillnaderna mellan mätningarna vad gäller montering av givarna i baden, t.ex. nedföringsdjup, så har en hållare använts för att göra alla mätningar så lika som möjligt, se figur 10. Sedan har givarens resistans mätts upp vid fem olika temperaturer: 10, 40 70, 90 och 120°C. Vid de tre lägre temperaturerna har mätningen utförts i termostaterade vattenbad och vid de två högre temperaturerna i ett termostaterat bad med glycerin. Samtliga använda bad har en stabilitet bättre än $\pm 0,002$ °C, och små gradienter. För mätning av referenstemperaturen har en SPRT kopplad till ett resistansmätinstrument använts. Den utvidgade mätosäkerheten för mätuppställningen med referensinstrument och bad, men utan hänsyn tagen till värmemätargivarna beräknas till $\pm 0,005$ °C (med en täcknings-faktor $k = 2$, vilket för en normalfördelning svarar mot en täckningssannolikhet av ungefär 95 %.)



Figur 10. En av givarna monterad i hållare och placerad i ett av baden

4.3 Värmeledande pasta

Den värmeledande pasta som har använts vid testet är Electrolube EHTC10S. Samma pasta har använts till samtliga givare. Den mängd som bedömts rimlig för de olika givarna skiljer sig däremot åt. Mängden har bestämts genom att fylla respektive dykrör med så mycket pasta att den tillhörande givaren har fått god kontakt med dykrörets botten och även dykrörets väggar några centimeter upp (se figur 11), alltså där själva givarelementet förväntas befinna sig.



Figur 11. Två av testets givare. En med värmeledande pasta och en utan.

4.4 Mätförhållanden

Rumstemperaturen i den lokal mätningarna genomfördes var $23^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Tabell 2. Referensutrustning

Referensutrustning	Fabrikat	Serienummer
Resistanstermometer	L&N 8163-Q	1872057
DTM	Fluke 1595A	B3C210
DMM	HP 3458A	2823A10172
Resistansnormal	Tinsley 5685 A, 100 ohm	8738/13
Resistansnormal	Tinsley 5685 B, 1000 ohm	250576
Vattenbad	Heto KB 21	7909520
Vattenbad	Hart 7037	55009
Glycerinbad	Heto KB 11	7903

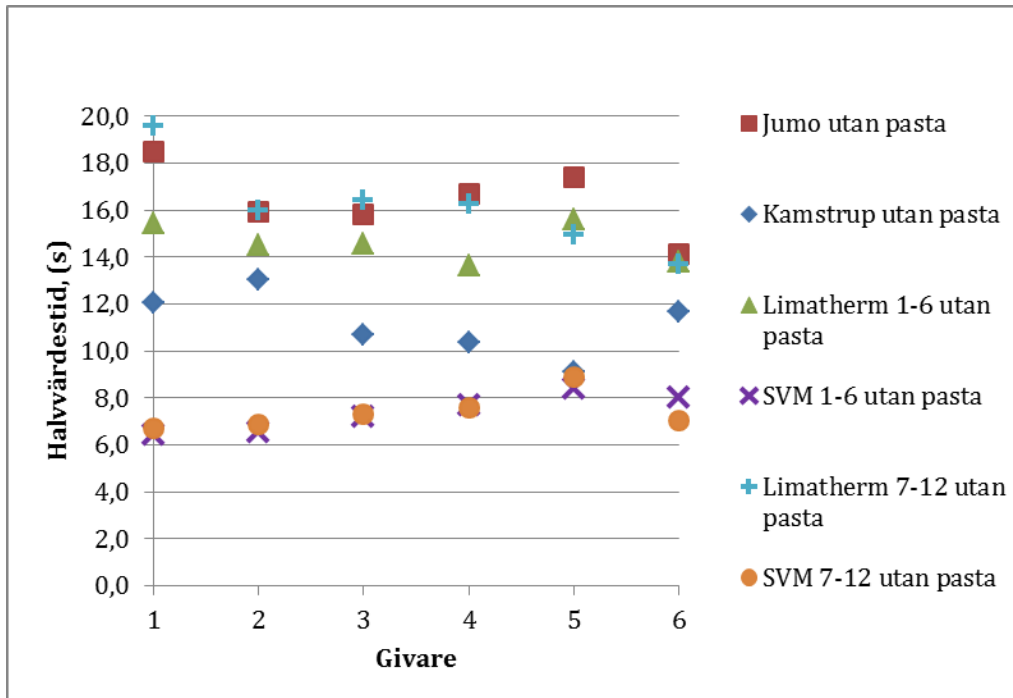
5 RESULTAT

5.1 Stigtid

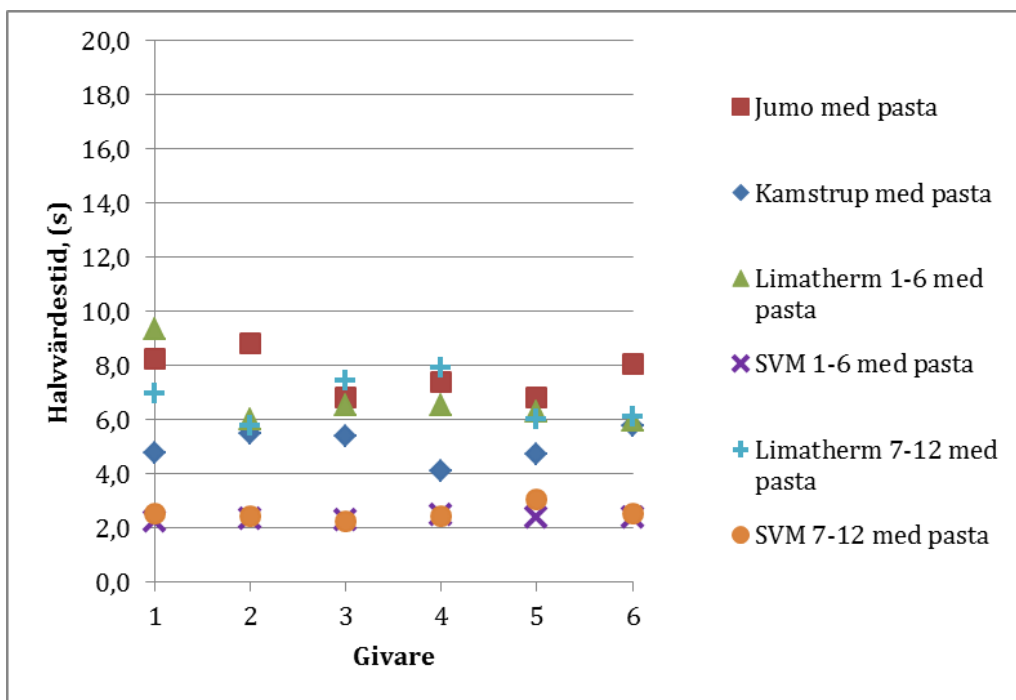
Tiden det tar för givarens resistans att öka 50 % när den flyttas från ett vattenbad till ett annat med 10 °C högre temperatur (halvvärdestiden) redovisas i figur 12 och 13. Samtliga värden finns också i tabell 4 i bilaga 1. De värden som redovisas är medelvärden från minst tre mätningar. Genomgående så är halvvärdestiden betydligt högre för varje enskild givare när värmeledande pasta inte finns i dykröret, den högsta tiden utan pasta i röret är 19,57 sekunder och med pasta i röret 9,36 sekunder.

Genomgående är det också så att de givare som mätts upp helt utan dykrör har en lägre halvvärdestid än när dykrör med värmeledande pasta i använts till samma givare, se tabell 4. För en av givarna (Kamstrup1) så är detta dock högst marginellt och det beror på att eftersom givaren är relativt kort (se figur 4) har den inte kunnat doppas lika långt i vätskan, eftersom det då riskerat att rinna in vatten.

Nedföringsdjupet har alltså varit större när givaren befunnit sig i ett dykrör, och detta är förmodligen anledningen till den relativt lilla skillnaden i halvvärdestid mellan dykrör med pasta och utan dykrör för givaren Kamstrup1.



Figur 12. Stigtid för alla 36 givare med dykrör utan värmeledande pasta.



Figur 13. Stigtid för alla 36 givare med dyrkrör med värmeledande pasta.

Vad gäller de redovisade resultaten i tabell 4 så är det också uppenbart att halvvärdestiden skiljer betydligt mellan olika modeller av givare både utan värmeledande pasta och med värmeledande pasta i dyrkröret. Standard SS-EN 1434 [7] anger att vid typprovning av temperaturgivare för värmemätare ska den halvvärdestid som tillverkaren anger i sitt datablad kontrolleras. Om givaren typ provas för användning med dyrkrör ska en halvvärdestid avseende detta redovisas. I tabell 4 redovisas även tillverkarnas angivna halvvärdestid.

Endast för ett fabrikat (SVM) anges att halvvärdestiden (ca 2 s) gäller under förutsättning att värmeledande pasta används. Vad gäller givarna från Kamstrup (8 s) och Jumo (12 s) så anges inget om värmeledande pasta i datablad, men vi kan se att givarna inte uppfyller den halvvärdestid som anges utan pasta, men ligger väl under angiven halvvärdestid med pasta i dyrkröret. Vad gäller givarna från Limatherm så anger specifikationen testets högsta halvvärdestid, 18 s, och givarna klarar med ett undantag denna stigtid även utan pasta.

I tabell 3 i bilaga 1 redovisas ett test på givare SVM6 utan pasta i dyrkröret för att undersöka om halvvärdestiden ändrar sig beroende på hur givaren sitter i dyrkröret. Testet har genomförts genom att ta ur givaren ur dykfickan och sätta tillbaka den igen och sedan göra två mätningar. Detta har upprepats tio gånger. Det man kan se är att

repetierbarheten är bra så länge givaren inte tagits ur dykröret mellan mätningarna, men att resultatet varierar mellan ca 6,8 och 8,9 sekunder när givaren tagits ut dykröret mellan mätningarna. Detta är förmodligen förklaringen till att det skiljer flera sekunder i halvvärdestid mellan givare av samma modell i testet.

5.2 Felvisning

Med hjälp av de uppmätta resistansvärdena för varje givare vid 10, 40, 70, 90 och 120 °C har konstanter beräknats enligt SS-EN 60751 [8]. För varje givare har denna beräkning gjorts för resultat utan värmeledande pasta och med värmeledande pasta. Med hjälp av detta kan man se skillnaden mellan de båda alternativen i uppmätt temperatur i hela det aktuella temperaturintervallet. Diagrammen för samtliga 36 givare presenteras i figur 14-19.

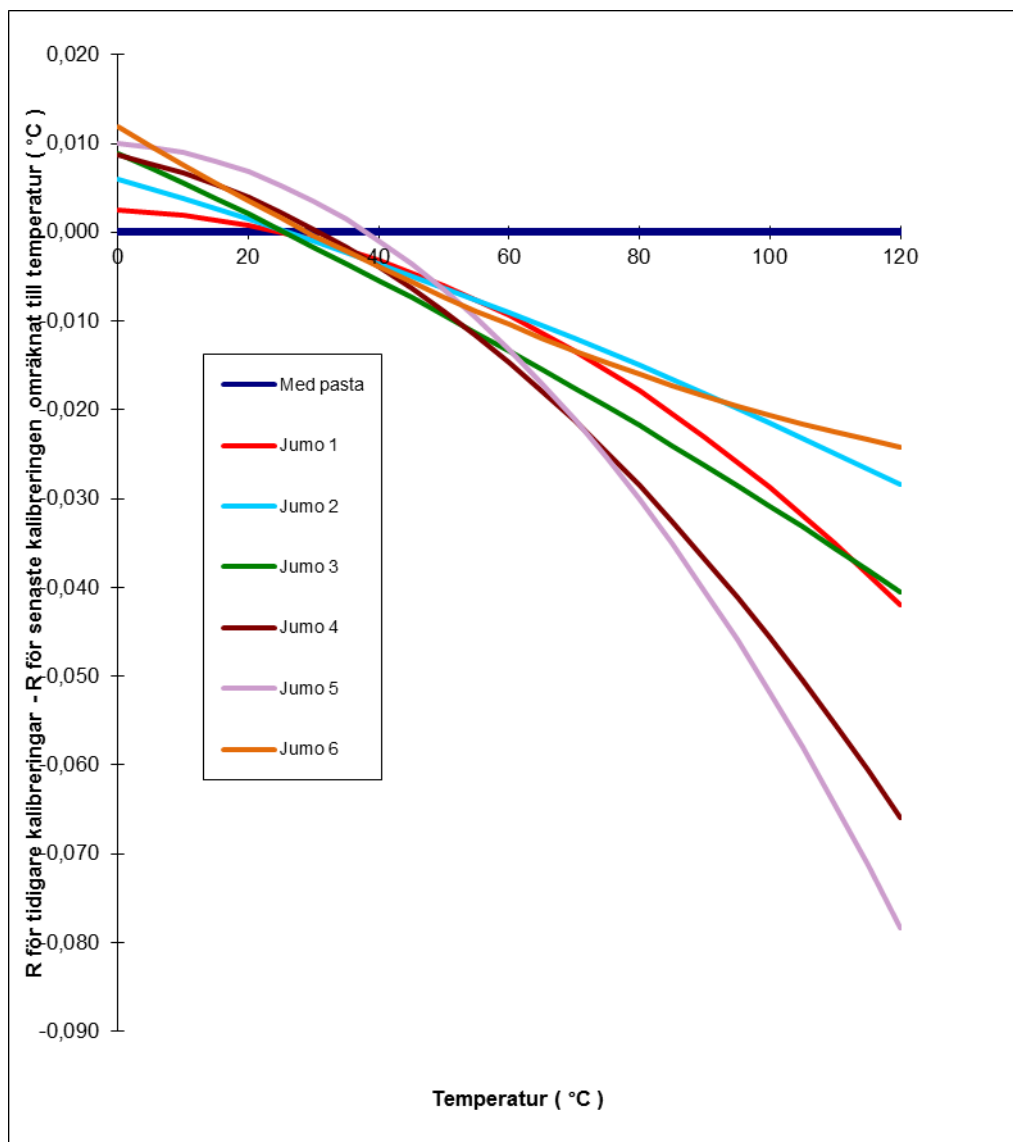
I figur 14-19 representerar den mörkblå linjen mätningarna med pasta. Diagrammen visar alltså bara skillnaden i temperatur mellan mätning i dykrör med värmeledande pasta och utan pasta.

Observera att temperaturskalan på y-axeln skiljer sig åt mellan de olika diagrammen.

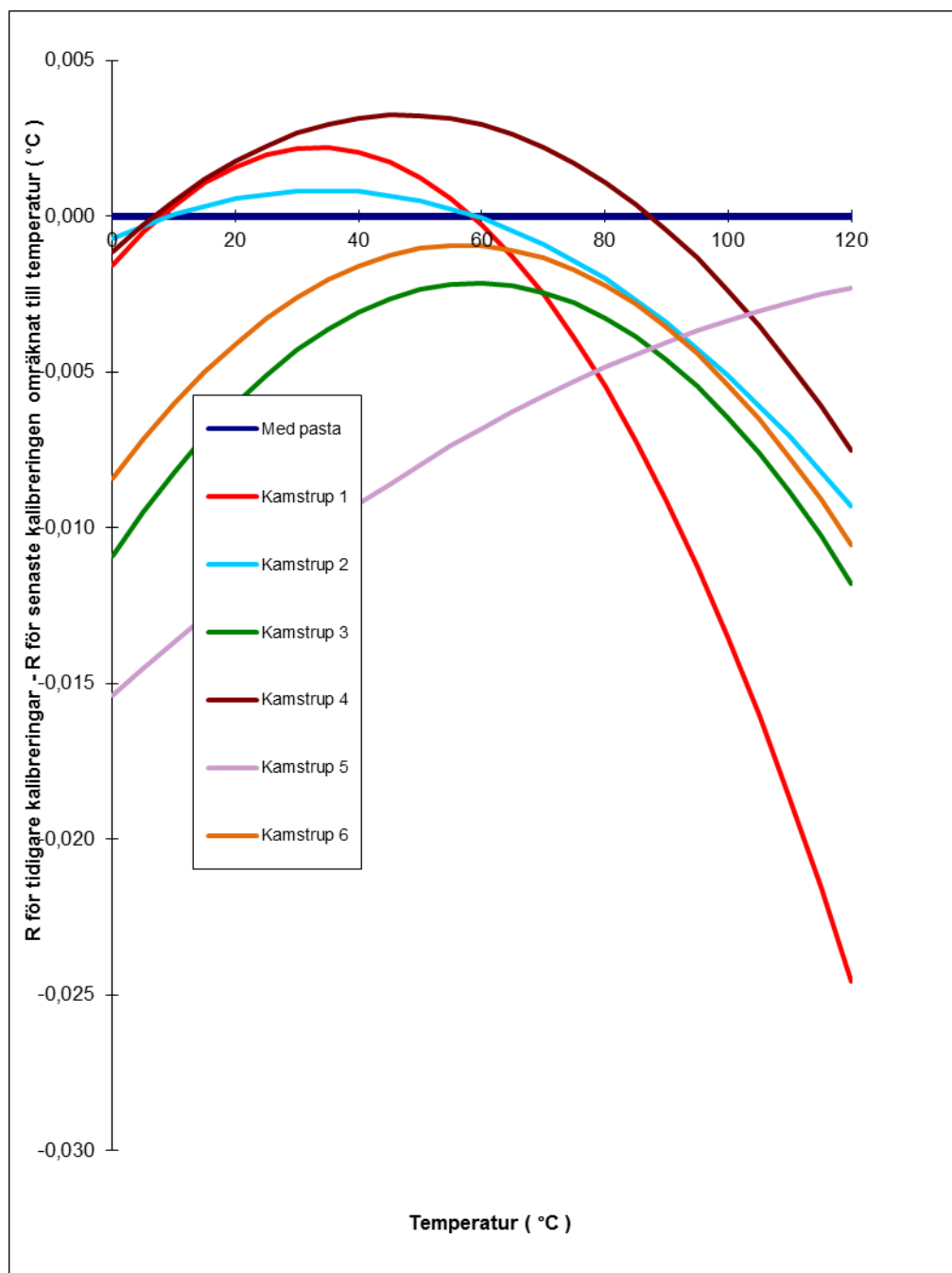
I många fall kan man se att linjerna som representerar mätningar med pasta och utan pasta korsar varandra strax över 20 °C vilket indikerar att den värmeledande pastan gör att vi mäter en lägre temperatur vid temperaturer under rumstemperatur och en högre temperatur vid temperaturer över rumstemperatur. Detta beror på att temperaturgivarna endast mäter sin egen temperatur. Det uppstår jämvikt mellan givarelementet och omgivningen fast att givaren inte har samma temperatur som den omgivande vätskan, beroende på att metallen i dykröret och även givarens mantel leder bort eller tillför värme till givarelementet beroende på om omgivningen är kallare eller varmare än mätpunktens temperatur. När vi tillsätter värmeledande pasta i dykröret får givarelementet bättre termisk kontakt med den omgivande vätskan och den termiska jämvikten uppstår då givarelementet har en temperatur som ligger närmare mätpunktens.

Vi har också gjort en jämförelsemätning för ett par av givarna utan dykrör (SVM1 och SVM2), för att kunna bedöma hur de båda mätningarna med och utan värmeledande pasta skiljer sig från en mätning helt utan dykrör vad gäller noggrannhet.

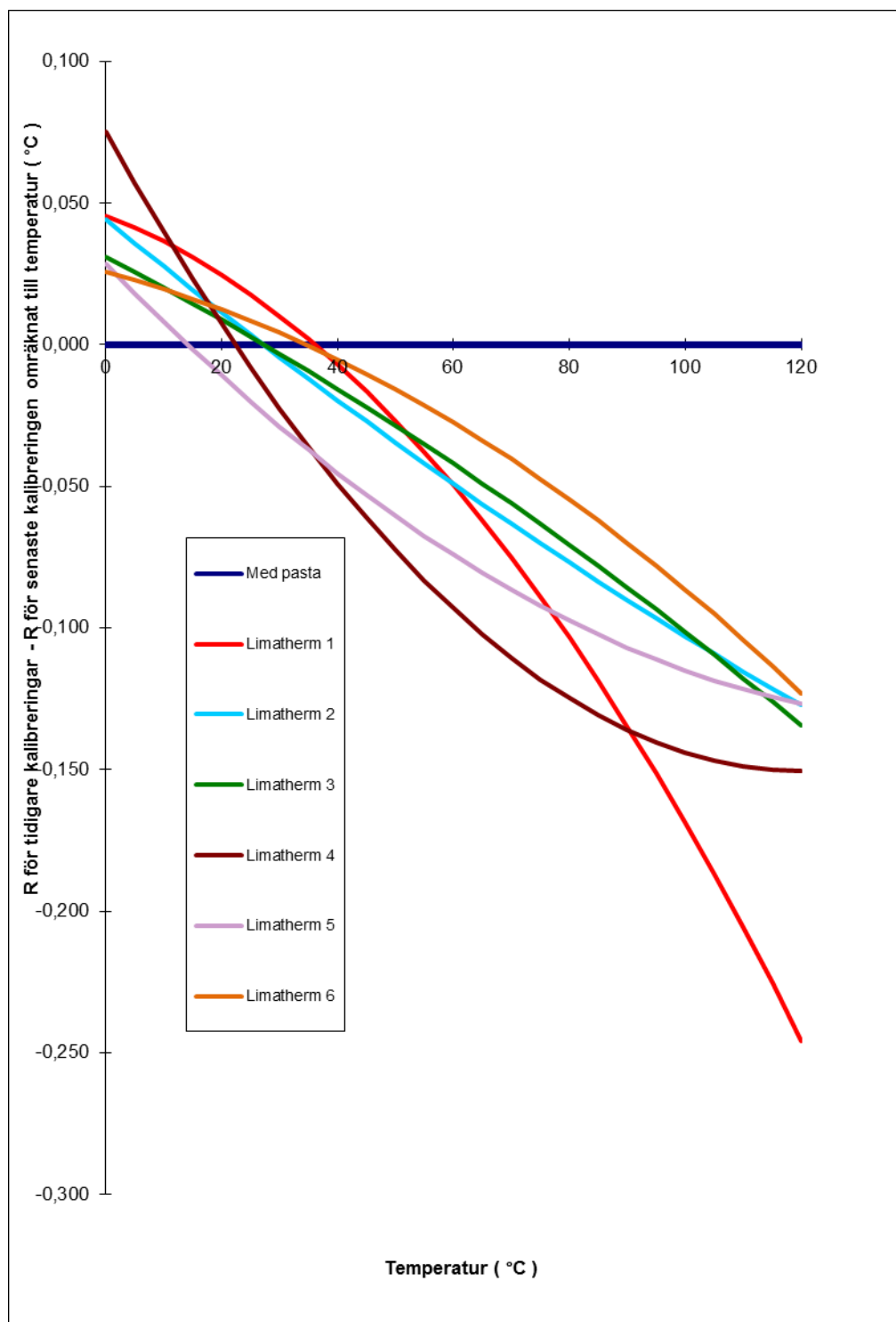
Vi kan se att det skiljer mellan 0,25 °C och några tusendels grader för de olika givarna med och utan värmeledande pasta vid 120 °C. Eftersom det är den temperatur som avviker mest från rumstemperatur vid detta test så är det också här vi ser de största skillnaderna.



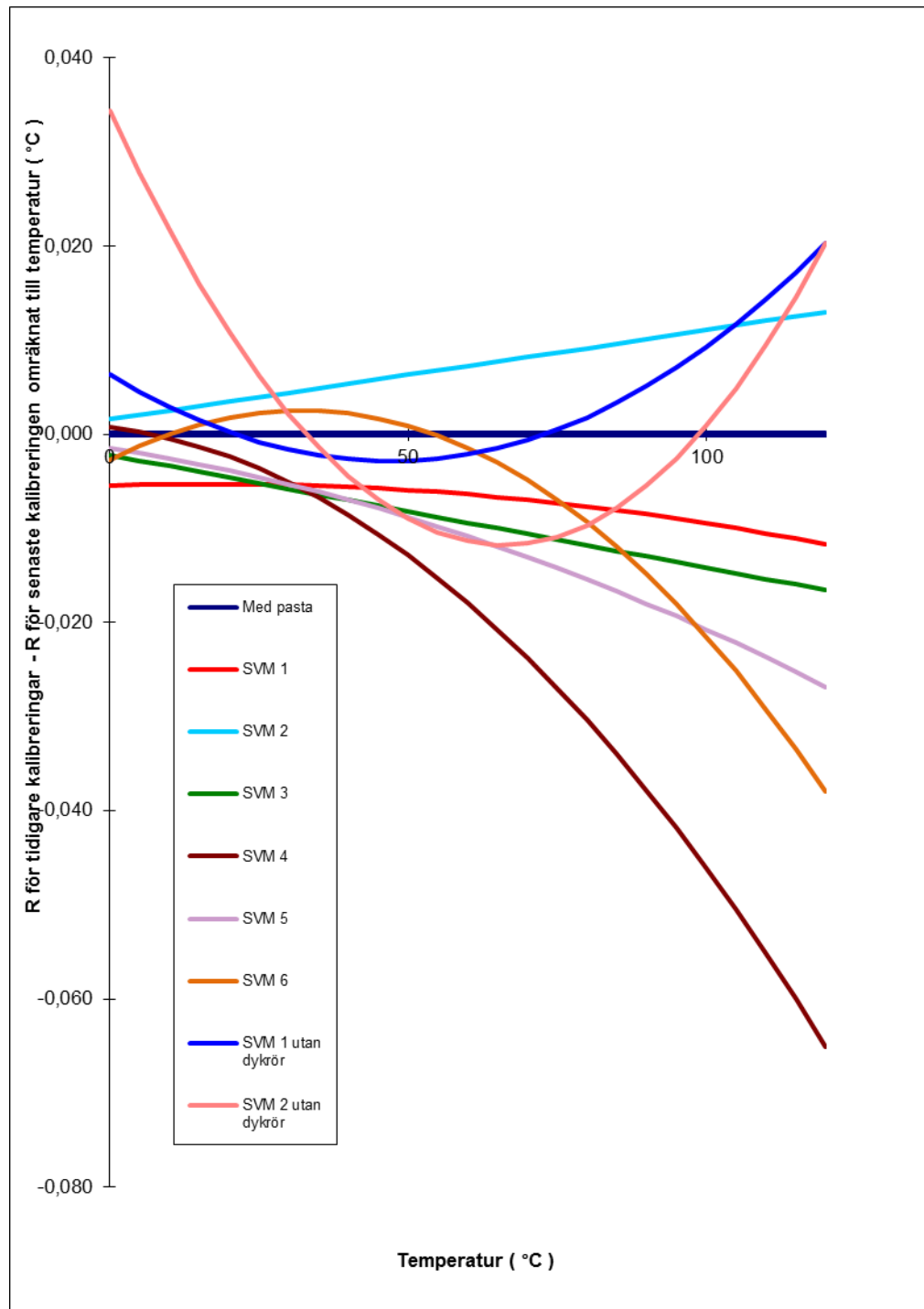
Figur 14. Skillnad i uppmätt temperatur för sex stycken Jumogivare med och utan värmeledande pasta i dykrör



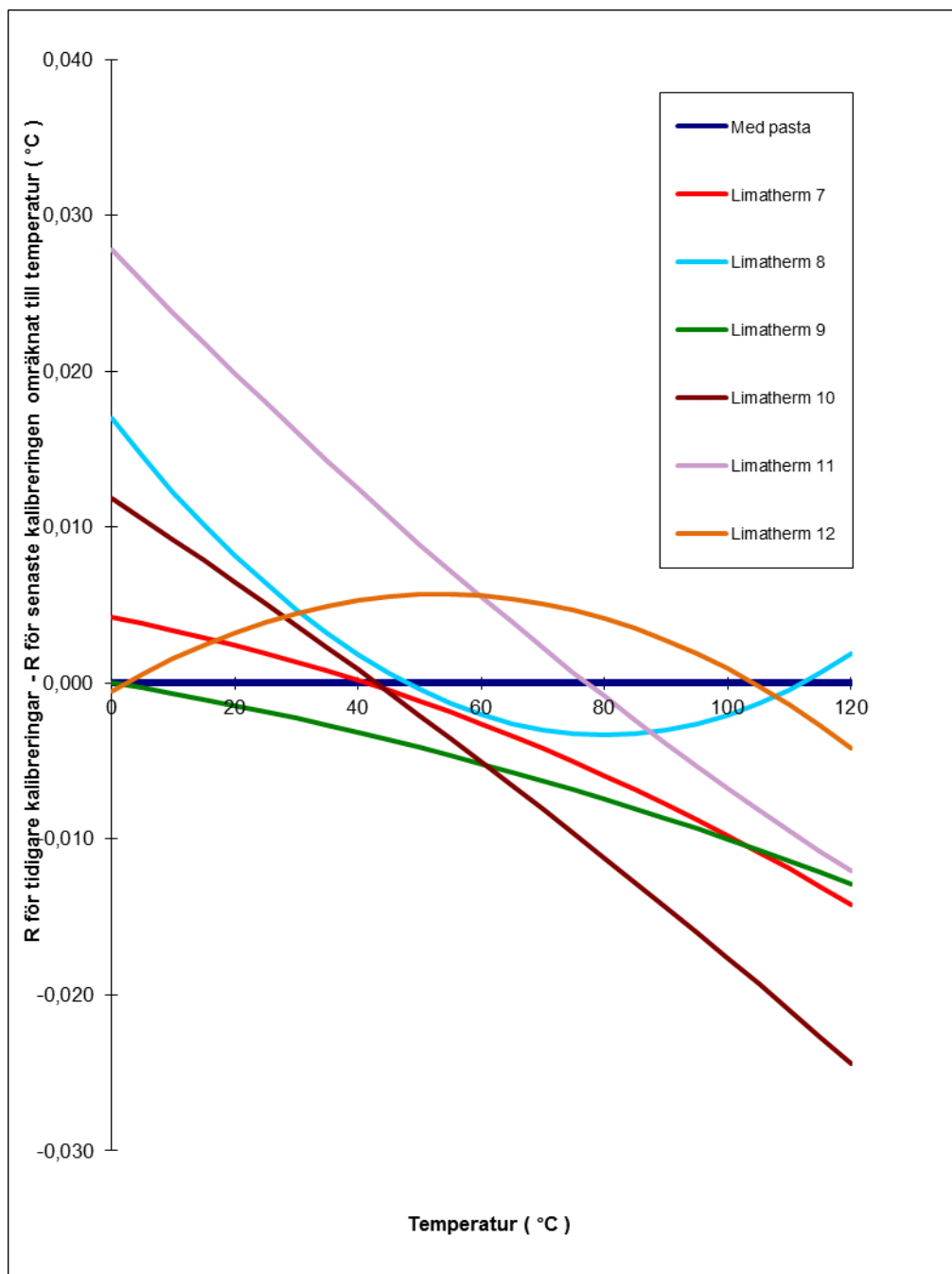
Figur 15. Skillnad i uppmätt temperatur för sex stycken kamstrupgivare med och utan värmeledande pasta i dykrör



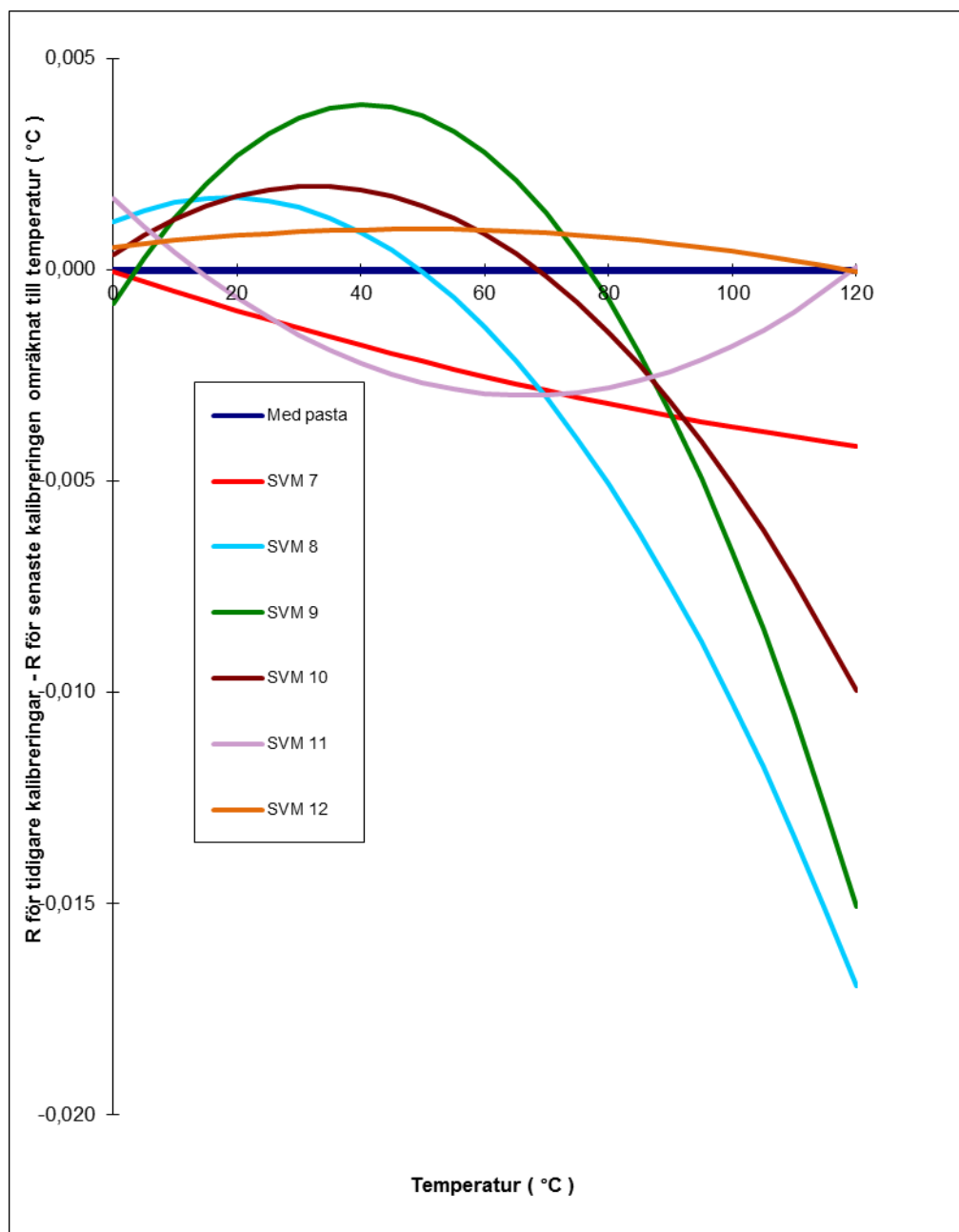
Figur 16. Skillnad i uppmätt temperatur för sex stycken Limathermgivare med och utan värmeledande pasta i 85 mm dykrör



Figur 17. Skillnad i uppmätt temperatur för sex stycken SVM-givare med och utan värmeledande pasta i 85 mm dykrör. Två av givarna har även mätts upp utan dykrör.



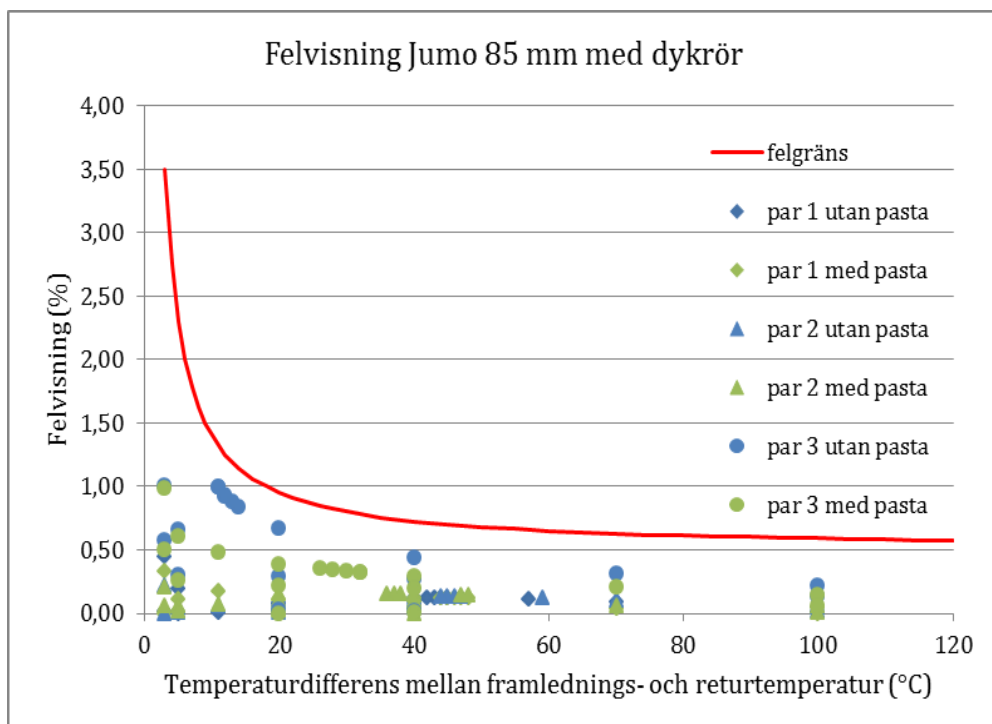
Figur 18. Skillnad i uppmätt temperatur för sex stycken Limathermgivare med och utan värmeledande pasta i 120 mm dykrör



Figur 19. Skillnad i uppmätt temperatur för sex stycken SVM-givare med och utan värmeledande pasta i 120 mm dykrör

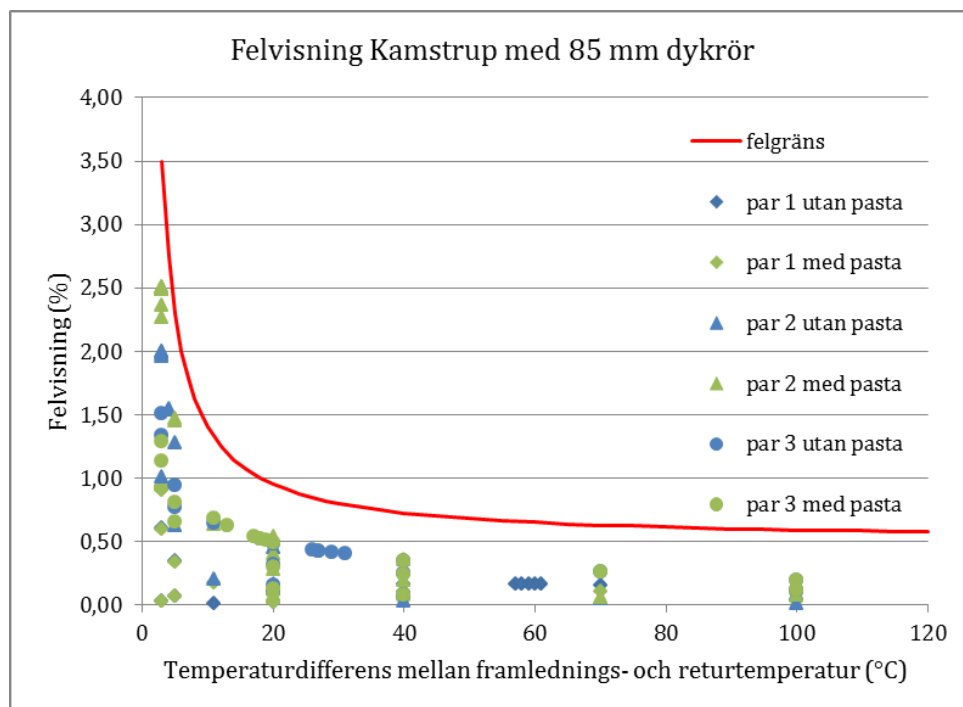
Vad gäller givarnas noggrannhet så finns det flera saker att ta hänsyn till. I den applikation som givarna är tänkta att användas så används de som ett par, det vill säga att en av givarna mäter framledningstemperaturen och den andra returtemperaturen. Det är alltså skillnaden i temperatur snarare än den absoluta temperaturen som är viktigast att de mäter korrekt. Det betyder alltså att det viktigaste är att givarna mäter på ett likvärdigt sätt snarare att de mäter helt rätt temperatur. Därför har givarnas felvisning utvärderats både som enskilda givare och som par enligt standard SS-EN 1434. Vad gäller Limathermgivarna så framgick det inte vilken av de två givarna som avsågs vara framledningsgivare respektive returgivare, så det är slumpmässigt valt. Vad gäller de övriga modellerna så har det framgått av märkningen vilken som avses vara framlednings- respektive returgivare.

Nedan presenteras ett diagram för var och en av givarmodellerna där givarna utvärderats som par med och utan värmeledande pasta i dykrören (se figur 20-25). Denna beräkning har gjorts med samma mätvärden som ligger till grund för hur givarna utvärderats enskilt. Felgränsen i diagrammen är den felgräns som SS-EN 1434 anger och den minsta temperaturdifferensen är 3 °C mellan framlednings- och returtemperatur och den största differensen är 100 °C. 3 °C är det minsta värde som mätinstrumentdirektivet anger. Det som redovisas är de punkter där den största felvisningen fås, vilket inte behöver vara samma punkter för givarparen med och utan pasta. Förutom de fem mätpunkter där felvisningen är som störst så presenteras också felvisningen för ett antal temperaturkombinationer, som motsvarar de mätpunkter som SS-EN 1434 föreskriver för integreringsverk. Den redovisade felvisningen är i samtliga fall absolutvärdet.



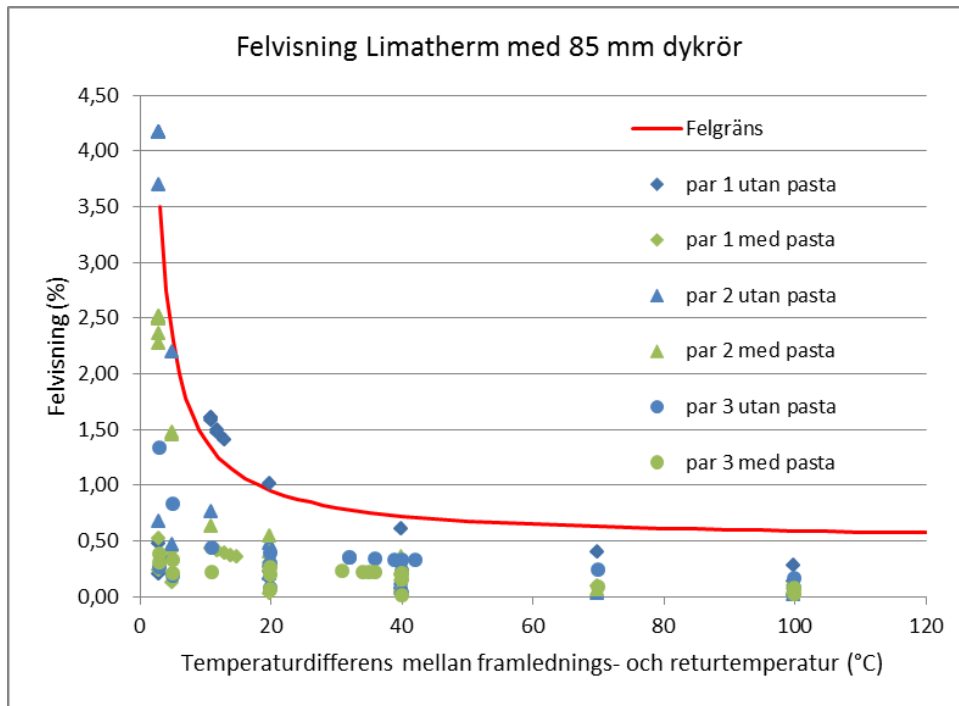
Figur 20. Felvisning hos 3 temperaturgivarpar av fabrikat Jumo i 85 mm dykrör

Eftersom samtliga punkter ligger under felgränsen för Jumo-givarna, så betyder det att dessa givare skulle anses godkända vid en kontroll enligt SS-EN 1434 även om givarna uppmättes i dykrör. Även om givarna alltså mäter något annorlunda i dykrör utan pasta så mäter de båda givarna i paret ungefär lika mycket fel, och därför blir de tre givarparen godkända med avseende på noggrannhet både när de mättes med pasta och utan pasta i dykröret. Man kan dock se i figur 20 att de punkter som ligger närmast felgränsen är när givarparen mäts upp utan pasta i dykröret.



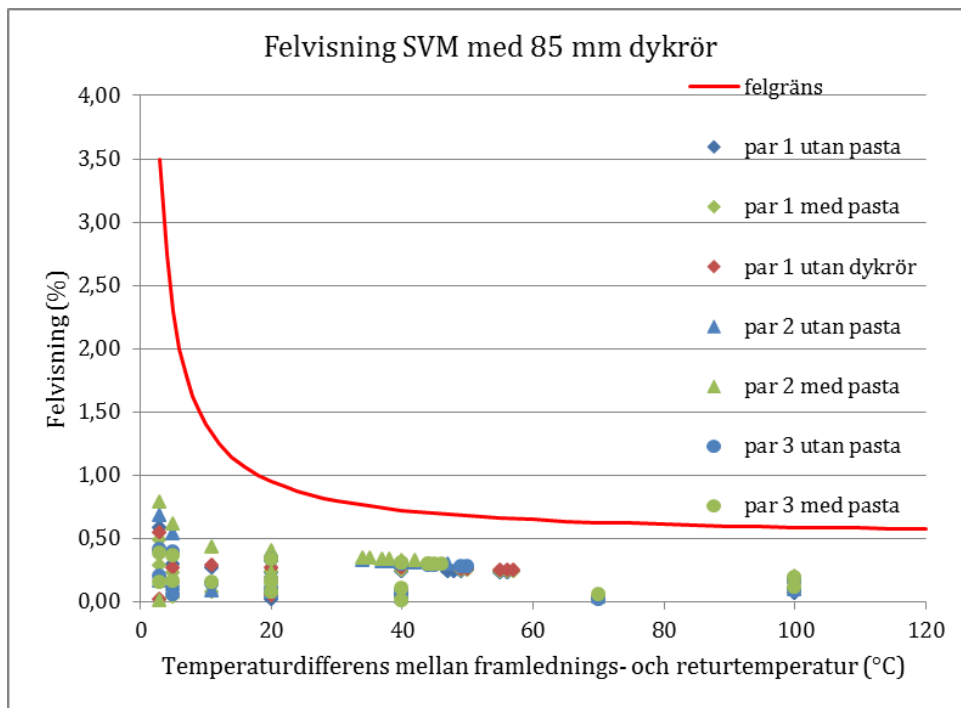
Figur 21. Felvisning hos 3 temperaturgivarpar av fabrikat Kamstrup i 85 mm dykrör

Vad gäller Kamstrup-givarna i figur 21 så syns ingen signifikant skillnad mellan mätningarna med pasta och utan pasta och samtliga tre givarpar skulle ha blivit godkända vid en kontroll enligt SS-EN 1434, oavsett om de mätts upp i dykrör med eller utan värmeledande pasta.

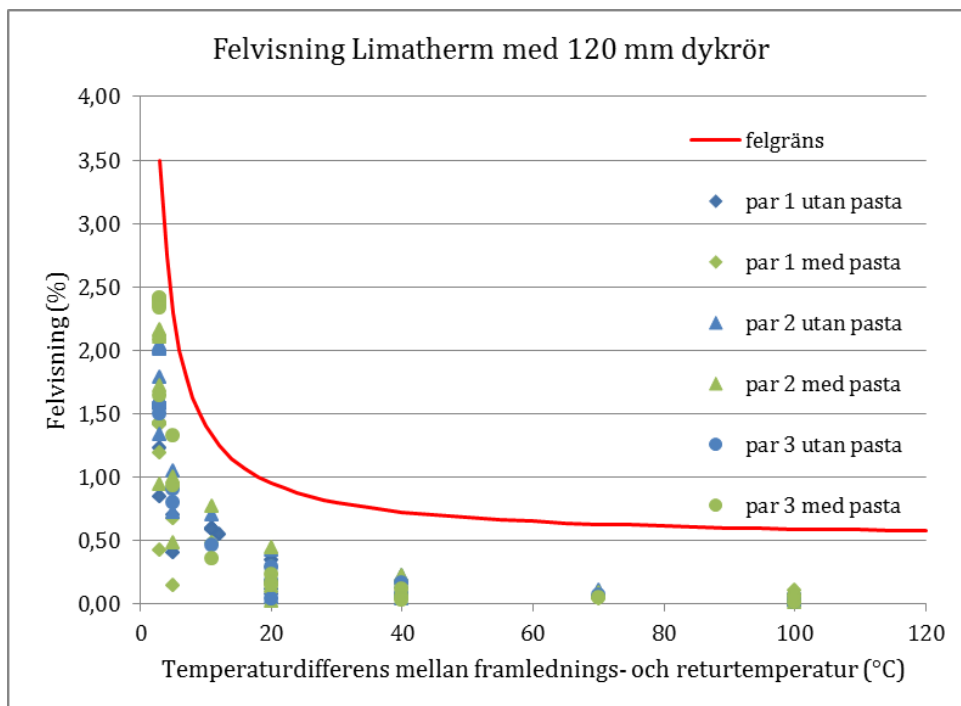


Figur 22. Felvisning hos 3 temperaturgivarpar av fabrikat Limatherm i 85 mm dykrör

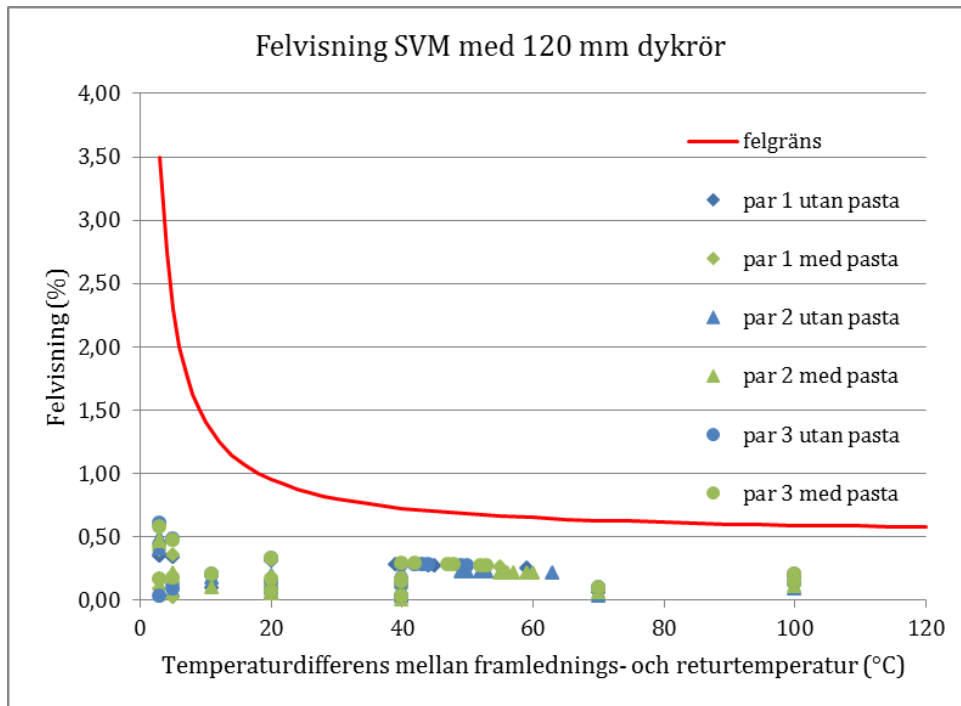
Vad gäller Limatherm-givarna i figur 22 så kan vi med hjälp av figuren konstatera att två av tre givarpar hade blivit underkända vid en kontroll enligt SS-EN 1434 eftersom felvisningen hamnar utanför felgränsen. Man ser också tydligt att felvisningen för givarparen generellt hamnar närmare felgränsen när värmeledande pasta inte använts i dykrören.



Figur 23. Felvisning hos 3 temperaturgivarpar av fabrikat SVM i 85 mm dykrör



Figur 24. Felvisning hos 3 temperaturgivarpar av fabrikat Limatherm i 120 mm dykrör



Figur 25. Felvisning hos 3 temperaturgivarpar av fabrikat SVM i 120 mm dykrör

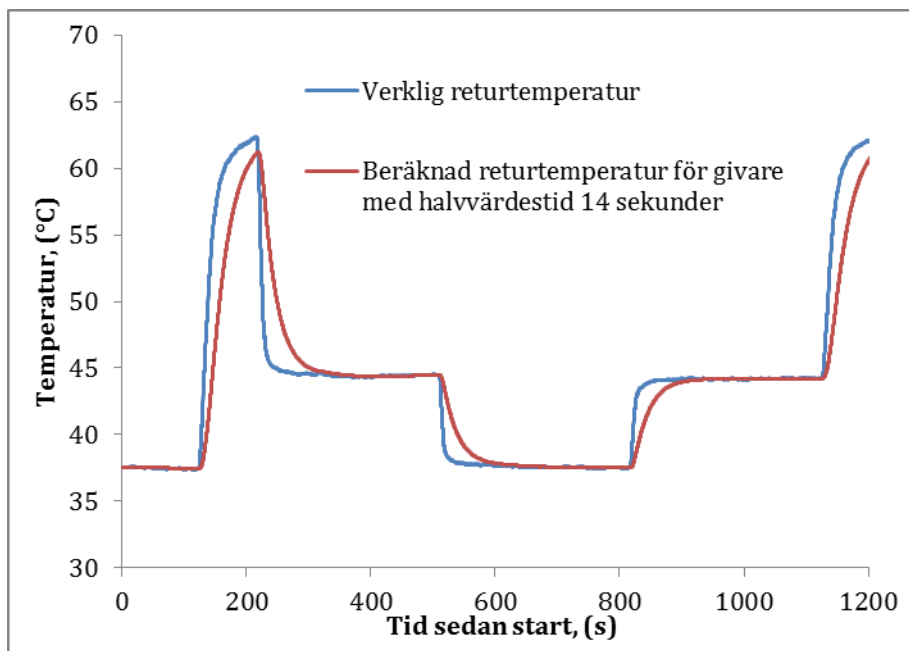
För SVM-givarna kan vi se att de ligger klart under felgränsen oavsett om värmeledande pasta använts i dykrören eller inte. För de korta SVM-givarna har också par 1 utvärderats helt utan dykrör.

Vad gäller de långa Limatherm-givarna så kan vi se i figur 24 att de också ligger under felgränsen och alltså är godkända enligt SS-EN 1434. Till skillnad från de kortare Limatherm-givarna kan vi inte se någon signifikant skillnad mellan resultaten med värmeledande pasta och utan.

6 BERÄKNING AV DRIFTSFALL

En enkel beräkning på hur stor effekt det skulle ha om man har ett av givarparen i testet i dykrör utan värmeledande pasta för en uppmätning av energi av en värmemätare har gjorts. Testet som beräkningen har genomförts på är enligt Svensk Fjärrvärmes tekniska bestämmelser för certifiering av fjärrvärmecentraler F:103-7 [10] provpunkt 5.2 för småhuscentraler, alltså med radiatorlast och dynamisk varmvattenlast. Den sekvens som beräkningen rör har följande varmvattenflöden och tider: 0,2 l/s 100s - 0 l/s 100s - 0,1 l/s 300s - 0,2 l/s 300s - 0,1 l/s 300s - 0 l/s 100s.

Den beräkning som har gjorts utgår från uppmätning i en testrigg på ett verkligt test av en fjärrvärmecentral. Vi har endast använt underlaget för temperaturen på framlednings- och retur-vatten samt det uppmätta flödet för fjärrvärmevattnet. Sedan har halvvärdestidsbestämningen från en av givarna i projektet använts för att beräkna hur returtemperaturen skulle uppmäts av sagda givare. Se figur 27. Före registrering av förloppet har varmvattenkretsen varit i drift för att uppnå ett stationärt driftstillstånd. För den genomförda beräkningen antas att givarnas utsignal kan beskrivas med en enkel exponentialfunktion, vilket är en approximation av givarens verkliga beteende.



Figur 27. Verklig och beräknad returtemperatur för ett driftsfall

Med hjälp av detta kan man sedan beräkna den uppmätta energin av en värmemätare med en givare som i exemplet som använts i dykrör utan värmeledande pasta för att

mäta returtemperaturen. I detta fall är framledningstemperaturen relativt konstant, så ingen beräkning på eventuell fördröjning i den mätningen har gjorts.

Temperaturen hos den beräknade givaren är ibland högre än den verkliga och ibland lägre, eftersom den behöver längre tid för att stabilisera sig vid varje förändring. Detta medför att värmemätaren skulle mäta upp mindre levererad energi i vissa sekvenser och i andra sekvenser så skulle den mäta upp mer levererad energi än den verkliga om den mätte returtemperaturen med exempelgivaren. Så i viss mån så skulle det ta ut vartannat. Men eftersom energiberäkningen även beror på det flöde som passerar värmemätaren vid ett visst givet tillfälle, så påverkar dessa temperaturskillnader ändå energimätningen som värmemätaren skulle ha gjort.

Om man tittar på segmentet mellan 120 och 220 sekunder i figur 27 så ser man att returtemperaturen ökar. Skillnaden i beräknad energi mellan de två olika alternativen på returtemperaturen är för det här segmentet ca 10 %. I vårt fall så har vi en framledningstemperatur på 100 °C. Om den istället hade varit 65 °C så hade fördröjningen i temperaturmätningen gjort en skillnad på ca 58 % för samma segment. Totalt för hela sekvensen i detta exempel blir skillnaden i uppmätt energi endast 0,2 %.

Liknande beräkningar har också gjorts för driftsfall utan radiatorlast, alltså med endast varmvattenförbrukning, enligt Svensk Fjärrvärmes tekniska bestämmelser för dynamisk funktionskontroll av värmemätare för småhus, F:111 provpunkt 3.2. Den sekvens som beräkningen rör har följande varmvattenflöden och tider: 0 l/s 300s -0,2 l/s 30s -0 l/s 300s.

Exempelgivaren är samma som i föregående beräkning och har alltså en halvvärdestid på 14 sekunder. I de fallen blir den beräknade skillnaden i hur stor energi man mäter upp i storleksordningen 10 %. Genomgående så blir det för det här driftsfallet så att man mäter upp mindre energi än den levererade med en långsammare givare eftersom flödet i fjärrvärmekretsen går ner till noll innan temperaturgivaren har hunnit registrera hela förloppet.

7 SLUTSATSER

Av de mätningar som presenterats i denna rapport kan vi dra slutsatsen att om man använder temperaturgivare i dykrör så gör värmeledande pastas vara eller icke vara en skillnad på resultatet både med avseende på reaktionstid och på noggrannhet. Hur stor den skillnaden är beror bland annat på givarens konstruktion och passform i dykröret. Vi kan konstatera att två av tre kontrollerade givarpar av en modell inte uppfyllde kraven i SS-EN 1434 vad gäller felvisning utan pasta i dykröret, se figur 23. Men den mest intressanta frågan är om skillnaderna som uppmäts här har en avgörande betydelse för mätningarnas riktighet i praktiken.

Eftersom dykrör används för att förenkla bortmonteringen av givaren utan att behöva tömma ur vatten ur någon sektion på fjärrvärmenätet så kontrolleras de normalt inte med sina dykrör. Det gör att den felvisning som uppstår pga. användning med dykrör utan värmeledande pasta inte heller fångas upp vid kontrollen, utan blir ett direkt fel i mätningen.

Både mätfel och onödigt långsamma anpassningstider för givarna kan leda till ett system där det är svårt att få den effektivast möjliga regleringen, med onödiga förluster som följd.

Den del av fjärrvärmenätet som utsätts för snabbast förändringar i temperatur är de värmemätare som sitter hos enskilda villaägare. Vid snabba mätförlopp, som när man tappar varmvatten i en villa, finns risk att avsaknad av värmeledande pasta leder till onödiga mätfel. Tidigare så fanns ett krav på temperaturgivare för värmemätare i Sverige att de ska ha en halvvärdestid lägre än 10 sekunder [9]. Detta krav togs bort i samband med harmonisering mellan europeiska regelverk när standard SS-EN 1434 började gälla. Det är alltså i nuläget ersatt av kravet att man vid typprovning ska kontrollera tillverkarens egen uppgift om halvvärdestid.

Principen för att mäta energi levererad genom fjärrvärme är att mäta vattenflödet och med täta intervall multiplicera detta med temperaturdifferensen mellan framlednings- och returledningarna. Vid tappning av varmvatten i till exempel en villa så kan returtemperaturen sjunka snabbt. Om givarens temperaturändring då är relativt långsam så kommer den temperaturdifferens som integreringsverket mäter upp att vara mindre än den verkliga. Visserligen så kommer givaren att nå mer eller mindre rätt temperatur så småningom, men då kanske flödesmätare mäter upp litet eller inget flöde. Den här eftersläpningen hos temperaturgivarna leder då till att man mäter upp och debiterar för mindre energi än vad som levererats.

De beräkningar som gjorts visar att det för vissa driftsfall rör sig om i storleksordningen 10 % fel i energimätningen. Detta visar att rekommendationer om användning av värmeledande pasta i dykrör och eventuellt också maximala halvvärdestider behövs, både nationellt och internationellt.

Som fortsättning på det här projektet så vore det intressant att både räkna mer noggrant på och mäta upp hur stor skillnaden blir i uppmätt energi för en värmemätare med temperaturgivare i dykrör med eller utan värmeledande pasta för

olika driftsfall. En annan fråga är hur långtidseffekterna med pastan blir. I vissa fall så torkar pastan efter ett antal år och frågan är vad som händer med temperaturmätningen i sådana fall.

8 REFERENSER

- [1] Fahlén, P., Värmemätning i vätskesystem, Stockholm: Bygghälsningsrådet, 1992, R13:1992
- [2] Fahlén, P., Temperaturmätning i vätskeflöden, Borås: SP Technical Research Institute of Sweden, 1987, SP-AR 1987:30
- [3] Fahlén, P., Temperatur- och tryckgivare i rörbunda flöden, Stockholm: STF Ingenjörsutbildning, 1987, 1479b
- [4] Adunka, F., Wärmemessung, Essen: Vulkan-Verlag, 1984.
- [5] Ehinger, K., Flach, D., Gellrich, L., Horlebein, E., Huck, R., Ilgner, H., Kayser, T., Müller, H., Schädlich, H., Schüssler, A., and Staab, U., Practices for Industrial Temperature Measurements, Publisher City: ABB Automation Products GmbH, 2008, pp. 82-130.
- [6] Värmemätare Tekniska bestämmelser F:104, Stockholm: Svensk Fjärrvärme, 2008
- [7] Svensk standard SS-EN 1434, SIS Förlag, 2007
- [8] Svensk standard SS-EN 60751, SIS förlag, 2009
- [9] Boverkets författningssamling BFS 1994:26, VOV 1
- [10] Certifiering av fjärrvärmecentraler tekniska bestämmelser F:103-7, Stockholm: Svensk Fjärrvärme, 2009

bilaga 1 – Halvvärdestider

Tabell 3. Halvvärdestid för givare SVM6. Mellan varannan mätning har givaren tagits ut dykfickan och sedan monterats tillbaka.

Mätning	utan pasta (s)
1	6,93
2	6,79
3	8,74
4	8,63
5	8,87
6	8,15
7	7,31
8	7,19
9	7,22
10	7,33
11	7,41
12	7,32
13	6,90
14	6,87
15	6,95
16	6,87
17	7,25
18	7,32
19	7,07
20	7,05
21	7,07
22	6,97

Tabell 4. Medelvärde av halvvärdestid för samtliga givare med och utan värmeledande pasta i dykröret, samt för vissa givare helt utan dykrör.

Givare	utan pasta (s)	med pasta (s)	utan dykrör (s)	Halvvärdestid angivet av tillverkare (s)
Jumo1	18,48	8,26	4,28	12
Jumo2	15,94	8,82		
Jumo3	15,79	6,82		
Jumo4	16,70	7,41		
Jumo5	17,37	6,81		
Jumo6	14,09	8,06		
Kamstrup1	12,06	4,78	4,38	8
Kamstrup2	13,03	5,51		
Kamstrup3	10,66	5,41		
Kamstrup4	10,35	4,10		
Kamstrup5	9,12	4,74		
Kamstrup6	11,68	5,77		
Limatherm1	15,43	9,36	3,59	18
Limatherm2	14,49	6,03		
Limatherm3	14,57	6,52		
Limatherm4	13,61	6,55		
Limatherm5	15,60	6,30		
Limatherm6	13,79	5,95		
SVM1	6,46	2,26		Ca 2 (Ur graf)
SVM2	6,54	2,34		
SVM3	7,19	2,31		
SVM4	7,67	2,47		
SVM5	8,37	2,38		
SVM6	7,37	2,37	0,93	
Limatherm7	19,57	6,98	4,03	18
Limatherm8	15,98	5,77		
Limatherm9	16,42	7,42		
Limatherm10	16,24	7,94		
Limatherm11	14,91	6,01		
Limatherm12	13,68	6,12		
SVM7	6,72	2,55		Ca 2 (Ur graf)
SVM8	6,85	2,42		
SVM9	7,30	2,25		
SVM10	7,59	2,44	1,17	
SVM11	8,89	3,04		
SVM12	7,04	2,56		

TEMPERATURMÄTNING I VÄTSKEFLÖDEN

Fjärrvärmesystemet är ett trögt system där behovet av att göra snabba temperaturmätningar inte har varit i fokus. Det har tidigare handlat om att se om installationerna för mätning och själva energimätningen gjorts på ett korrekt sätt.

De resultat som här presenteras är mycket värdefulla till exempel för effektstyrning. Högupplöst data kommer i en mycket större utsträckning att finnas tillgängliga vilket ökar kraven på snabbare mätning. Det är just då som värmeledande pasta ger en snabbare och säkrare mätning.



FORSKNING SOM STÄRKER FJÄRRVÄRME OCH FJÄRRKYLA, uppmuntrar konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapar resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem. Kunskap från Fjärrsyn är till nytta för fjärrvärmeföretagen, kunderna, miljön och samhället i stort. Programmet, som drivs av Energiforsk AB, finansieras av Energimyndigheten tillsammans med fjärrvärmebranschen och omsätter cirka 20 miljoner kronor om året. För mer information om projekt, resultat och ny kunskap från forskningen: www.fjarrsyn.se