

Rapport

Permanent overvågning af varmemålere via datastyret driftsovervågning

Udført for Kamstrup A/S

Projektnr.: E820036

Side 1 af 22

3 annekser

18. oktober 2004

DELTA

Dansk Elektronik,
Lys & Akustik

Venlighedsvej 4
2970 Hørsholm
Danmark

Tlf. (+45) 72 19 40 00
Fax (+45) 72 19 40 01
www.delta.dk



Titel Permanent overvågning af varmemålere via datastyret driftsovervågning

Testemne Varmemålere type MULTICAL[®] og ULTRAFLOW[®]

Projektnr. E820036

Testperiode November 2003 - August 2004

Klient Kamstrup A/S
Industrivej 28, Stilling
8660 Skanderborg

Telefon +45 8993 1000
Fax +45 8993 1001

Kontaktperson Søren Lang

Producent Kamstrup A/S

Specifikationer EN 1434 and MDIR 07.01-01

Felttestområde Hovedgaard Fjernvarmeværk, 8732 Hovedgaard


Resultat Resultaterne viste, at permanent driftsovervågning var i stand til at registrere fejl på flowmåler og temperatursensorer inden for de i projektet fastlagte grænser

Testpersonale Værkets tekniker:
Peter Juhl Skovgård, Hovedgaard Fjernvarmeværk

Datahjemtagning:
Tomas Skjærris, Kamstrup A/S

Akkrediteret kalibrering:
Henning Hyldtoft Thomsen, Kamstrup A/S

Dato 18. oktober 2004

Projektleder 
Reiner B. Jensen, B.Sc.E.E.
DELTA

Indholdsfortegnelse		Side
1.	Indledning	4
2.	Projektgennemgang	5
2.1	Varmemålertype anvendt til test	5
2.2	Installationsforhold	5
2.3	Historisk gennemgang (se afsnit 4. for yderligere detaljer)	6
2.4	Acceptkriterier	6
2.5	Tidsinterval for dataaflæsning og validering	7
3.	Konklusion og erfaringer	8
3.1	Overordnet konklusion	8
3.2	Registrering af målere som ikke er installeret korrekt	8
3.3	Registrering af fejlmåling på måleinstallationer som blev manipuleret til at måle forkert	8
3.4	Laboratoriemålinger på udvalgte målere nedtaget i løbet af og efter projektets driftsovervågningsperiode	9
3.5	Driftsovervågning versus stikprøvekontrol eller anden form for laboratoriemålinger	10
3.5.1	Fordele og ulemper ved driftsovervågning	10
3.5.2	Fordele og ulemper ved stikprøvekontrol	10
3.6	Forhold som skal fastlægges før datastyret driftsovervågning kan igangsættes	11
4.	Teknisk projektgennemgang	12
5.	Teknisk gennemgang af selve dataregistreringen	13
6.	Resultat af hoved- og kontrolmåling for alle målere	14
7.	Gennemgang af de målere som specielt er observeret under projektet	15
7.1	Komplette varmemålere (reelle fejl)	15
7.2	Komplette varmemålere (manipulerede fejl)	17
7.3	Temperaturfølere (...reelle fejl)	17
7.4	Temperaturfølere (...manipulerede fejl)	19
8.	Dataobservationer sammenholdt med afsluttende kalibrering	21
	Anneks 1 Kalibreringsresultater (1 side)	
	Anneks 2 Kopi af Kamstrups DANAK-akkreditering (DANAK 268) (1 side)	
	Anneks 3 Databehandling (1 side)	

1. Indledning

Denne rapport beskriver et felttestforløb, der afdækker de tekniske muligheder for, at fjernvarmeleverandører kan anvende datastyret driftsovervågning som kontrolsystem¹ for at de idriftværende varmemålere ikke overskrider driftskontrolgrænserne².

Felttesten blev gennemført i perioden januar 2004 til juni 2004, og i alt indgik 357 målerinstallationer i testen. Måledata fra de enkelte målerinstallationer blev centralt indsamlet hos Kamstrup, hvor de løbende blev beregnet og vurderet. I de tilfælde, hvor de løbende beregninger for en målerinstallation viste uforklarlige afvigelser, blev målerinstallationen gennemgået, og såfremt der blev konstateret uregelmæssigheder, blev disse registreret, og fejlen blev rettet. Under og efter testen blev udvalgte målere nedtaget til kontrolmåling. Disse målinger blev udført på Kamstrups DANAK-akkrediterede målerlaboratorium.

Med udgangspunkt i princippet om permanent overvågning ved hjælp af en kontrolmåler³, undersøges det, hvorvidt varmemålere kan kontrolleres i driftssituationen ved at sammenligne data fra 2 flowmålere og 3 temperaturfølere installeret i samme installation.

Det undersøges endvidere, hvorvidt en sammenbygget hoved- og kontrolmåler med fælles beregningsenhed kan anvendes som alternativ til separate hoved- og kontrolmålere.

Projektet er blevet initieret af Kamstrup A/S. Projektplan, projektomfang samt hvilke data der skulle registreres, og hvorledes de skulle beregnes, blev fastlagt i et samarbejde mellem Kamstrup A/S og DELTA. Kamstrup A/S var ansvarlig for selve projektafviklingen, og DELTA havde det overordnede tilsyn med, at projektet blev afviklet teknisk og fagligt forsvarligt. Ændringer af den oprindelige projektplan, som blev foretaget i løbet af projektforløbet, blev konfirmeret af DELTA inden de blev implementeret.

¹ Det gældende danske måletekniske direktiv MDIR 07.01-01, udg. 3 af 19/11-1997 omhandlende "Kontrolsystem for målere i drift" anvendes i dag næsten udelukkende som stikprøvesystem, mens permanent overvågning af varmemålere kun anvendes i særlige installationer.

² Driftskontrolgrænsen defineres som det dobbelte af de maksimalt tilladelige fejl ved førstegangsverifikation.

³ For elmålere er permanent overvågning beskrevet i BEK nr. 1147 af 15/12/2003 samt i FSK nr. 10003 af 01/02/1997. Tidligere var BEK nr. 54 af 23/01/1997 gældende på området.

2. Projektgennemgang

2.1 Varmemåler type anvendt til test

Til felttesten er det valgt at udføre fuldskalaforsøg (alle installationer i et fjernvarmeværk er medtaget i forsøget) for at sikre et acceptabelt statistisk grundlag for vurderingen. Der er derfor installeret 357 varmemålere i individuelle boliger/parcelhuse. Hver installation består af 1 stk. beregningsenhed type MULTICAL® 66-C med trådløs radioaf-læsning, 2 stk. ultralydsflowmålere type ULTRAFLOW® 65-S samt et følersæt med 3 udparrede Pt 500 følere af typen DS i henhold til EN 1434. Desuden er der anvendt kuglehaneventiler til montering af kontrolføler for temperatur (T3).

2.2 Installationsforhold

Under installationen er de 2 identiske ultralydsflowmålere monteret i henholdsvis frem- og returløb, tættest muligt på boligens hovedventiler til hovedledningen. De 2 temperaturfølere, der anvendes til energiberegningen, (T1 og T2) monteres vha. følerstudse direkte i flowmålerne. Kontrolføler for temperatur (T3) installeres i enten fremløbet eller i returløbet (se *fig. 1* og *fig. 2*), ligeligt fordelt på de 357 installationer.

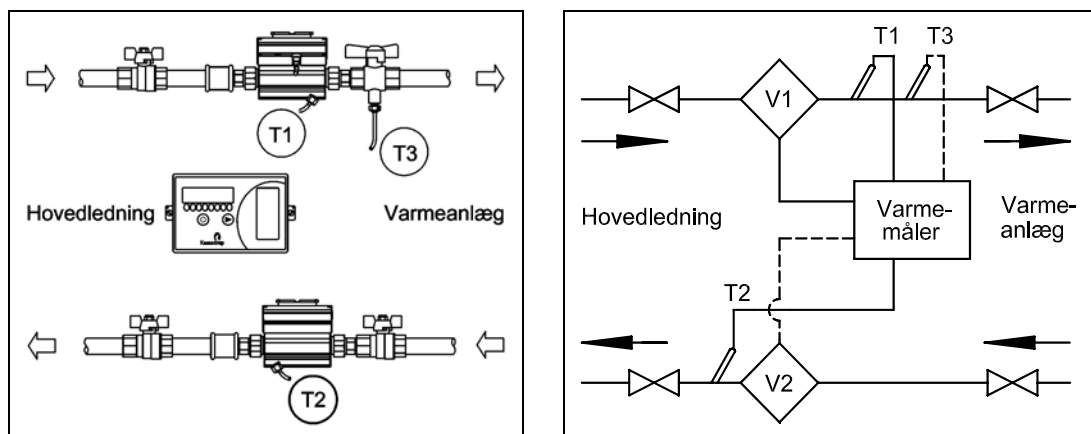


FIG. 1 Varmemålerinstallation med kontrolføler (T3) i fremløb

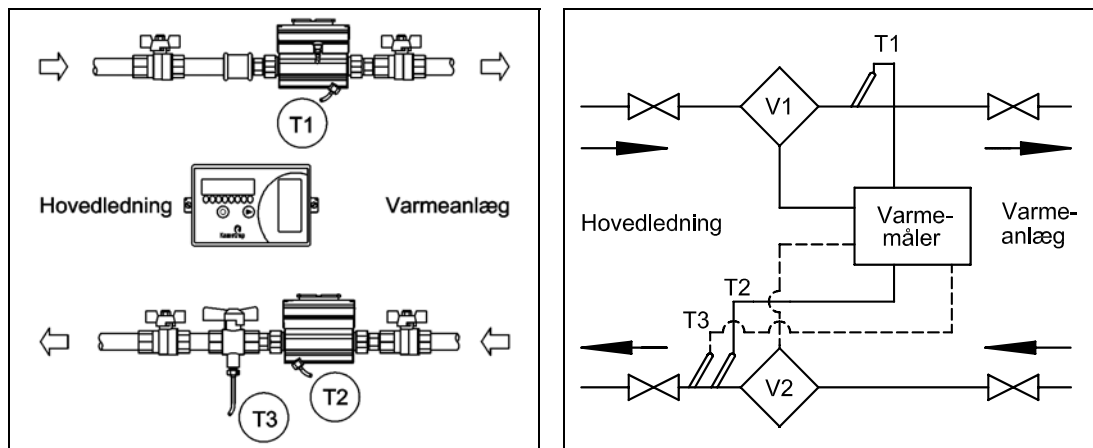


FIG. 2 Varmemålerinstallation med kontrolføler (T3) i returløb

De anvendte kuglehaneventiler med M10x1 følerstuds type DS og G $\frac{1}{2}$ procestilslutninger er type 90.9724 fra JUMO. Kontrolfølerne installeres ved flowmålerens udløb, hvormed afstanden fra hovedføler (T1 eller T2) til kontrolføler (T3) er mindst mulig. Da fjernvarmeinstallationer som oftest i praksis har uisolerede temperaturfølere, anvendes der ikke isolering omkring temperaturfølerne i dette projekt.

2.3 Historisk gennemgang (se afsnit 4 for yderligere detaljer)

Installationen af varmemålerne er delvist foretaget af værkets eget personale og delvist af aut. VVS-installatørfirma.

Datahjemtagning er foretaget af Kamstrup via trådløst radionetværk.

April 2003 - oktober 2003:	Installation af varmemålere
December 2003 - juni 2004:	Løbende datahjemtagning og datavalidering af samtlige målere
Marts 2004:	Reiner B. Jensen/DELTA foretager inspektion af 3 installationer
April 2004:	Peter Juhl Skovgård /Hovedgaard Fjernvarme udfører kontrolbesøg på 12 installationer
August 2004:	Kontrolmåling af 5 komplette varmemålere på DANAK-akkrediteret laboratorium
August/september 2004:	Udarbejdelse af rapport

2.4 Acceptkriterier

I henhold til MDIR 07.01-01, udg. 3 af 19/11-1997 må idriftværende varmemålere ikke overskride det dobbelte af de maksimalt tilladelige fejl ved førstegangsverifikation. Denne værdi kaldes i det efterfølgende "den maksimale driftsgrænse".

De i testen anvendte varmemålere er $< 3 \text{ m}^3/\text{h}$, hvorved den maksimale driftsgrænse i henhold til MDIR 07.01-01 afsnit 6.3.2 er op til $\pm 12\%$, svarende til at forskellen mellem energiberegningen i hoved- og kontrolmåler ikke må overskride $\pm 12\%$. Under hensyntagen til de erfaringer, der er opnået gennem projektet (se *afsnit 8*), vælges det dog at reducere denne grænse til $\pm 8\%$.

Ved vurdering af resultaterne af forskellen mellem kontrolføler for temperatur (T3) og henholdsvis frem- eller returfølerne, fastsættes en driftsgrænse på $\pm 0,5 \text{ K}$ ⁴, idet den typiske temperaturdifference er $\geq 30 \text{ K}$ for alle installationerne. Da kontrolmåling af temperatur er betinget af den termiske kobling, som vandflowet frembringer, fastsættes der en nedre grænse svarende til q_i , hvilket for den anvendte målerstørrelse $q_p 1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ er 15 l/h . Kontrolmålinger foretaget ved et aktuelt vandflow $< q_i$ anvendes ikke til validering.

	Driftsgrænse
Komplet varmemåler	$\pm 8\%$
Kontrolføler for temperatur (T3)	$\pm 0,5 \text{ K}$

Under valideringen af de hjemkomne data i perioden december 2003 - juni 2004, er det valgt at foretage speciel observation af alle installationer, der udviser mere end $\pm 4\%$ forskel mellem hoved- og kontrolmåler på varmeenergien og $\pm 0,5 \text{ K}$ på temperaturdifferencen.

2.5 Tidsinterval for dataaflysning og validering

For de mindste og bedst isolerede parcelhuse i forsøgsområdet forventes der selv i fyringssæsonen forbrug ned til 100 kWh/uge . Hvis der som minimum skal opnås en aflæsningsusikkerhed på 1% (set i forhold til målerens energiopløsning på 1 kWh), skal aflæsningsintervallet være mindst 1 uge. Ved længere aflæsningsintervaller vil aflæsningsusikkerheden reduceres, men evt. kortvarige afvigelser kan dermed forsvinde i gennemsnitsberegningen, foruden at de aktuelle aflæsninger af temperatur og flow ikke vil blive foretaget hyppigt nok til at give et tilstrækkeligt statistisk grundlag.

Der fastsættes derfor et aflæsningsinterval på min. 1 uge og max. 2 uger. Uden for fyringssæsonen vil det dog være nødvendigt med mindst 1 måneds interval for at opnå en acceptabel aflæsningsusikkerhed.

Ved fremtidig permanent overvågning af hoved- og kontrolmåling, anses mindst 4 årlige datahjemtagninger og datavalideringer for tilstrækkeligt.

⁴ Den maksimalt tilladelige fejl for temperaturfølersæt i henhold til EN 1434-1 (9.2.2.2) er ved $\Delta\Theta=30\text{K}$:
 $E_t = \pm(0,5 + 3\Delta\Theta_{\min}/\Delta\Theta) = \pm(0,5 + 3 * 3\text{K}/30\text{K}) = \pm 0,8 \% = \pm 0,24\text{K}$. Dette medfører, at den maksimale driftsgrænse er $2 * 0,24\text{K} \approx 0,5 \text{ K}$.

3. Konklusion og erfaringer

3.1 Overordnet konklusion

Resultaterne fra projektet viser, at den permanente driftovervågning var i stand til at registrere fejl på flowmåler og temperatursensorer inden for de i projektet fastlagte grænser. De fleste fejl var forårsaget af installationsfejl og fejl, som var indbygget i installationen for at verificere, at driftovervågningen effektivt registrerede fejlene. To installationer viste reelle fejl på flowmålerne, og den efterfølgende verifikation på laboratoriet viste en overensstemmelse på 1 til 1,5% i forhold til målerresultaterne fra driftovervågningen. Ved afslutning af projektet blev 5 installationer, som alle viste resultater inden for de fastlagte grænser, nedtaget og verificeret på laboratoriet. Verifikationen viste, at målerne lå inden for grænserne, og at der var en overensstemmelse mindre end eller lig 2% i forhold til målerresultaterne fra driftovervågningen

For flere detaljer se *afsnit 3.2 til 3.6*.

3.2 Registrering af målere som ikke er installeret korrekt

Driftovervågningen viste i den første periode efter opsætning, at 345 ud af de 357 installationer havde en forskel mellem de to målesystemer på mindre end 4%, mens 12 af de 357 installationer viste en forskel mellem de to målesystemer på mellem 4 og 6%. De 12 installationer med størst forskel blev kontrolleret og det viste sig ved:

- i 5 installationer var flowmålerne i henholdsvis frem- og returløb byttet om
- i 3 installationer var den elektriske tilslutning af volumen 1 og 2 i regneværket byttet om
- 1 installation var udført således, at varmtvandsbeholderens forbrug kun blev registreret af det ene målesystem.
- i 2 installationer kunne der ikke konstateres fejl i installationen. Flowmålerne blev udskiftet og de nedtagne blev kontrolmålt på laboratoriet. Se *afsnit 3.4*.

Se *afsnit 7.1* for flere detaljer.

3.3 Registrering af fejlmåling på måleinstallationer som blev manipuleret til at måle forkert

Generelt viste både energiregistreringen og temperaturmålingen i driftsperioden for små differencer mellem de to målesystemer til at eftervise, at måleinstallationerne kunne registrere fejl i målingen. Det blev derfor besluttet at manipulere det ene målesystem i forhold til det andet. Følgende måleinstallationer blev manipuleret og resultaterne var følgende:

- 1 målerinstallation, hvor flowmåleren i returløbet blev misjusteret i laboratoriet til at vise en fejl på ca. +5%. Fejlen blev registreret af opsamlingssystemet, og resultater kan ses på grafen i *afsnit 7.2*, som viser en overensstemmelse på ca. $\pm 1,5\%$ i forhold til den misjusterede flowmåler.
- af 5 målerinstallationer, hvor der var to temperatursensorer i returløbet, blev den ene manipuleret til at vise ca. 1,8 K for lidt.
- af 6 målerinstallationer, hvor der var to temperatursensorer i fremløbet, blev den ene manipuleret til at vise ca. 1,8 K for lidt.

I alle tilfælde kunne den manipulerede fejl registreres af opsamlingssystemet. Se grafen *fig. 7* vist i *afsnit 7.4*. På baggrund af resultater vist i *fig. 7*, *afsnit 7.4* og kendskabet til de modstande, som blev brugt til manipulationen, blev det beregnet, hvad forskellen ville være uden manipulation. Resultaterne kan ses på *fig. 8* i *afsnit 7.4* og viser en overensstemmelse mellem de to temperaturfølere på mindre end 0,25 K.

3.4 Laboratoriemålinger på udvalgte målere nedtaget i løbet af og efter projektets driftsovervågningsperiode

- To installationer viste ved en afvigelse på energien på henholdsvis ca. -4% og +5%. Der kunne ikke konstateres problemer med installationen, hvorfor flowmålerne (4 i alt) blev nedtaget og erstattet med nye verificerede flowmålere. Herefter viste opsamlingssystemet en forskel på mindre end 1% for begge installationer. De nedtagne flowmålere blev målt på laboratoriet, og resultaterne viste en overensstemmelse med resultaterne fra opsamlingssystemet på 1 til 1,5%. Opsamlingssystemet viste også, at det ene målesystem udviste en væsentlig større spredning på resultaterne end de andre målesystemer. Det viste sig ved visuel inspektion, efter kontrolmålingerne i laboratoriet, at der sad et lille stykke papir fastklemt i det ene målerørs indløb. Målinger efter at papiret var fjernet viste, at måleren igen havde den forventede stabilitet.
- For at eftervise, at installationer, som i hele driftsperioden viste resultater inden for de aftalte acceptgrænser (se *afsnit 2.4*), blev 5 installationer nedtaget og kontrolmålt. Kontrolmålingerne viste, at der var overensstemmelse inden for ca. 2%. Det er ikke muligt at få en bedre overensstemmelse, idet resultaterne fra datastyret driftsovervågning er baseret på de faktiske driftsforhold for installationen, som pga. forbrugsmønstret varierer over tid, samt fordi den ene flowmåler er placeret i fremløb og den anden i retur. Se også *afsnit 3.5*.

3.5 Driftsovervågning versus stikprøvekontrol eller anden form for laboratoriemålinger

3.5.1 Fordele og ulemper ved driftsovervågning

Fordele:

1. Der sker en løbende 100% kontrol af installationerne, og aktion kan tages, når systemet melder fejl
2. Kontrollen foregår ved de aktuelle driftsbetingelser og ikke i laboratoriet, hvor målebetingelserne kan være væsentlig forskellige fra driftsbetingelserne
3. Montagefejl under montage af installationen opdages
4. Systemet kan yderligere bruges til at registrere utætte vandrør mellem flowmåleren monteret i fremløb og den, der er monteret i returløbet
5. Kontrollen udføres, uden at installationen skal nedtages

Ulemper:

1. Eventuel drift i beregningsenheden vil ikke blive registreret
2. Hvis de to flowmålere, som er af samme fabrikat, type og størrelse driver i samme retning og med samme hastighed, vil det ikke blive registreret
3. Systemet har kun dobbelt temperaturfølere i enten fremløb eller i returløb. Såfremt halvdelen af en population monteres med to følere i fremløb og den anden halvdel med to følere i returløb, vil kontrolniveauet for den samlede population dog være markant bedre end ved stikprøvekontrol.
4. Driftsforholdene, hvor målerinstallationen skal anvendes, skal undersøges før opsætning. Det er nødvendigt at få fastlagt, hvor ofte man kan opsamle signifikante resultater, og hvad kriterierne er for opsamlede, men ikke signifikante resultater.

3.5.2 Fordele og ulemper ved stikprøvekontrol

Fordele:

1. Kontrollen foregår under måletekniske forhold, som er kontrolleret og godkendt af DANAK
2. Systemet er blevet brugt i Danmark i mange år

Ulemper:

1. Målere kan blive brugt til afregning i mange år uden at en eventuel drift bliver opdaget
2. Kontrollen bliver foretaget under måletekniske forhold, som ofte vil være væsentlig forskellige fra driftsforholdene
3. Installationen skal nedtages, for at der kan udføres kontrol
4. Der vil altid være en vis sandsynlighed for, at fejlede målere ikke findes, selv efter at der er foretaget stikprøvekontrol

3.6 Forhold som skal fastlægges før datastyret driftsovervågning kan igangsættes

Erfaringer fra projektet viser at følgende bør fastlægges inden igangsættelse:

- Datahjemtagning og vurdering af resultater skal håndteres af akkrediteret laboratoriepersonel
- Data, beregninger og record over korrigerende handlinger skal arkiveres i en nærmere fastsat periode
- Den anvendte software skal være underlagt kontrol af DANAK Akkreditering
- Aflæsningsinterval og acceptkriterier skal fastlægges af DANAK Metrologi

4. Teknisk projektgennemgang

Dato 2003/2004	
okt. 2003	Installation af målere afsluttes
nov. 2003	Etablering af radionetværk til automatisk dataaflysning
19. nov. 2003	Indledende projektmøde, planlægning af datahjemtagning og validering
7. jan.	<i>1. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
14. jan.	<i>2. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
18. jan.	På målernr. 4475394 indsættes en returløbsflowdel med simuleret fejl på ca. 5% (se certifikat 9012586 fra 16. jan 2004).
21. jan.	<i>3. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
28. jan.	<i>4. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
4. feb.	<i>5. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
11. feb.	<i>6. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
18. feb.	<i>7. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
25. feb.	<i>8. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
3. mar.	<i>9. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
10. mar.	<i>10. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
17. mar.	<i>11. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
24. mar.	<i>12. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
26. mar.	Projektmøde samt besøg ved installationerne 4399359, 4475340 og 4475368.
30. mar.	Installationen ændres ved målernr. 4475368, idet varmtvandsbeholder var tilsluttet før fremløbsmåler, hvormed varmtvandsforbruget ikke blev målt.
7. apr.	<i>13. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
13. apr.	Værkets tekniker tilslutter modstande/følere på 11 målere
14. apr.	<i>14. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
16. apr.	Værkets tekniker udfører service og fejlretning på 10 installationer
21. apr.	<i>15. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
28. apr.	<i>16. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
5. maj	<i>17. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
12. maj	<i>18. Dataaflysning og beregning af E2-E1 som funktion af tiden</i>
27. maj	<i>19. Afsluttende dataaflysning til beregning af E2-E1 i perioden 7. jan til 27. maj</i>
25. juni	Afsluttende projektmøde
2.-6. aug.	5 komplette målere, som i flg. dataaflysningerne har $E2 \cong E1$, nedtaget til kontrol i laboratoriet
11. aug.	Kalibrering af ovennævnte målere

5. Teknisk gennemgang af selve dataregistreringen

Under datahjemtagningen aflæses der følgende data fra hver enkelt varmemålerinstallation:

Kunde	Unikt ID-nummer for hver enkelt måler
Dato	Målerens dato ved aflæsning (fra målerens kalender/ur)
E1-E2 (=Energi)	Opsummeret varmeenergi til afregning (qp 1,5 m ³ /h har 1 kWh opløsning)
Vol 1 (=V1)	Opsummeret fremløbsvolumen til beregning af afregnet energi (qp 1,5 m ³ /h har 0,01 m ³ i opløsning)
m³tf	Opsummeret produkt af V1*T1 fremløbstemperatur (opløsning er m ³ *°C)
Vol 2 (=V2)	Opsummeret returløbsvolumen til kontrol, ikke afregning. (qp 1,5 m ³ /h har 0,01 m ³ i opløsning)
m³tr	Opsummeret produkt af V1*T2 returløbstemperatur (opløsning er m ³ *°C)
T1	Aktuel fremløbstemperatur med 0,01°C opløsning
T2	Aktuel returløbstemperatur med 0,01°C opløsning
T3	Aktuel kontroltemperatur med 0,01°C opløsning. Installeret enten ved T1 eller ved T2
Flow 1	Aktuelt vandflow på aflæsningstidspunktet i fremløb (qp 1,5 m ³ /h har hele liter/time i opløsning)

Som basis for datavalidering for permanent overvågning som hoved- og kontrolmåler, foretages der følgende beregninger af hvert perioderesultat for hver enkelt varmemålerinstallation:

E1_Beregnet	$= (V1_{new} - V1_{old}) * ((m^3tf_{new} - m^3tf_{old}) / (V1_{new} - V1_{old}) - (m^3tr_{new} - m^3tr_{old}) / (V1_{new} - V1_{old})) * k_{frem}$
E2_Beregnet	$= (V2_{new} - V2_{old}) * ((m^3tf_{new} - m^3tf_{old}) / (V1_{new} - V1_{old}) - (m^3tr_{new} - m^3tr_{old}) / (V1_{new} - V1_{old})) * k_{retur}$

Note 1: "new" = seneste aflæsning og "old" = sidste aflæsning. Tidsintervallet mellem new og old er 1-2 uger.

Note 2: Varmekoefficienterne k_frem og k_retur udføres som eksakte beregninger i henhold til EN 1434-1.

Med henblik på separat overvågning af temperaturfølere, udføres der følgende beregninger efter hver enkelt datahjemtagning:

T1-T3	= Fremløbstemperatur T1 - Kontroltemperatur T3 (Hvis Flow 1 < qi sættes T1 - T3 = 0)
T2-T3	= Returløbstemperatur T2 - Kontroltemperatur T3 (Hvis Flow 1 < qi sættes T2 - T3 = 0)

6. Resultat af hoved- og kontrolmåling for alle målere

Ved sammenligning af E2_beregnet med E1_beregnet kan der opnås et overblik på forskellen mellem kontrol- og hovedmålere for samtlige installationer.

Resultatet er følgende fordeling:

- 0% ≤ E2-E1 < ± 2%: 317 Installationer (84% af populationen)
- ± 2% ≤ E2-E1 < ± 4%: 35 Installationer (14% af populationen)
- E2-E1 ≥ ± 4%: 5 Installationer (2% af populationen)

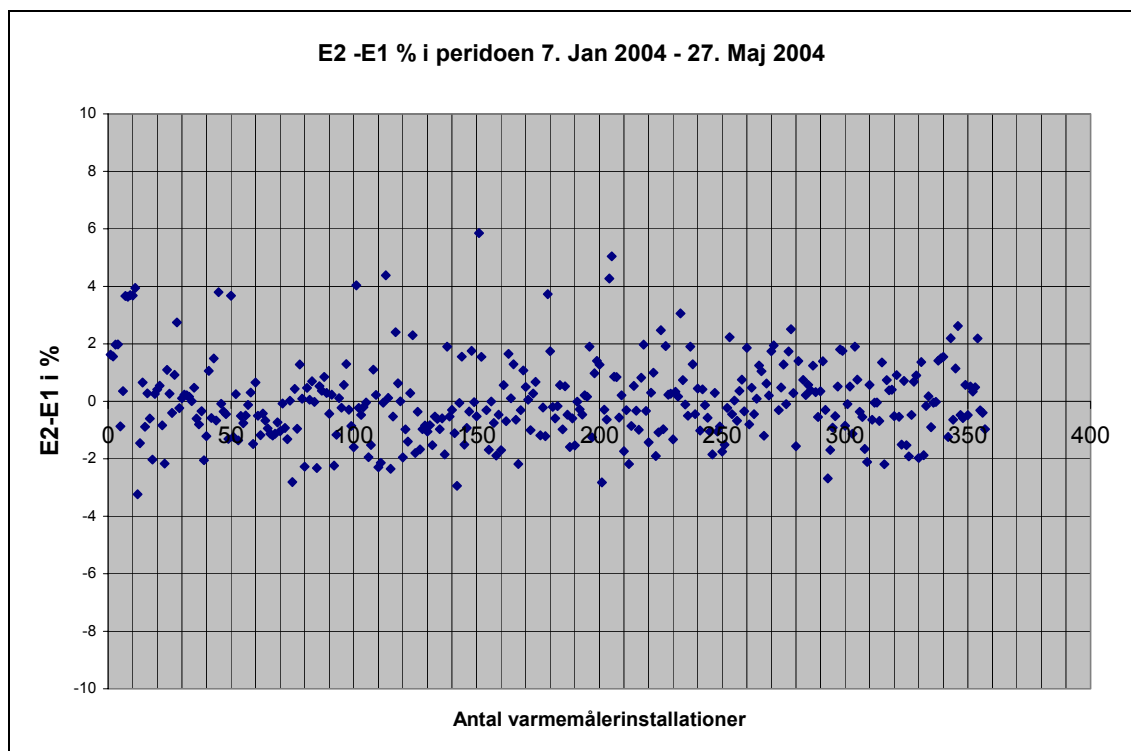


FIG. 3. Akkumuleret sammenligning for samtlige målere, inkl. målere med manipulerede fejl.

Da ingen af målerne i overvågningsperioden overskrider den reducerede driftsgrænse på ±8%, blev det valgt af foretage en mere detaljeret observation på de installationer, som udviser mere end ±4% i forskel (se næste afsnit).

7. Gennemgang af de målere som specielt er observeret under projektet

7.1 Komplette varmemålere (reelle fejl)

Ved at sortere på de installationer der udviser mere end $\pm 4\%$ i forskel, fremkommer der i alt 12 installationer, som på et tidspunkt i observationsperioden overskred grænsen. De 11 heraf er "reelle" fejl, som gennemgås nedenfor, mens den ene skyldes en simuleret fejl. Sidstnævnte gennemgås i næste afsnit.

Resultaterne for disse 11 installationer er grafisk vist nedenfor, hvor x-aksen repræsenterer 19 aflæsninger i perioden 7. januar til 27. maj 2004. Resultaterne er beregnet for hver enkelt aflæsningsperiode (afsluttede perioderesultater), hvormed amplituden af evt. kortvarige fejl ikke vil blive udglattede af en gennemsnitsberegning over længere tid.

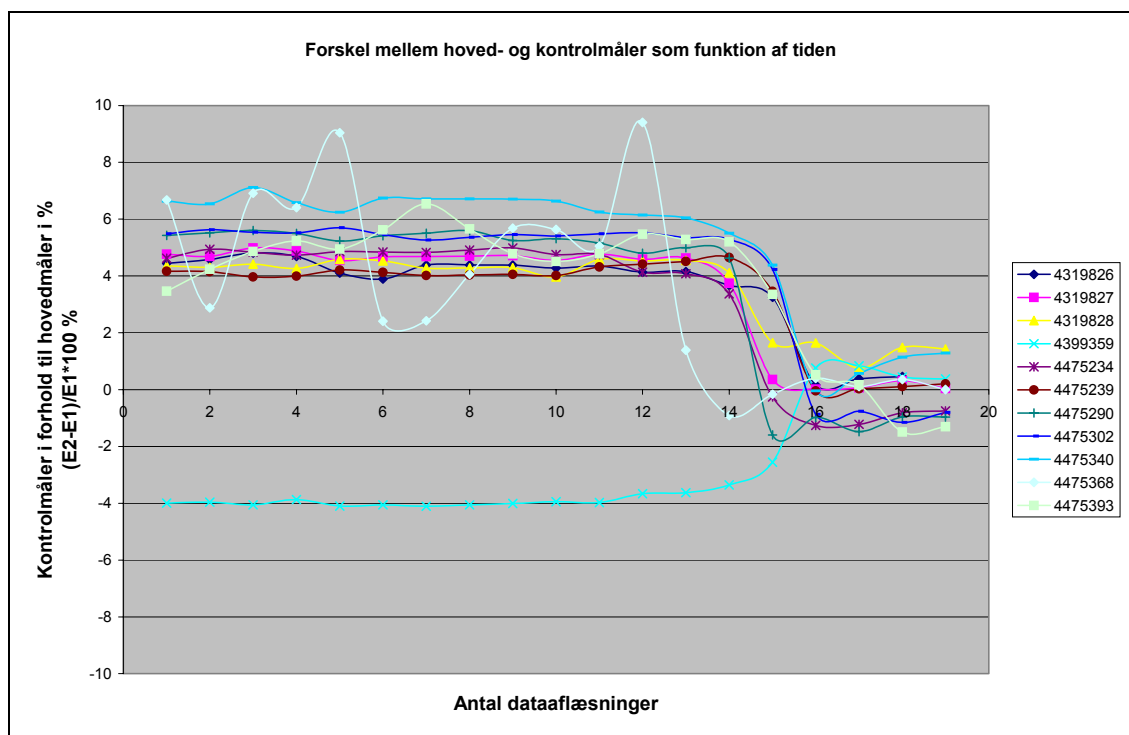


FIG. 4. Sammenligning af afsluttede perioderesultater for målere med $> 4\%$ forskel

I april 2004, kort efter 14. aflæsning, har varmeværkets tekniker foretaget kontrolbesøg/fejlretning på 10 af de ovenfor viste, mens der på en enkelt installation (målernr. 4475368) blev foretaget kontrolbesøg/fejlretning allerede umiddelbart efter 12. aflæsning på grund af den store spredning i aflæsningsresultaterne.

Under kontrolbesøgene er der udført følgende på de enkelte installationer:

Målernr.	Fejltype) Redegørelse
4319826	1) De 2 flowmålere i hhv. frem- og returløb var monteret forkert. Flowdelene blev monteret korrekt.
4319827	1) De 2 flowmålere i hhv. frem- og returløb var monteret forkert. Flowdelene blev monteret korrekt.
4319828	1) De 2 flowmålere i hhv. frem- og returløb var monteret forkert. Flowdelene blev monteret korrekt.
4399359	3) Der blev ved kontrolbesøget ikke fundet fejl i installationen. Begge flowdele blev derefter udskiftet med et nyt "sæt" og de nedtagne flowdele blev sendt til kontrolmåling i lab. Kontrolmålinger ved installationens typiske temperatursæt (70/32°C) viste Frem: 3,15% og Retur: 0.36%, hvilket har bidraget til ca. -3% ud af de -4% fejl som installationen har haft.
4475234	1) De 2 flowmålere i hhv. frem- og returløb var monteret forkert. Flowdelene blev monteret korrekt.
4475239	2) Den elektriske tilslutning for frem- og returflowdelene var forkert. V1 og V2 tilslutningerne vendt.
4475290	1) De 2 flowmålere i hhv. frem- og returløb var monteret forkert. Flowdelene blev monteret korrekt.
4475302	2) Den elektriske tilslutning for frem- og returflowdelene var forkert. V1 og V2 tilslutningerne vendt.
4475340	2) Den elektriske tilslutning for frem- og returflowdelene var forkert. V1 og V2 tilslutningerne vendt.
4475368	4) Ved kontrolbesøg blev det konstateret, at varmtvandsbeholder var tilsluttet <u>før</u> fremløbsflowmåleren. Rørinstallationen blev ændret.
4475393	3) Der blev ved kontrolbesøget ikke fundet fejl i installationen. Begge flowdele blev derefter udskiftet med et nyt "sæt", og de nedtagne flowdele blev sendt til kontrolmåling i lab. Kontrolmålinger ved installationens typiske temperatursæt (70/19°C) viste Frem: 1,52% og Retur: 4,26%, hvilket har bidraget til ca. 3% ud af de 4...5% fejl, som installationen har haft. Ved 2. kontrolmåling blev der konstateret et lille stykke papir, som sad fast i fremløbsmålerens indløb. Efter dette papir blev fjernet, udviste flowdelen bedre gentagelsesnøjagtighed.

3) Se certifikat 817561, 817560, 817558, 817593 fra hhv. 11-06-2004 og fra 21-06-2004.

7.2 Komplette varmemålere (manipulerede fejl)

Som beskrevet i *afsnit 3.3*, blev der på en af installationerne monteret en returløbsflowmåler, der var misjusteret til ca. +5%.

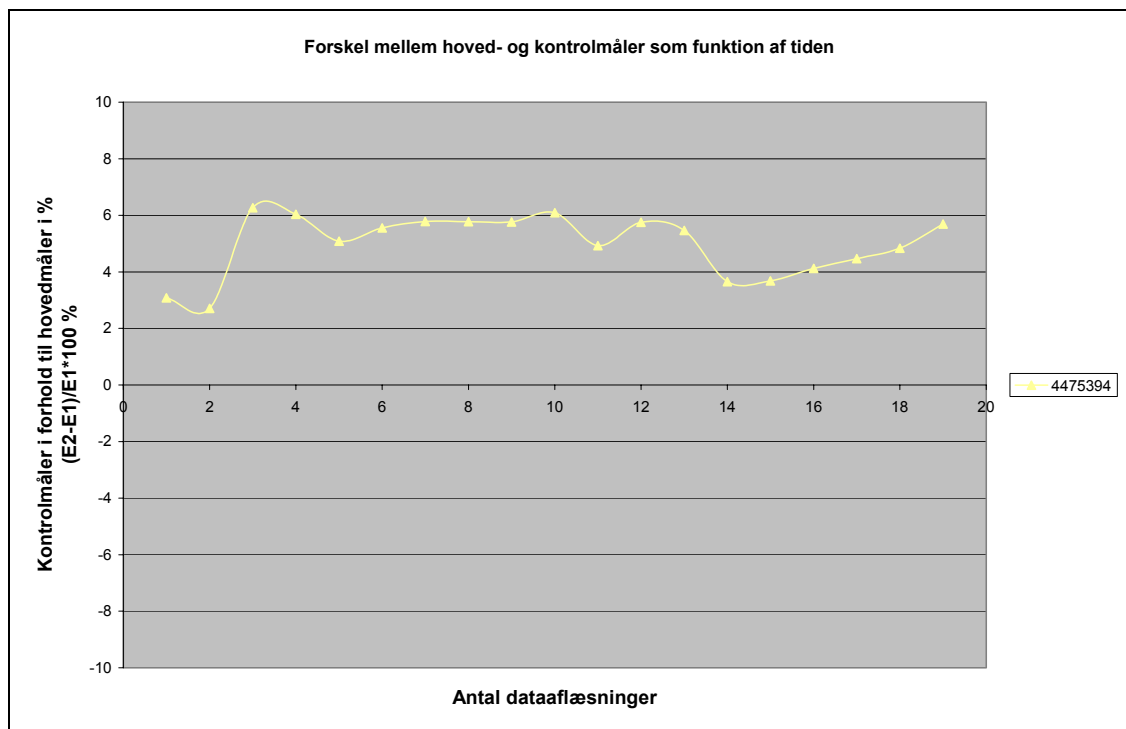


FIG. 5. Sammenligning af afsluttede perioderesultater for måler med simuleret fejl

Målernr.	Fejltype) Redegørelse
4475394	5) Returflowdelen blev allerede i jan. 2004 (umiddelbart efter 2. aflæsning) udskiftet med en flowdel, der er bevidst "misjusteret" til ca. +5%. (se certifikat 9012586 fra 16-01-2004)

7.3 Temperaturfølere (reelle fejl)

Som tidligere beskrevet i *afsnit 2.1* indeholder samtlige installationer i projektet 3 udparrede temperaturfølere, hvoraf de 2 er anvendt som frem- og returfølere til energiberegning, jævnfør den sædvanlige opbygning for varmeenergimålere. Den 3. temperaturføler (kaldet T3) er i den ene halvdel af installationerne monteret tæt på fremløbsføleren, mens T3 i den anden halvdel af installationerne er monteret tæt på returløbsføleren.

Ved overvågning af forskellen T3-T1, eller T3-T2, er der mulighed for at kontrollere halvdel af alle fremløbsfølere samt halvdel af alle returløbsfølere, hver gang der foretages dataaflæsning.

Nøjagtigheden af denne overvågning er imidlertid betinget af et tilstrækkeligt vandflow for at opnå termisk kobling mellem T3 og T1 eller T2 i aflæsningsøjeblikket, hvorfor der blev fastsat en nedre flowgrænse.

Med udgangspunkt i MDIR 07.01-01 blev grænsen sat til $3 \cdot Q_{\min}$ svarende til 45 l/h for den typiske målerstørrelse. Ved gennemgang af de typiske varmeeffektbehov i de installationer, der indgår i projektet, viste det sig dog, at denne grænse ville udelukke for mange temperaturmålinger, da de bedst isolerede huse i længere perioder har effektbehov under 2 kW, svarende til < 45 l/h ved den typiske temperaturdifférence i området.

Det blev derfor valgt at sænke denne grænse til 15 l/h, svarende til det mindste vandflow under førstegangsverifikationen.

De aktuelle målinger anses for at være inden for driftsgrænsen, hvis de målte forskelle ikke overskrider $\pm 0,5$ K.

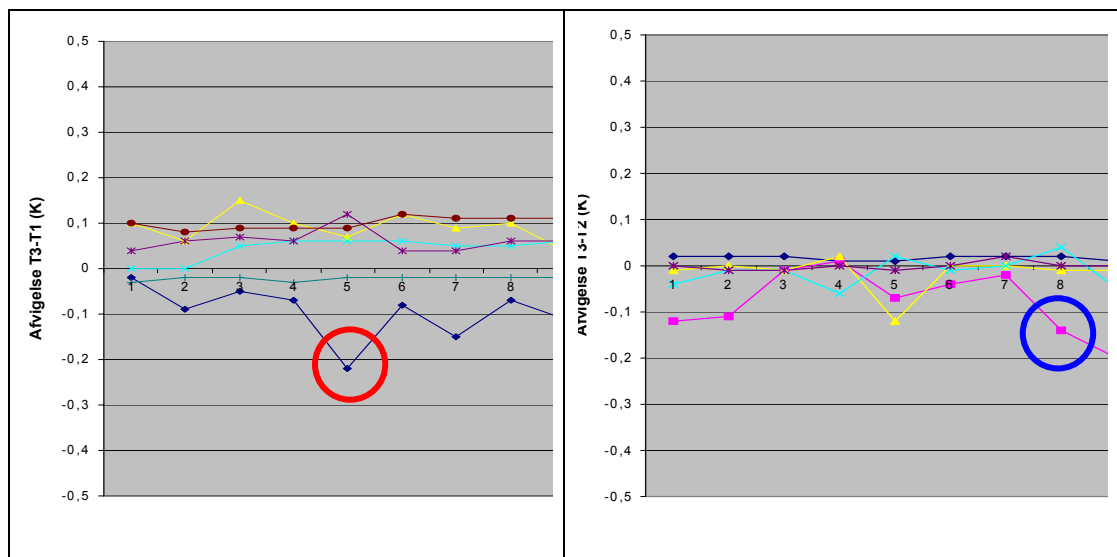


FIG. 6. Afvigelse mellem kontrolføler T3 og T1(fremløb) samt mellem T3 og T2(returløb)

I de ovenstående grafer ses en større afvigelse på kontrol af fremløbsfølere end på returlobsfølere, hvilket skyldes den større temperaturlædning til omgivelserne fra det ca. 70°C varme fremløb i forhold til det ca. 30°C varme returløb. Under de aktuelle målinger har det typiske vandflow været i området 15...150 l/h, mens enkelte målinger er foretaget med op til 350 l/h.

Den største afvigelse på fremløb (vist med rød cirkel) på $-0,22$ K er målt med et aktuelt vandflow på 21 l/h. Største afvigelse på returløb (vist med blå cirkel) på $-0,14$ K er målt med et aktuelt vandflow på 7 l/h, hvormed denne kontrolmåling ikke kan anvendes som følge af for lavt flow.

7.4 Temperaturfølere (manipulerede fejl)

Resultaterne fra dataopsamlingen viste, at de registrerede målefejl var for små til, at de kunne bruges til evaluering af "datastyret driftovervågnings" evne til at registrere drift og fejl på varmeenergimålerne. Det blev derfor besluttet at manipulere kontrolføleren (T3) på i alt 11 af installationerne.

Manipulationen blev udført ved at tilslutte præcisionsmodstande parallelt med en af temperaturfølerne.

Installationsadresserne er tilfældigt valgt af Hovedgaard Fjernvarmeværks teknikere.

På 5 installationer med kontrol af returløbsføler er der tilsluttet 100 k Ω //T3 mens der på 5 andre installationer med kontrol af fremløbsføler er tilsluttet 121 k Ω //T3. På én installation med kontrol af fremløbsføler er der tilsluttet 121 k Ω //T1.

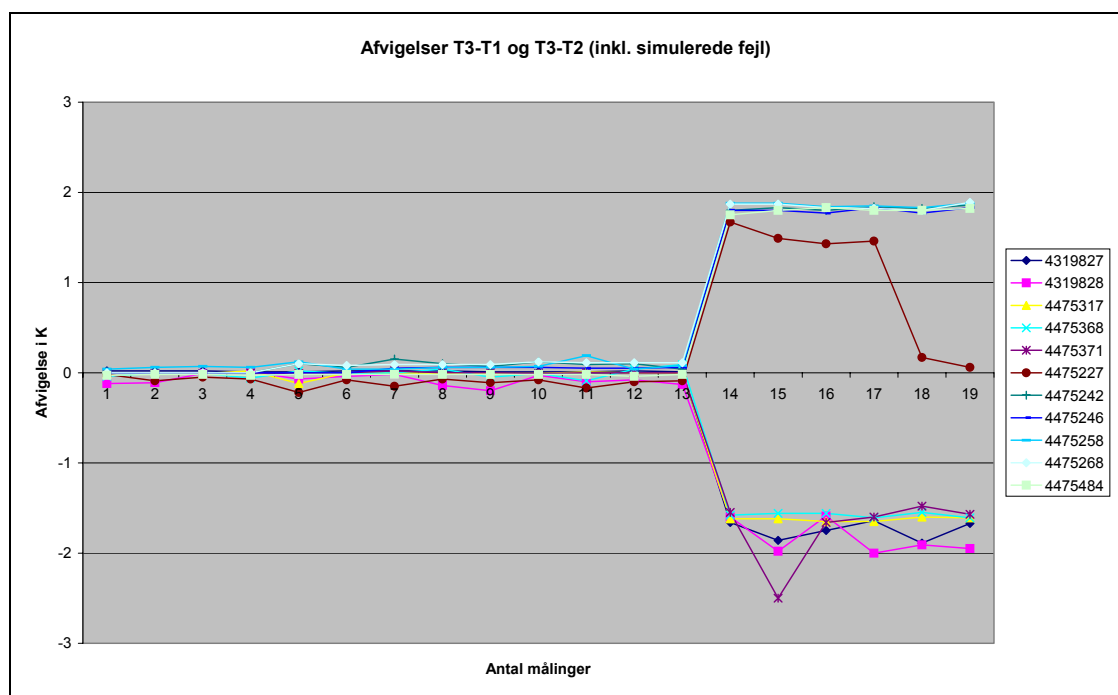


FIG. 7. Afvigelse mellem kontrolføler (T3) og T1 eller T2. Simulering af målefejl er udført efter 13. aflæsning. Den måling, der efter 17. aflæsning går til nul, skyldes aktuelt flow < 15 l/h.

Ovenstående graf viser forskellen mellem kontrolføler og hhv. T1 og T2. De store afvigelser på ca. $\pm 1,8$ K skyldes bevidst manipulationen i form af parallelt koblede modstande.

En efterfølgende korrektion af måleresultaterne er udført ved at korrigere måleresultaterne med den indflydelse, som modstandene har, hvorved der fremkommer følgende afvigelser:

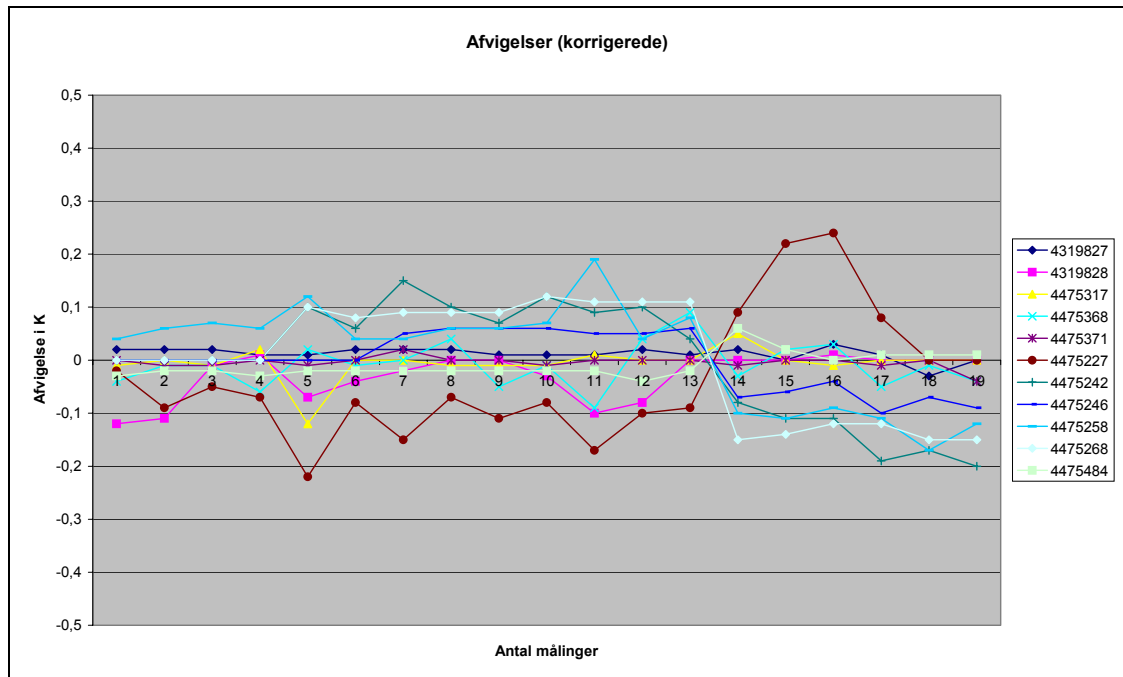


FIG. 8. Afvigelse mellem kontrolføler (T3) og T1 eller T2, korrigeret for indflydelsen af den udførte manipulation.

8. Dataobservationer sammenholdt med afsluttende kalibrering

De 5 varmemålere, der blev nedtaget til kontrolmåling, har gennemløbet en række forskellige kalibreringer som adskilte delenheder (separat kalibrering af regneværker, flowdele og temperaturfølersæt):

- Kurven over de 5 varmemåleres afvigelser er udført i henhold til MDIR 07.01-01 pkt. 6.3.2, dog med kalibrering som delt måler (se graferne i *fig. 9*).
- Der er desuden gennemført yderligere kalibreringer som førstegangsverifikation i henhold til EN 1434-5, foruden kalibreringer af både fremløbs- og returløbsflowmålere ved 30°C og 70°C for at simulere de aktuelle driftsforhold.

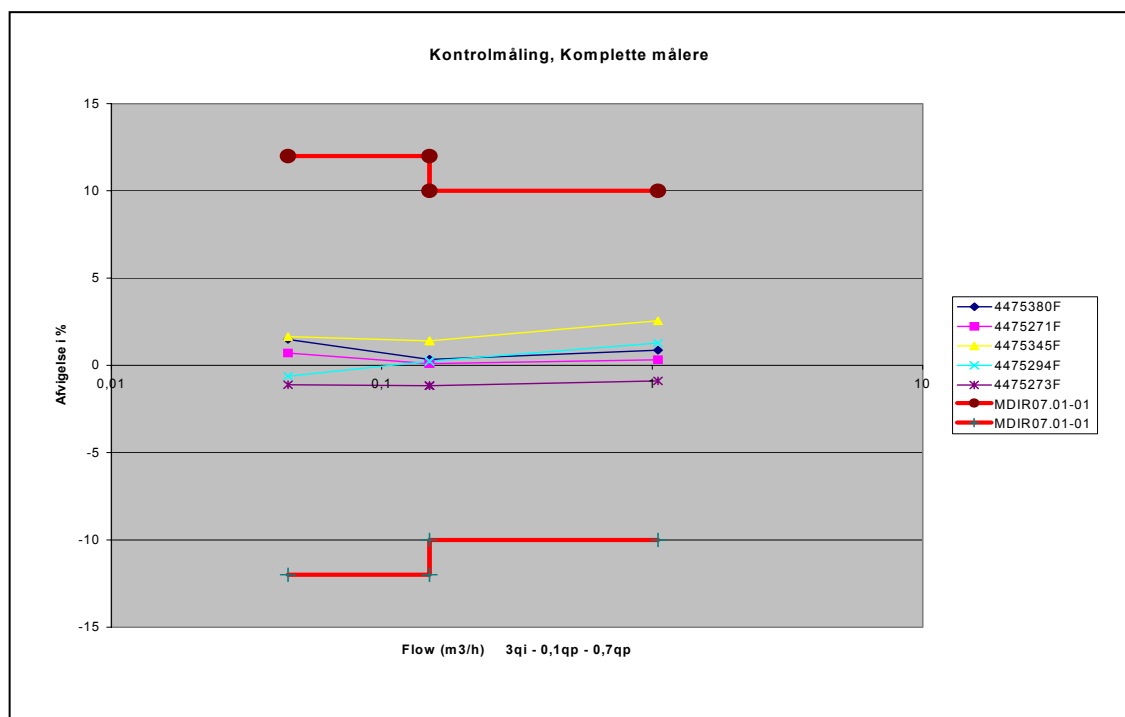


FIG. 9. Kontrolmåling af 5 komplette varmemålere der blev nedtaget til kontrolmåling

Se *aneks 1* for kalibreringsresultater.

Under gennemgang af kalibreringsresultaterne ses mindre spredninger i måleresultaterne, dels på grund af aflæsnings/måleusikkerhed og dels på grund af flowdelenes temperaturafhængighed. Ved sammenligning af måleresultater fra den datastyrede driftsovervågning med kalibrering i laboratoriet, skal der tages hensyn til, at driftsforholdene er forskellige både hvad angår temperatur og flowmængde.

I de installationer, hvor flowdelene i frem- og returløb udviser målefejl med samme polaritet, vil der således opstå en større afvigelse ved kalibrering i laboratoriet sammenlignet med den afvigelse som datastyret driftsovervågning registrerer.

For at sikre et realistisk acceptkriterie for den datastyrede driftsovervågning, anses det derfor for nødvendigt at anvende indskærpede acceptgrænser. Som eksempel kan den i MDIR 07.01-01 tilladte driftsgrænse på op til $\pm 12\%$ (for målere $\leq 3 \text{ m}^3/\text{h}$) ved laboratoriekontrol reduceres til $\pm 8\%$ ved datastyret driftsovervågning.

Anneks 1
Kalibreringsresultater
(1 side)

Kalibrering af varmemålere

Kunde: Hovedgaard Fjernvarmeværk
Adresse: Frydsvej 18
By: 8732 Hovedgaard
Att.: Peter Juhl Skovgård

Kalibreringsresultater for flowmålere/følere/regneværker:

Målepunkt	Måler nummer					[%]	
	4475380	4475271	4475345	4475294	4475273		
Flowmåler *	3 qi, 0,045 m ³ /h	1,49	0,72	1,71	-0,52	-1,01	[%]
	0,1 qp, 0,15 m ³ /h	0,33	0,08	1,43	0,39	-1,08	[%]
	0,7 qp, 1,05 m ³ /h	0,89	0,06	2,23	1,81	-0,74	[%]
Temperaturfølersæt	$\Delta\theta = 140$ K	-0,07	-0,09	-0,13	-0,16	-0,18	[%]
	$\Delta\theta = 20$ K	-0,01	-0,04	-0,08	-0,19	-0,16	[%]
	$\Delta\theta = 3$ K	0,14	0,27	0,29	-0,43	0	[%]
Regneværk	$\Delta\theta = 140$ K	0,07	0,08	0,07	0,06	0,08	[%]
	$\Delta\theta = 20$ K	0,02	0,06	0,05	0,04	0,08	[%]
	$\Delta\theta = 3$ K	-0,16	-0,01	0,04	-0,1	-0,15	[%]

* Vandtemperaturen for flowmålerne har under testene været mellem 49,96 og 52,73 °C.

Resultater for samlet varmemåler, bestående af flowmålere, følere og regneværker:

Målepunkt	Måler nummer					[%]	
	4475380	4475271	4475345	4475294	4475273		
Komplet måler	3 qi, 0,045 m ³ /h	1,49	0,71	1,65	-0,62	-1,11	[%]
	0,1 qp, 0,15 m ³ /h	0,34	0,1	1,4	0,24	-1,16	[%]
	0,7 qp, 1,05 m ³ /h	0,87	0,32	2,56	1,28	-0,89	[%]

Referenceudstyr for flowmåler : 5504-145 Kalibreringsprocedure: 5509-369
 Referenceudstyr for temperaturfølersæt : 5504-241 Kalibreringsprocedure: 5509-592
 Referenceudstyr for regneværker : 5504-239 Kalibreringsprocedure: 5509-595

Målingerne i denne oversigt er foretaget med referenceudstyr som er sporbart til nationale eller internationale standarder.

Målingerne er udført i perioden fra 2004-08-10 til 2004-08-13. Godkendt af: 

Henning H. Thomsen

Anneks 2

Kopi af Kamstrups DANAK-akkreditering (DANAK 268)

(1 side)

Laboratorium: **Kamstrup A/S**
Kalibreringslaboratorium
Industrivej 28
8660 Skanderborg

Akkreditering til: **Kalibrering af volumen- og energimålere, samt elmålere.**

Registreringsnummer: **268**

Gyldig til: **30.11.2006**

COPY

Prøvningsområde:

Kalibrering af:

- **Volumenmålere, koldt og varmt vand.**
- **Beregningsenhed til varmeenergimålere.**
- **Temperaturfølere til varmeenergimålere.**
- **Beregningsenheder med tilhørende temperaturføler for energimålere.**
- **Varmeenergimålere.**

til lukkede vandførende systemer.

Kalibrering af elmålere.

Med specifikation af måleområde og måleevne som godkendt af DANAK.

Trykprøvning af ovennævnte volumenmålere og megning af temperaturfølere efter procedure godkendt af DANAK.

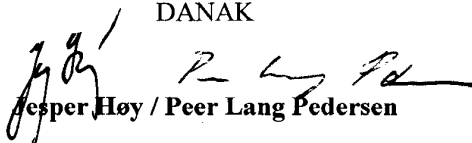
Accelereret slidtest i henhold til EN 1434 & OIML R 75 med prøvningsmetode godkendt af DANAK

Akkrediteringen er meddelt i medfør af §5 i Erhvervsfremme Styrelsens bekendtgørelse nr. 745 af 27. september 1999 om akkreditering af laboratorier til prøvning m.v. samt til GLP-inspektion.

Laboratoriet er undergivet de til enhver tid fastsatte forskrifter angående dets virksomhed som akkrediteret laboratorium, herunder DS/EN ISO/IEC 17025:2000, samt de for akkrediteringen særligt fastsatte vilkår, som er meddelt laboratoriet særskilt.

Dato: **19. januar 2004**

Den Danske Akkrediterings- og Metrologifond
DANAK



Jesper Høy / Peer Lang Pedersen

Anneks 3
Databehandling
(2 sider)

Datagrundlaget hentes med 1-2 ugers interval via et radionetværk og bliver behandlet i et Excel-regneark.

Dette regneark indeholder et underark pr. måler (357 i alt) og kopierer rådataene til hver 2. linie i arket. 1 ny linie pr. dataaflysning.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Job	Val	Kunde	E1-E2	Vol1	Vol2	Mass1	Mass2	M3Tf	M3Tr	T3	T2	Flow1	Flow2	Effekt	Dato	
2	J:99	S:00	4475380	8792	16211	15834	15796	15781	12327	4561	7779	3106	3104	93	93	49	70104
3				808	1545	1510	1504	1504	1165	452							
4	J:99	S:00	4475380	9600	17756	17344	17300	17285	13492	5013	7979	2939	2941	82	82	46	140104
5				916	1679	1645	1640	1643	1302	484							
6	J:99	S:00	4475380	10516	19435	18989	18940	18928	14794	5504	7883	2944	2942	104	100	58	210104
7				948	1738	1705	1691	1698	1355	517							
8	J:99	S:00	4475380	11464	21173	20694	20631	20626	16149	6021	7877	3104	3105	100	97	53	280104
9				868	1627	1592	1590	1588	1263	496							
10	J:99	S:00	4475380	12332	22800	22286	22221	22214	17412	6517	7524	2961	2962	71	71	36	40204
11				667	1281	1250	1250	1246	974	385							
12	J:99	S:00	4475380	12999	24081	23536	23471	23460	18386	6902	7914	3228	3227	86	82	45	110204
13				755	1479	1446	1443	1439	1183	466							
14	J:99	S:00	4475380	13754	25560	24982	24914	24899	19519	7368	7560	2906	2906	71	68	37	180204
15				807	1513	1479	1468	1468	1162	449							
16	J:99	S:00	4475380	14561	27073	26461	26382	26367	20681	7817	7556	3089	3085	79	79	39	250204
17				801	1527	1491	1493	1491	1176	468							
18	J:99	S:00	4475380	15362	28600	27952	27875	27858	21857	8285	7662	3156	3152	86	82	43	30304
19				826	1592	1555	1547	1542	1219	489							
20	J:99	S:00	4475380	16188	30192	29507	29422	29400	23076	8774	7700	3368	3368	125	122	61	100304
21				737	1400	1369	1370	1369	1075	424							
22	J:99	S:00	4475380	16925	31592	30876	30792	30769	24151	9198	7530	2898	2899	50	46	26	170304
23				590	1075	1046	1047	1042	813	292							
24	J:99	S:00	4475380	17515	32667	31922	31839	31811	24964	9490	7683	2775	2774	86	79	47	240304
25				1215	2252	2194	2193	2186	1713	641							
26	J:99	S:00	4475380	18730	34919	34116	34032	33997	26677	10131	7471	2948	2948	43	43	22	70404
27				458	858	837	837	836	646	241							
28	J:99	S:00	4475380	19188	35777	34953	34869	34833	27323	10372	7458	2649	2648	39	39	21	140404
29				395	641	627	625	625	478	182							
30	J:99	S:00	4475380	19523	36418	35580	35494	35458	27801	10554	7478	2870	2870	46	46	24	210404
31				287	536	527	524	526	397	144							
32	J:99	S:00	4475380	19810	36954	36107	36018	35984	28198	10698	7333	2583	2585	17	21	8	280404
33				223	422	414	411	414	310	113							
34	J:99	S:00	4475380	20033	37376	36521	36429	36398	28508	10811	7262	2669	2678	21	21	10	50504
35				187	361	356	352	354	262	97							
36	J:99	S:00	4475380	20220	37737	36877	36781	36752	28770	10908	7306	2694	2697	25	25	13	120504
37				500	938	923	914	920	693	252							
38	J:99	S:00	4475380	20320	38675	37800	37695	37672	29463	11160	7166	2784	2766	17	17	8	270504

Målnr. = Kunde 4475380 er
aflæst 19 gange i driftsperioden

Perioderesultat.
Differencen mellem rådata for 2 uger

I regnearket beregnes perioderesultatet som differencen mellem 2 aflæsninger. Følgende rådata bliver brugt til videre kontrolberegninger: Vol 1, Vol 2, T1, T2, M3Tf og M3Tr. Temperaturmålingen T3 bruges direkte til kontrol af temperaturfølere. Alle temperaturmålinger er øjebliksværdier på aflæsningøjeblikket, mens energi og volumen er akkumulerede værdier. De resterende rådata bruges til intern kontrol.

Der foretages 2 energiberegninger (se afsnit 5). En med fremløbsflowdelen og efterfølgende en med returløbsflowdelen. Afviger disse mere end 4% fra hinanden, bliver målerens perioderesultat øremærket til at komme på observationslisten, hvor man så kan følge målerens udvikling over tid både for delperioder og i målerens totale driftsperiode (se afsnit 2.4)

Derudover udfører regnearket en kontrol på temperaturfølerne. Den ene halvdel af målerparken har den 3. føler placeret sammen med fremløbsføleren og den 2. halvdel sammen med returløbsføleren. På grund af varmeafledningen til omgivelserne, er der indsat et filter på rådataene, således at temperaturmålingerne ikke kommer med i betragtning, hvis det aktuelle flow på aflæsningstidspunktet er under q_i (15 l/h). Hvis forskellen mellem hhv. T1 og T3 eller T2 og T3 overstiger 0,4 K, kommer måleren på observationslisten, hvor man så kan følge målerens udvikling over tid både for delperioder og i målerens totale driftsperiode (se *afsnit 2.4*)