



**DMi**

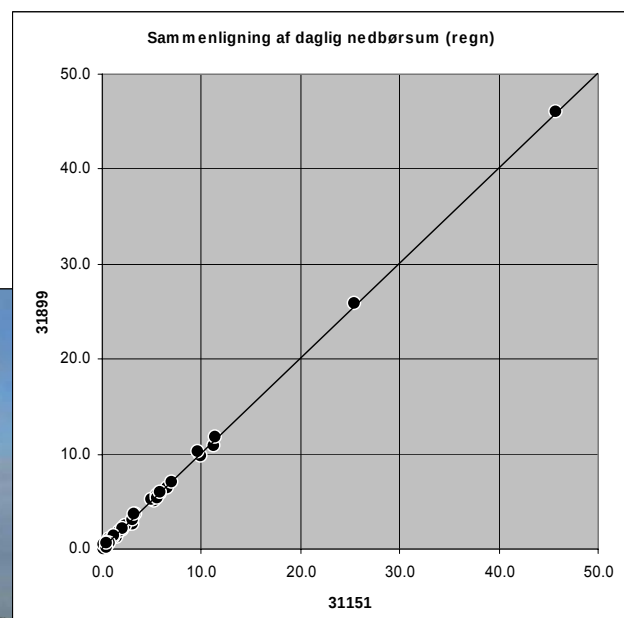
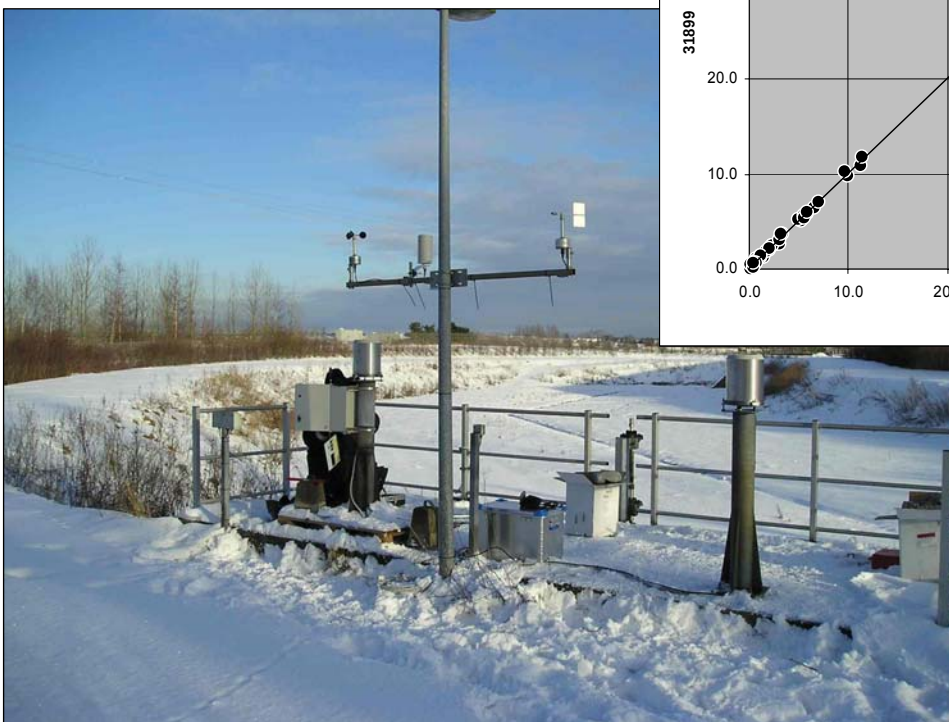
Transport- og Energiministeriet

## Teknisk rapport 06-15

### Nyt SVK system.

### Sammenligning af nedbørmålinger med nye og nuværende system

#### Flemming Vejen



København 2006



**DMI**

Teknisk rapport Fejl! Ukendt betegnelse for dokumentegenskab.

# Kolofon

**Serietitel:**

Teknisk rapport

**Titel:**

Nyt SVK system.

**Undertitel:**

Sammenligning af nedbørmålinger med nye og nuværende system.

**Forfatter(e):**

Flemming Vejen

**Andre bidragsydere:****Ansvarlig institution:**

Danmarks Meteorologiske Institut

**Sprog:**

Dansk

**Emneord:****Url:**

[www.dmi.dk/dmi/tr](http://www.dmi.dk/dmi/tr)

**ISSN:**

1399-1388

**Versions dato:****Link til hjemmeside:**

[www.dmi.dk](http://www.dmi.dk)

**Copyright:**



## Indhold:

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Introduktion.....                                            | 4  |
| Forsøgsopstilling.....                                       | 5  |
| Data .....                                                   | 7  |
| Analyse af observationer.....                                | 8  |
| Samlede resultater .....                                     | 8  |
| Effekt af opvarmning .....                                   | 9  |
| Kvalitetskontrol af temperaturmålinger .....                 | 13 |
| Deficit som funktion af temperatur i tragt og vippetøj ..... | 16 |
| Deficit som funktion af vind- og temperaturforhold.....      | 23 |
| En næranalyse af nedbørforløb henover tre døgn .....         | 25 |
| Diskussion.....                                              | 28 |
| Konklusion .....                                             | 29 |
| Tidligere rapporter .....                                    | 31 |



## Introduktion.

Der er udviklet et nyt koncept for dataopsamling, kommunikation og varmestyring på Rimco målere i SVK nettet, og der er udført en række tests af måletekniske forhold.

Formålet med nærværende undersøgelse er at se på, om ændringerne har betydning for målerens evne til at opsamle nedbør. I forhold til denne problemstilling kunne følgende ændringer i det nye system tænkes at have betydning:

| <i>Gamle system</i>                 | <i>Nye system</i>                                                                              | <i>Mulig betydning for nedbørmåling af nye system</i>                               |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Ingen lokal lagring af data         | Data lagres lokalt og kan fjernhentes senere                                                   | Der sker ikke tab af data ved nedbrud med mindre pct. datamangel til følge          |
| En melding fylder 8 bit             | En melding fylder mere end de 8 bit, det nuværende system kan sende                            | Mere detaljeres status information, så fejlsituationer kan håndteres mere effektivt |
| Data kan ikke gensesendes ved fejl. | hvis der fra DMI ikke er modtaget kvittering for modtagelse af melding, forsøges den gendsendt | Sikkerhed for komplette data                                                        |
| Intet grej på piedestal             | Der er påmonteret et styreskab på piedestalen                                                  | Giver <i>måske</i> ændret vindflow omkring måleren                                  |
| -                                   | Mere fleksibel regulering af opvarmningen                                                      | Effekt på nedbørmåling uklar                                                        |
| Ingen opvarmning af vippeske        | Opvarmning af vippeske forhindrer fastfrysning                                                 | Forhindrer visse typer målefejl i kolde perioder                                    |

Undersøgelsen af data fra gammelt og nyt system har derfor følgende enkle målsætning:

- Om montering af skab på piedestal kan påvirke opsamlingen af nedbør via vindpåvirkning.
- Om den ændrede opvarmning har betydning for opsamling af nedbør.

Til det formål er der i Næstved lavet en forsøgssopstilling med diverse målegrej.

## Forsøgsopstilling

Forsøgsopstillingen består af to Rimco målere (med gammelt og nyt system) og af en mast med påmonterede sensorer til måling af følgende meteorologiske variable:

- Vindhastighed
- Vindstød
- Vindretning
- Lufttemperatur
- Luftfugtighed
- Vip fra begge Rimco målere.
- Tragt temperatur i begge Rimco målere.
- Temperatur af vippetøj i begge Rimco målere.
- Effektforbrug på begge systemer.

En datalogger sørger for at indsamle disse parametre hvert minut.

Figur 1 viser opstillingen af målere, og figur 2 viser nærbillede af styreskab. I figur 3 ses læforholdene rundt om stationen, mens tabel 1 viser højdevinkler og læindeks. Bom og mast kan forstyrre vindfeltet omkring testmåleren, hvis vinden kommer fra sydvestlige retninger, og forstyrre den "gamle" måler ved vind omkring nord. Hvis vinden kommer fra omkring øst, kan porten ud mod bassinet generere turbulens, der vil kunne forstyrre vindfeltet omkring begge målere (figur 4).

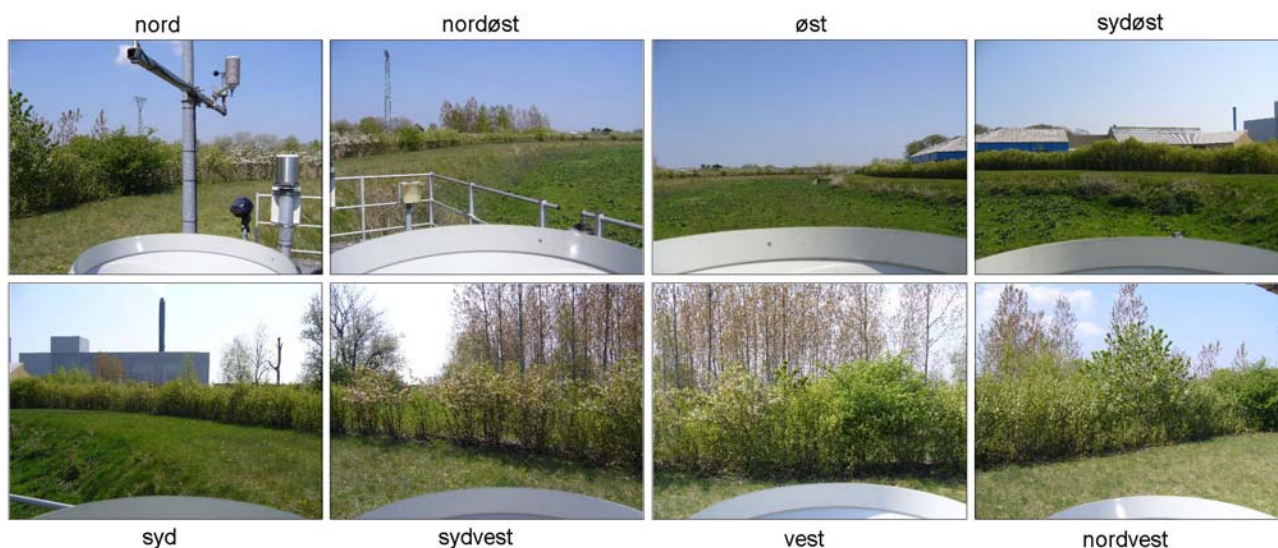


Figur 1. Test opstilling i Næstved. Den nye måler ses til venstre i billedet. Billedet er taget mod østnordøst.





Figur 2. Styreskabet installeret i Næstved.



Figur 3. Læforhold omkring nedbørmålerne. Billeder er taget 10/5-2006.

|           | N                | NØ | Ø | SØ | S                | SV                | V  | NV | Læindeks |
|-----------|------------------|----|---|----|------------------|-------------------|----|----|----------|
| Gl. måler | 5 <sup>(1)</sup> | 4  | 1 | 5  | 7                | 16                | 33 | 12 | 12       |
| Testmåler | 4                | 3  | 1 | 5  | 7 <sup>(1)</sup> | 19 <sup>(1)</sup> | 29 | 15 | 12       |

Tabel 1. højdevinkler og læindeks ved gamle Næstved måler og testmåler. Note 1: bom med målegrej kan forstyrre målingerne, hvis vinden kommer fra denne retning.



*Figur 4. Porten ud mod bassin, som vender mod øst. Der er risiko for forstyrrelse af vindfeltet ved vindretninger omkring øst.*

## Data

Nedbørobservationer er foretaget henover perioden 24/12-2005 til 26/6-2006. Analyser af nedbørmængde i forhold til vejrtype er lavet for hele perioden december 2005 til juni 2006. Nedbørmængden på døgnbasis er blevet beregnet for perioden kl. 06z til 06z. Den samlede nedbørstype for døgnet er blevet bestemt ud fra nedbørstypen.

Oplysninger om vejrtype er hentet fra 06135 Flakkebjerg, der hver time giver en kode for present\_weather og to koder for past\_weather. Ud fra disse koder er nedbørstypen blevet omsat til fast, blandet og flydende nedbør.

Ved forsøgsopstillingen er der målt vindhastighed og temperatur, som er opsamlet siden 27/1-2006 kl. 12:32z. Data er opsamlet en gang i minuttet. Analyser af målinger i forhold til vind og temperatur er foretaget for denne periode.

Til kvalitetskontrol af temperaturmålinger ved testsite er der benyttet data for hver time fra V-98 stationerne 06135 Flakkebjerg, 06136 Tystofte og 06154 Brandelev.



## Analyse af observationer

Det er målet at undersøge, om nuværende og nye måler registrerer samme mængde nedbør.

Spørgsmålet er, om målerskab og opvarmningskoncept i den nye måler betyder noget for målerens opfangsevne set i forhold til den nuværende måler.

Til belysning heraf skal der laves følgende analyser:

- Sammenligning af alle målinger for sne, blandet nedbør og regn.
- Undersøgelse af opvarmningsens effekt for sne, blandet nedbør og regn (med/uden opvarmning):
  - I forhold til vindhastighed og temperatur.
  - I forhold til læforhold og vindretning.
- Undersøgelse af opvarmningsens effekt i forhold til temperatur i tragt og vippeøj.

## Samlede resultater

Figur 5 viser en opsamling på alle nedbørdøgn for perioden 24/12-2005 til 26/6-2006. Data er sorteret efter nedbørtyperne sne, blandet nedbør og regn. Tabel 2 viser statistik på sammenligningen for alle døgn og separeret på nedbørtype. Alle døgn er medregnet, også døgn hvor opvarmning kun har været aktiv for den ene af målerne, for at illustrere den samlede ydeevne.

| Nedbørtype | Antal | Maks. nedbørsum |       | Nedbørsum (hele perioden) |       | Forskel: (31899 – 31151) |           | 31899 K % | Korrel. |
|------------|-------|-----------------|-------|---------------------------|-------|--------------------------|-----------|-----------|---------|
|            |       | 31151           | 31899 | 31151                     | 31899 | abs.diff                 | midd.diff |           |         |
| Sne        | 18    | 6.0             | 5.0   | 26.6                      | 16.8  | 0.611                    | -0.544    | 63.2      | 0.921   |
| Blandet    | 6     | 13.4            | 13.0  | 21.6                      | 20.8  | 0.267                    | -0.133    | 96.3      | 0.999   |
| Regn       | 52    | 45.8            | 46.0  | 221.6                     | 221.2 | 0.177                    | -0.008    | 99.8      | 1.000   |
| I ALT      | 76    | 45.8            | 46.0  | 269.8                     | 258.8 | 0.285                    | -0.136    | 96.1      | 0.997   |

Tabel 2. Sammenligning mellem gammel måler i Næstved, 31151, og testmåler, 31899, for sne, blandet nedbør, regn og alle døgn. Data er for perioden 24/12-2005 til 26/6-2006. K (%) = hvor meget nedbør den nye måler har registreret i forhold til det nuværende system. Korrel = korrelationskoefficient. Desuden er vist absolutte (abs.diff) og gennemsnitlige (midd.diff) forskel mellem de to målere.

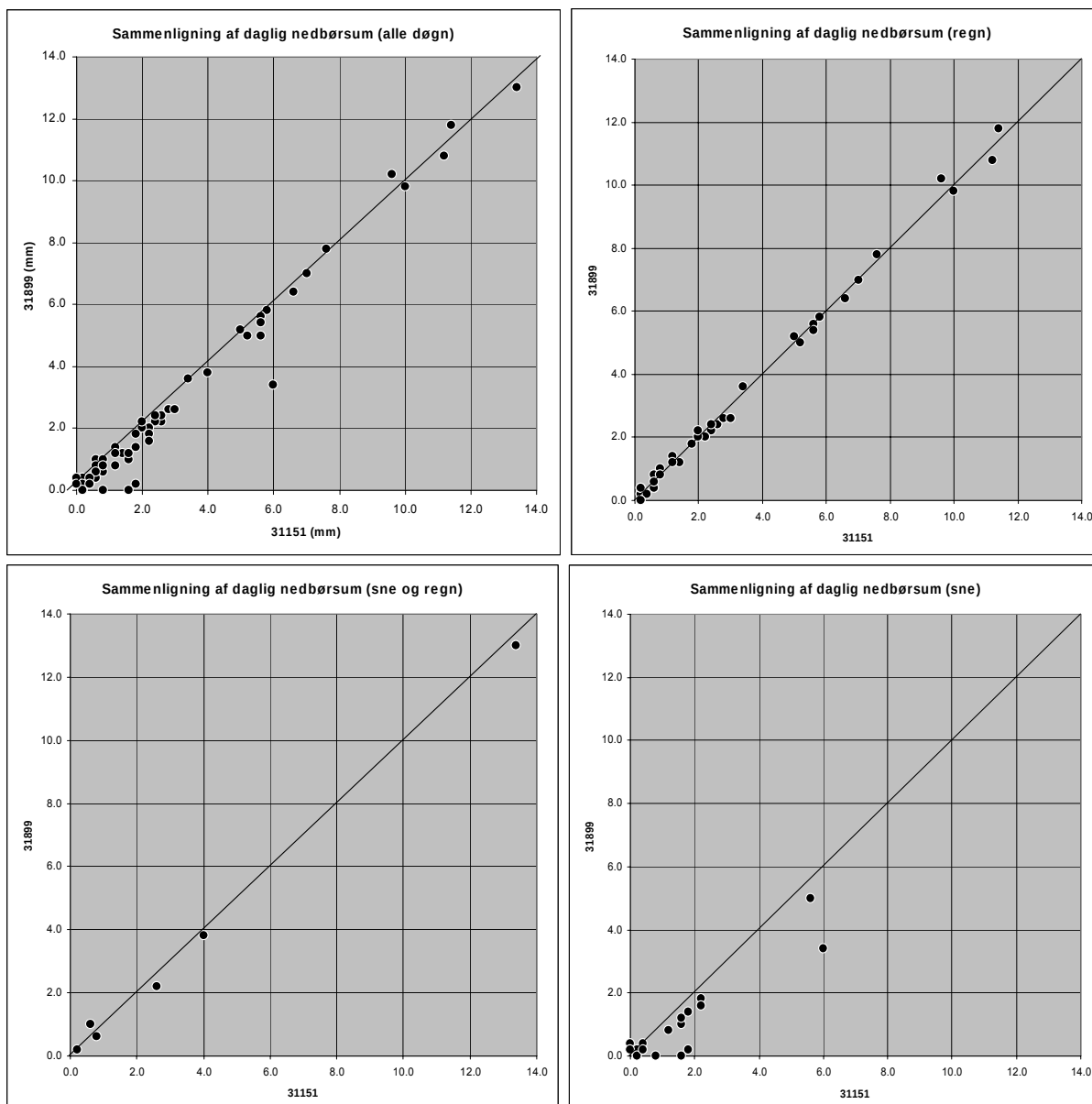
Figur 5 viser en del spredning, og det står klart, at denne primært skyldes forholdsvis stor forskel mellem de målere for sne. I figuren er valgt samme skala i alle delfigurer, men for regn har der været to døgn med højere nedbørmængde; disse er medtaget i figur 6, der viser alle døgn med regn.

For regn måler de to målere i praksis ens. Det ses af figurerne og af tabel 2, hvor testmåleren for hele perioden målte 99,8 % af det, den gamle måler målte. I periodens løb måler testmåleren i gennemsnit måler kun 0,008 mm for lidt for regn.

Det skal bemærkes, at det sidste døgn i dataserien er 26/6-2006, hvor der faldt store regnmængder. Imidlertid indeholder logdata ikke hele døgnet, hvorfor der i analysen kun er medregnet nedbør, der er faldet til og med 26/6-2006 kl. 10z.

For blandet nedbør måler testmåleren lidt dårligere end den gamle (96,3 %), hvilket formentlig skyldes andelen af snedebør. For døgn med sne er dette mønster endnu tydeligere, idet testmåleren kun opsamler 63,2 % i forhold til den gamle svarende til i gennemsnit 0,544 mm for lidt nedbør.



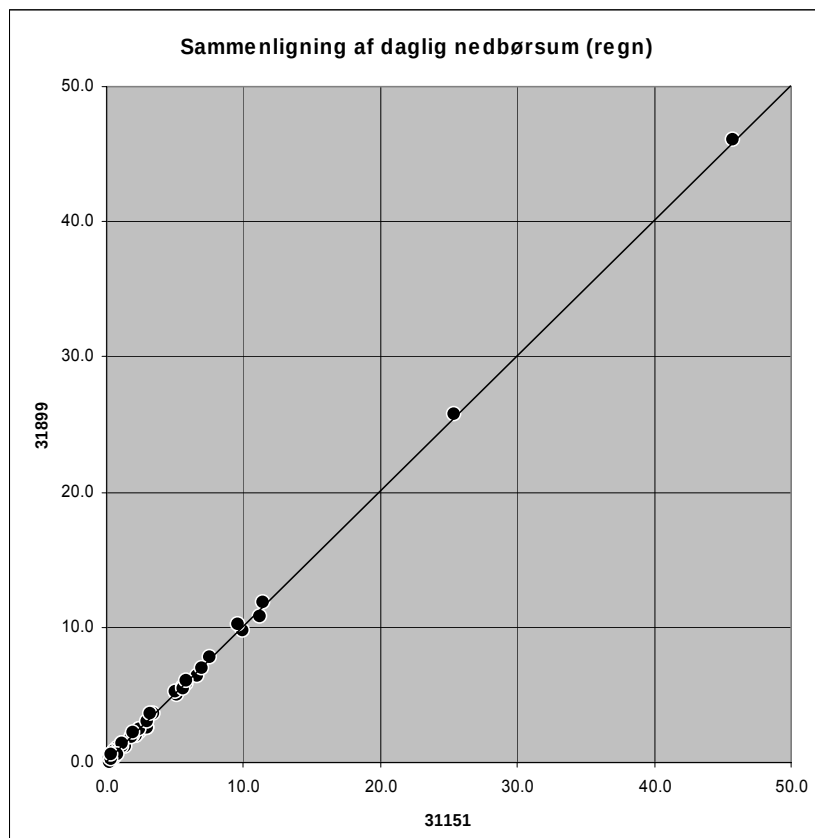


Figur 5. Døgnnedbørmængde henover perioden 24/12-2005 til 31/5-2006 for alle døgn samt delt op på sne, blandet nedbør og regn. Figurerne har samme skala, men for regn er der to hændelser med nedbørmængder større end 14 mm. Disse er vist separat for regn i figur 6.

Det ser ud til, at årsagen til forskellene skal søges i målerens evne til at måle sne. Da sne er forholdsvis let påvirkelig af turbulens omkring målerne, kan små forskelle i det lokale vindfelt og opvarmningssystemet kan have betydning. Dette vil blive undersøgt nøjere i det følgende.

## Effekt af opvarmning

Det første at få undersøgt er, hvor stor effekt opvarmning af målerne har på opsamling af nedbør. Figur 7 viser en analyse for døgn, hvor begge målere har haft opvarmning. Plottene viser sammenligning af data for alle døgn og for døgn, hvor der er faldet sne, blandet nedbør og regn. I næsten alle tilfælde måler testmåleren lidt mindre mængde nedbør end det gamle system, undtagen for de største nedbørmængder ved regn eller blandet nedbør. For sne måler testmåleren mindst i alle tilfælde.



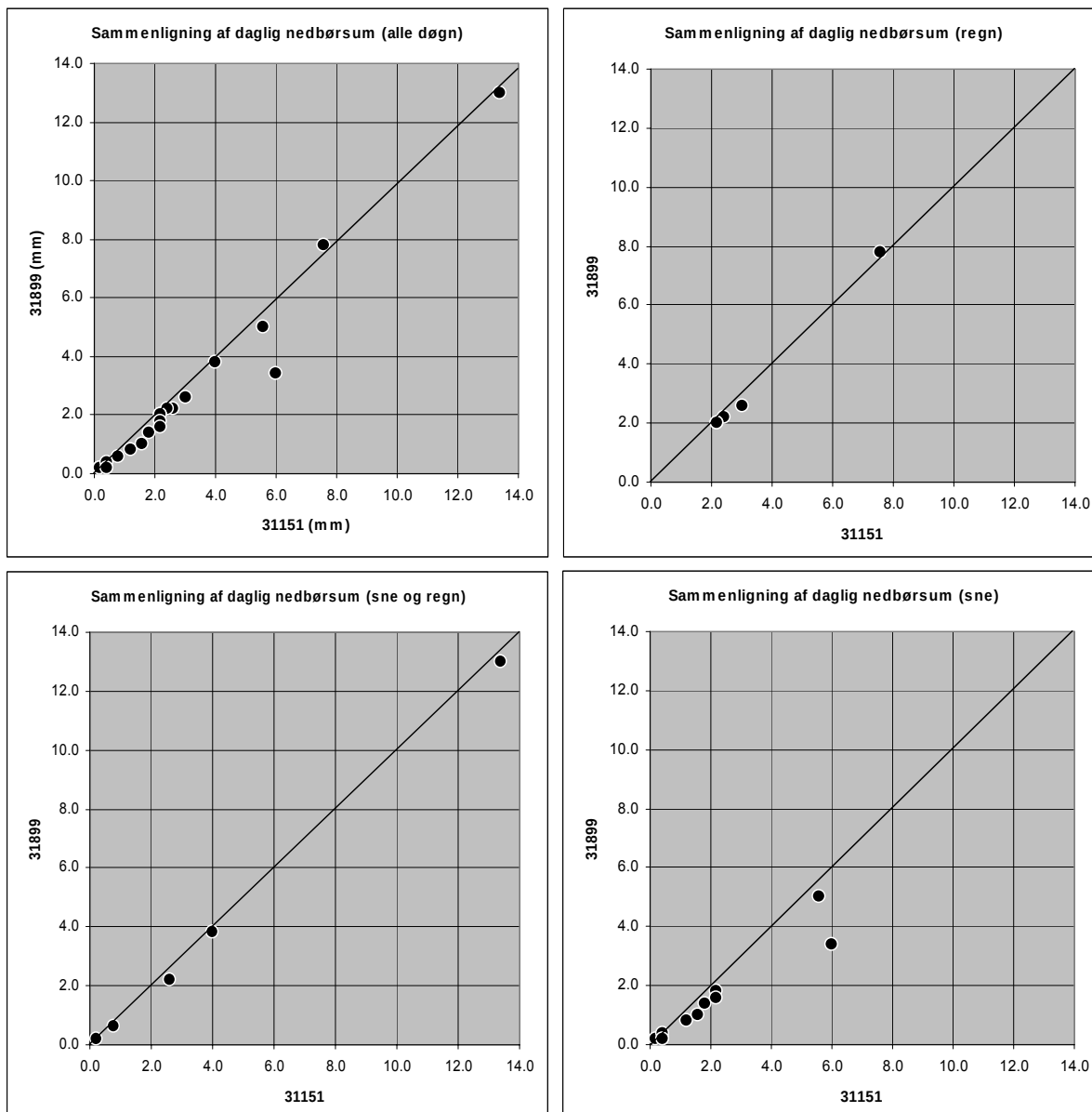
Figur 6. Sammenligning af målinger med nye (31899) og gamle målesystem (31151) for alle døgn med regn.

Når der er varme på målerne, fanger det nye system blot 73 % af den sne, det gamle målersystem opfanger (tabel 3). For blandet nedbør er tallet 94 %, og for regn 95 %. Det ser ud til, at når der varmes op, resulterer en eller flere faktorer i systematisk for lidt nedbør i det nye system.

Af tabellen ses, at summen af observationer med og uden opvarmning er mindre end det totale antal. Det skyldes, at observationer hvor den ene måler har været opvarmet og den anden uopvarmet og omvendt, ikke er medtaget i analysen.

| Nedbørtype og opvarmning |           | Antal | Maks. nedbørsum |       | Nedbørsum (hele perioden) |       | Forskel: (31899 – 31151) |           | 31899 K % | Korrel. |
|--------------------------|-----------|-------|-----------------|-------|---------------------------|-------|--------------------------|-----------|-----------|---------|
|                          |           |       | 31151           | 31899 | 31151                     | 31899 | abs.diff                 | midd.diff |           |         |
| Sne                      | Alle      | 18    | 6.0             | 5.0   | 26.6                      | 16.8  | 0.611                    | -0.544    | 0.6316    | 0.921   |
|                          | Opvarmet  | 11    | 6.0             | 5.0   | 22.0                      | 16.0  | 0.545                    | -0.545    | 0.7273    | 0.958   |
|                          | Uopvarmet | 0     |                 |       |                           |       |                          |           |           |         |
| Blandet                  | Alle      | 6     | 13.4            | 13.0  | 21.6                      | 20.8  | 0.267                    | -0.133    | 0.9630    | 0.999   |
|                          | Opvarmet  | 5     | 13.4            | 13.0  | 21.0                      | 19.8  | 0.240                    | -0.240    | 0.9429    | 1.000   |
|                          | Uopvarmet | 0     |                 |       |                           |       |                          |           |           |         |
| Regn                     | Alle      | 52    | 45.8            | 47.2  | 221.6                     | 221.2 | 0.177                    | -0.008    | 0.9982    | 1.000   |
|                          | Opvarmet  | 5     | 7.6             | 7.8   | 17.4                      | 16.6  | 0.240                    | -0.160    | 0.9540    | 0.999   |
|                          | Uopvarmet | 44    | 45.8            | 46.0  | 200.8                     | 201.6 | 0.173                    | 0.018     | 1.0040    | 1.000   |

Tabel 3. Sammenligning mellem gammel måler i Næstved, 31151, og testmåler, 31899, for sne, blandet nedbør, regn og alle døgn. Resultaterne er opdelt på døgn, hvor der har været samtidig opvarmning eller ingen opvarmning af de to målere, samt alle døgn. K (%) = hvor meget nedbør den nye måler har registreret i forhold til det nuværende system. Korrel = korrelationskoefficient. Desuden er vist absolutte (abs.diff) og gennemsnitlige (midd.diff) forskel mellem de to målere. Dataperioden er 24/12-2005 til 26/6-2006.

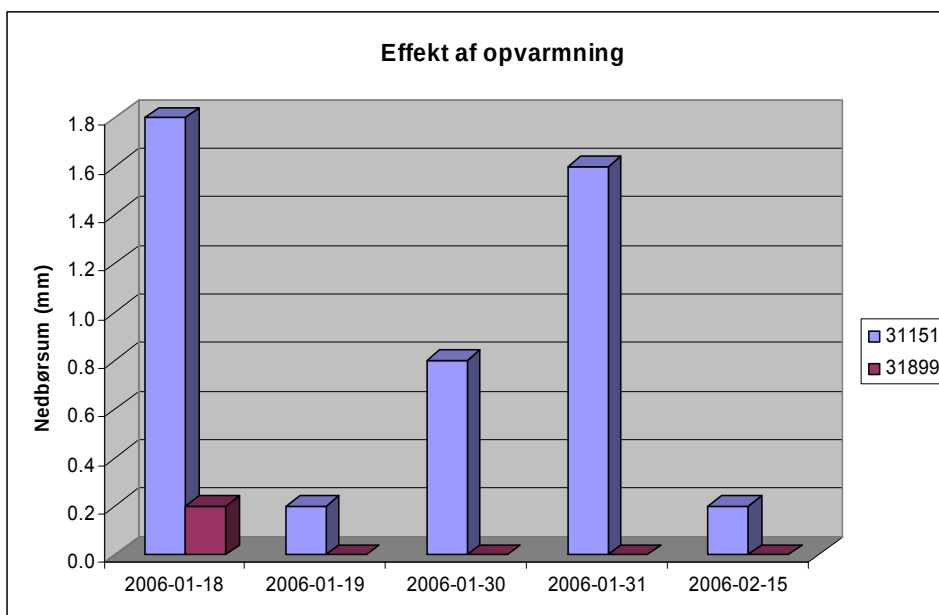


Figur 7. Døgnnedbørmængde henover perioden 24/12-2005 til 31/5-2006 for døgn, hvor der har været større eller mindre grad af opvarmning af begge målere. Der er plots for alle døgn samt delt op på sne, blandet nedbør og regn.

Figur 8 viser, at det giver mening at udelade disse observationer, og at det er altafgørende med en velfungerende opvarmning. I nogle døgn i testperioden var der tekniske problemer, som fik opvarmningen på den nye måler til at slå fra<sup>1</sup>. Resultatet er slående. Mens den gamle måler registrerer nogen nedbør, får den uopvarmede måler praktisk taget intet. For de viste døgn faldt al nedbøren som sne. Den samlede nedbørsum for de 5 døgn er hhv. 4,6 og 0,2 mm med gamle og nye måler, altså at ca. 96 % af sneen er gået tabt som følge af manglende opvarmning.

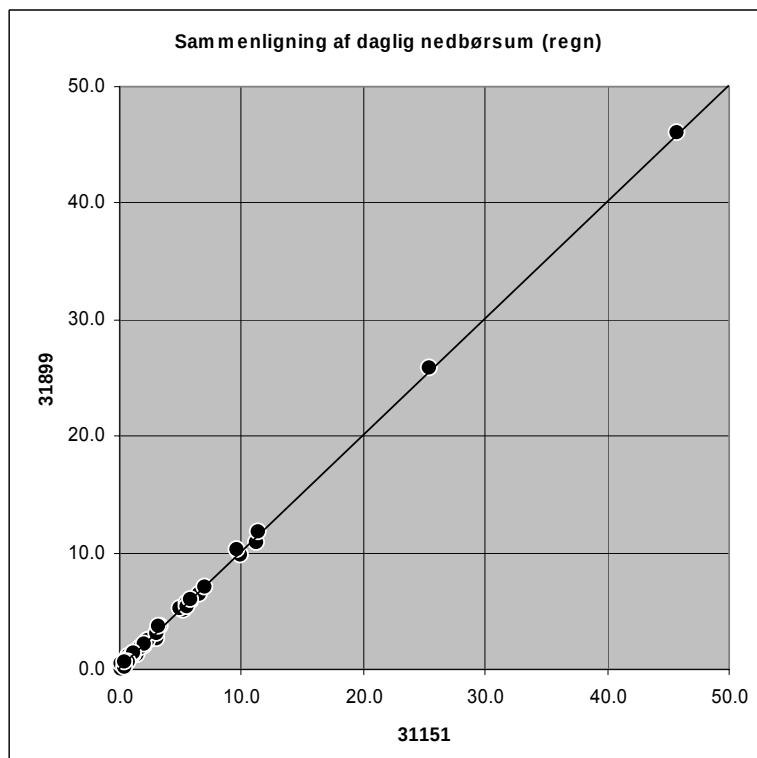
Det interessante er nu at undersøge, om denne effekt kan genfindes, hvis der *ikke* er opvarmning. Hvis den *ikke* kan, kunne det tyde på, at årsagen skal findes i opvarmningssystemet og ikke kun i opstillingsforholdene, som har betydning for turbulens omkring målerkant og -tragt.

<sup>1</sup> Der har også været døgn med blandet nedbør og regn, hvor kun et af systemerne havde opvarmning. Dette kan dog godt skyldes forskellig indstilling af igangsættelsestemperaturen, og effekten på nedbørsopsamlingen var i disse tilfælde begrænset. Det er naturligvis for sne, at det er afgørende med et velfungerende opvarmningssystem.



Figur 8. Eksempel på måling af sne, hvor opvarmningen på ny måler (31899) var ude af kraft.

Til belysning heraf er der i tabel 3 vist resultater, hvor begge målere har været uopvarmede, og i figur 9 er vist et plot for døgn uden opvarmning på målerne. Af gode grunde kan der kun vises data for regn, da opvarmningen altid vil være i funktion for sne og blandet nedbør undtagen ved funktionsfejl, hvilket er uinteressant i denne sammenhæng. Det ses klart, at de to målere for regn i praksis registrerer samme mængde nedbør, når opvarmningen ikke er slået til. For 44 døgn med regn uden opvarmning fik det nye system kun 0,8 mm mere end det gamle, hvilket skal ses i forhold til en samlet mængde på godt 200 mm. Det svarer til, at det nye system kun måler 0,4 % mere regn end det gamle, en absolut forskel på beskedne 0,02 mm, der kan henføres til tilfældigheder.



Figur 9. Sammenligning af nedbørmængde for døgn, hvor ingen af de to målere har været varmet op. Dataopsamlingen er for perioden 24/12-2005 til 31/5-2006.



Umiddelbart tyder det på, at årsagen til forskellene skal søges i opvarmningssystemet. Imidlertid kunne der være supplerende forklaringer: da opvarmningen er aktiv ved ”kold” nedbør, som i hovedsagen er døgn med sne, kunne lokale turbulensforhold påvirke målingen af sne, bl.a. som følge af placering af bom og mast (figur 1).

Døgn med sne er oftest karakteriseret ved vindretninger omkring øst. Som figur 4 viser, vender slusen, oven på hvilken målerne er opstillet, mod øst. Samspillet mellem slusens form og den fraværende læeffekt mod øst giver belæg for at antage, at der ved vinde fra østlige retninger sandsynligvis er forstyrrende turbulens og opvinde omkring målerne. Påvisning af i hvor høj grad en sådan effekt kan forklare de observerede forskelle, kræver analyser af døgnnedbør som funktion af vindhastighed, lufttemperatur og vindretning.

Desuden adskiller det nye opvarmningssystem sig fra det gamle ved, at også området omkring vippeskeen bliver opvarmet. Dette er for at hindre fastfrysning af skeen. I det gamle system kunne dannelse af is i og omkring vippeskeen spille en rolle, men for at konkludere på en evt. sådan effekt kræves der analyser af forskel i nedbørmængde som funktion af temperatur i tragt og vippetøj.

I det følgende foretages der for de to målere:

- analyse af deficit som funktion af vindhastighed, lufttemperatur og vindretning
- analyse af deficit som funktion af temperatur i tragt og vippetøj

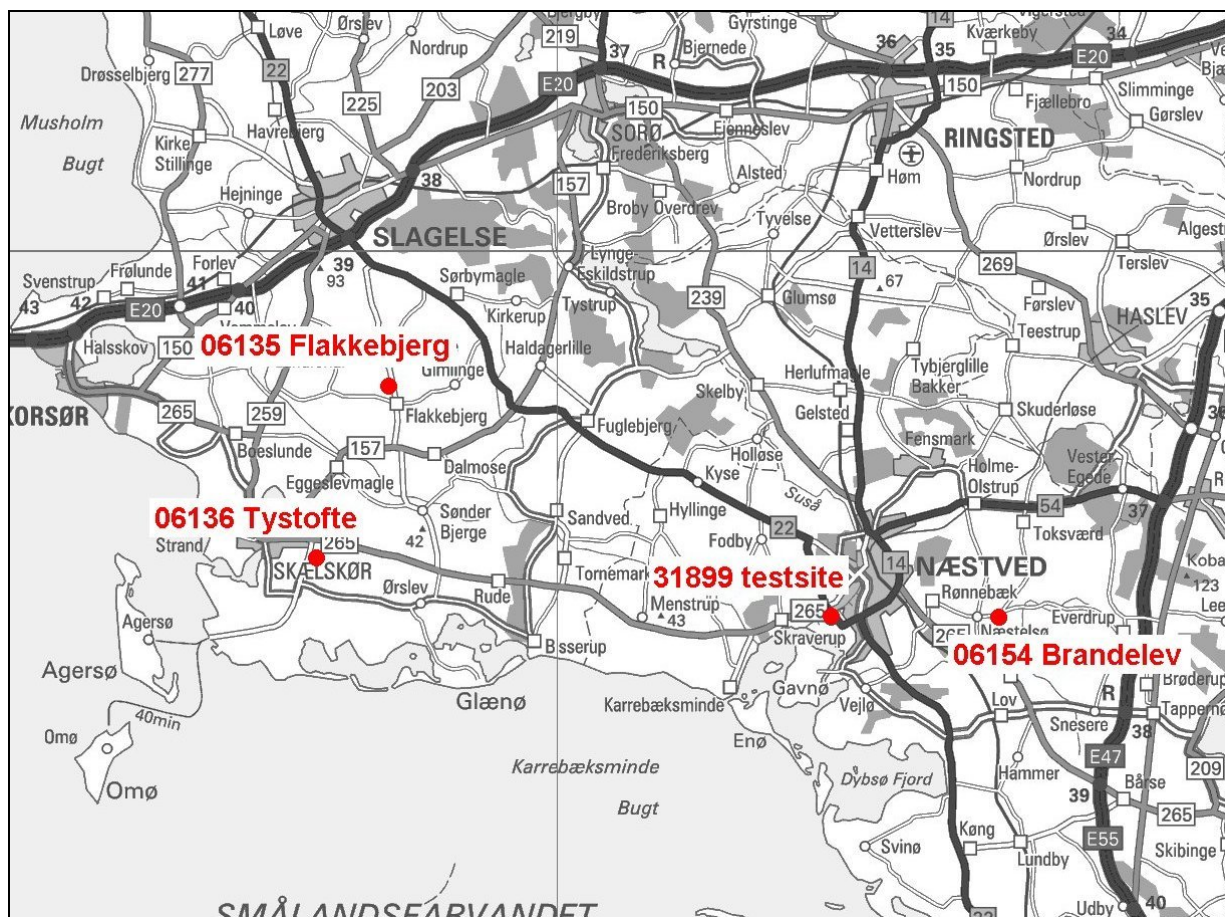
## Kvalitetskontrol af temperaturmålinger

Forud for analyserne var det nødvendigt at kvalitetskontrollere og korrigere for fejl i temperaturdata fra testsite. En fejl i temperaturfølsomheden har givet forholdsvis store spring i minutværdierne og kortvarige spidsværdier. Effekten heraf er dæmpet ved filtrering.

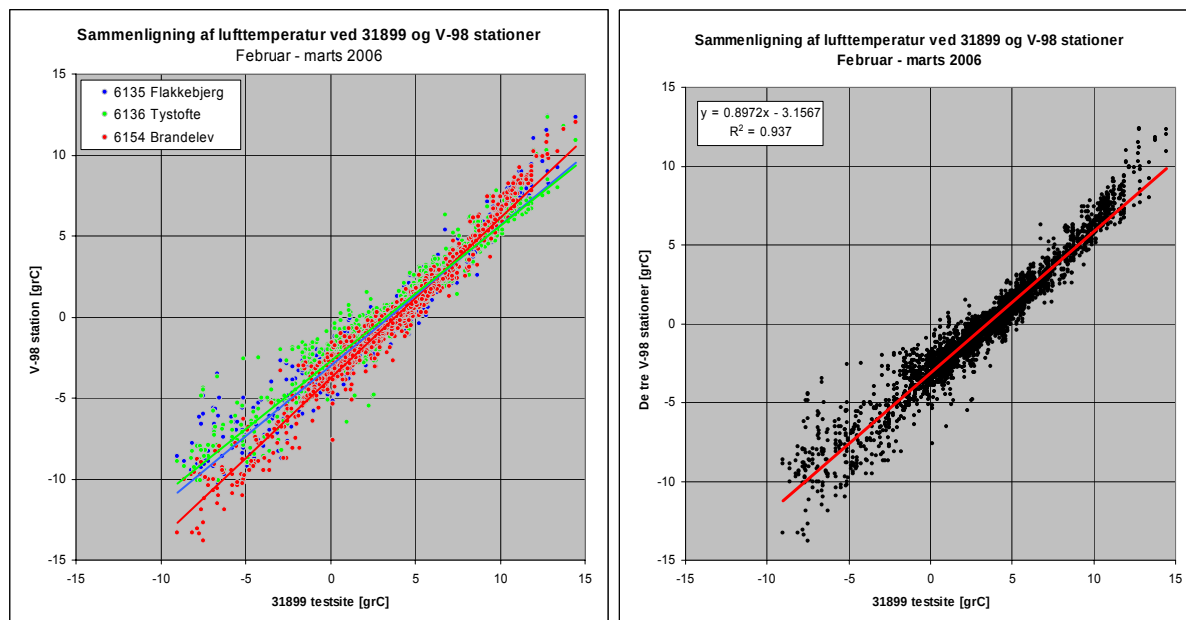
Desuden viste temperaturmålingerne sig at være konsekvent for høje gennem hele perioden som følge af nævnte tekniske vanskeligheder. F.eks. er temperaturerne over frysepunktet for mange snehændelser, trods frost i resten af landet. For at få en ide om størrelsen af denne fejl, er temperaturmålinger for hver time ved testsite blevet sammenlignet med tre nærliggende V-98 stationer: 06135 Flakkebjerg, 06136 Tystofte og 06154 Brandelev (figur 10).

Resultatet af sammenligningen er vist i figur 11. Klimatiske forskelle mellem testsite og stationerne kan give et forkert indtryk af fejls størrelse, men som venstre plot i figur 11 viser, er de tre stationer sammenlignelige med testsite. Bedst overensstemmelse med testsite fås ved sammenligning med 06154, der i afstand ligger tættest på, idet denne station giver mindst spredning og har den mest veldefinerede sammenhæng med testsite ved lave temperaturer. De to andre stationer har dog også sammenlignelige målinger, om end med lidt større spredning.

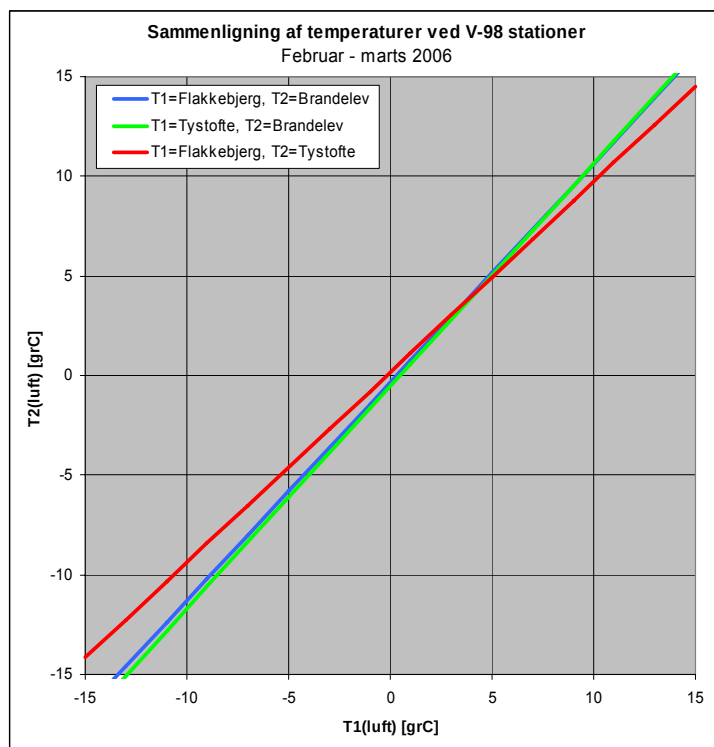
Det er tydeligt af figur 11, at Brandelev skiller sig ud i forhold til Flakkebjerg og Tystofte, men på det foreliggende grundlag er det svært at afgøre, hvilke af de tre stationer der har temperaturforhold mest lig testsite. Da testsite ligger tæt på fjorden, kan der argumenteres for, at den mest ligner Tystofte. Det er ikke givet, at Brandelev repræsenterer testsite bedst, blot fordi den ligger tættest på. Testsite kan sagtens have systematisk højere temperatur end Brandelev pga. perifer byklimaeffekt.



Figur 10. Oversigt over testsite og V-98 stationer.



Figur 11. Til venstre: sammenligning af timeværdier af lufttemperatur fra V-98 stationerne 06135 Flakkebjerg (blå), 06136 Tystofte (grøn) og 06154 Brandelev (rød). Til højre: sammenligning for poolede data for de tre V-98 stationer. Linie for bedste fit samt forklaringsgrad og omregningsudtryk er vist. Data er opsamlet henover perioden 1. februar til 31. marts 2006.



Figur 12. Sammenligning af relationer mellem Flakkebjerg og Brandelev, Brandelev og Tystofte, samt Tystofte og Flakkebjerg. Relationerne er udregnet på baggrund af data for perioden februar-marts 2006.

| T2<br>T1       | Brandelev<br>ifht.<br>Flakkebjerg | Tystofte<br>ifht.<br>Brandelev | Flakkebjerg<br>ifht.<br>Tystofte | Testsite<br>ifht. |             |          |
|----------------|-----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------------|----------|
|                |                                   |                                |                                  | Brandelev         | Flakkebjerg | Tystofte |
| T2(middel)     | -0.31                             | 0.22                           | 0.02                             | 3.51              |             |          |
| forskel(T2-T1) | -0.332                            | -0.502                         | -0.171                           | 3.795             | 3.461       | 3.293    |
| r              | 0.972                             | 0.962                          | 0.985                            | 0.982             | 0.969       | 0.964    |
| R <sup>2</sup> | 0.946                             | 0.926                          | 0.971                            | 0.964             | 0.939       | 0.929    |
| Antal samples  | 1383                              | 1406                           | 1385                             | 1406              | 1386        | 1408     |

Tabel 4. Sammenligning af temperaturforhold ved testsite, 06135 Flakkebjerg, 06136 Tystofte og 06154 Brandelev for perioden februar til marts 2006. der er vist middeltemperatur, forskel i middeltemperatur samt korrelation  $r$  og forklaringsgrad  $R^2$  for sammenligningen.

En sammenligning af temperaturforholdene ved de fire stationer er vist i figur 12 og tabel 4. Det er tydeligt, at Brandelev skiller sig ud overfor Flakkebjerg og Tystofte, der indbyrdes er meget ens. Ikke overraskende, da de ligger tæt på hinanden. Ved temperaturer nær frysepunktet er de tre stationer generelt ret ens, hvorimod Brandelev er koldest ved forholdsvis lave og varmest ved forholdsvis høje temperaturer. I gennemsnit for de to måneder er Flakkebjerg og Tystofte hhv. 0.33 og 0.50 °C koldere end Brandelev, mens Flakkebjerg er 0.17 °C koldere end Tystofte, hvilket dog slører, at Tystofte er koldest ved lave temperaturer og varmest ved høje. Testsite er 3.3 til 3.8 grader varmere end de tre stationer, men der kan ikke entydigt peges på en station, som testsite ligner mest.

Da det således er umuligt at afgøre, hvilken af de tre stationer der repræsenterer testsite bedst, er korrektion af temperaturdata fra testsite derfor baseret på det samlede datasæt for de tre stationer for perioden februar til marts 2006. Denne periode er valgt, fordi det er her opvarmningssystemet primært har været i funktion. Resultatet af denne sammenligning er vist i højre del af figur 11.

| Datasæt:    | Justering af testsite temperatur vha. forskellige relationer |       |       |       |      |      |      | r     | R <sup>2</sup> |
|-------------|--------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|----------------|
|             | -4                                                           | -2    | 0     | 2     | 4    | 6    | 8    |       |                |
| Flakkebjerg | -6.46                                                        | -4.73 | -3.00 | -1.26 | 0.47 | 2.20 | 3.94 | 0.969 | 0.939          |
| Tystofte    | -6.06                                                        | -4.39 | -2.72 | -1.05 | 0.63 | 2.30 | 3.97 | 0.964 | 0.929          |
| Brandelev   | -7.71                                                        | -5.74 | -3.76 | -1.78 | 0.20 | 2.18 | 4.16 | 0.982 | 0.964          |
| Alle data   | -6.75                                                        | -4.95 | -3.16 | -1.36 | 0.43 | 2.23 | 4.02 | 0.968 | 0.937          |

Tabel 5. Korrigerede temperaturværdier for relationer baseret på hhv. 06135 Flakkebjerg, 06136 Tystofte, 06154 Brandelev og det samlede datasæt. Desuden er vist korrelation  $r$  og forklaringsgrad  $R^2$  for sammenligning mellem hver af stationerne og testsite, og i forhold til det samlede datasæt. Data er for perioden februar-marts 2006.

Til sidst skal ses på, hvilken forskel det giver at anvende det samlede datasæt som basis for korrektion af testsite temperaturer frem for at basere en korrektion på separate datasæt for hver af de tre V-98 stationer. Der er fokuseret på temperaturer nær aktiveringstemperatur for opvarmning. Resultatet er vist i tabel 5. Alle relationerne er velkorrelerede med høj forklaringsgrad. Bedst sammenhæng er der mellem testsite og Brandelev data. Korrelationen mellem testsite og alle data kommer ud med en forklaringsgrad på næsten 94 %.

I det viste temperaturområde gør det ikke den store forskel, om korrektionen er baseret på alle data eller hver af datasættene fra de tre V-98 stationer. Hvis f.eks. testsite temperaturen er 6 °C, korrigeres den til 2.20, 2.30 og 2.18 °C for hhv. Flakkebjerg, Tystofte og Brandelev datasættene, mens det samlede datasæt korrigerer til 2.23 °C. For temperaturer udenfor intervallet -4 til +8 °C er afvigelserne ikke så interessante.

Herefter korrigeres alle temperaturer ved testsite vha. relationen  $T_{\text{kor}} = 0.8972 \cdot T - 3.1567$ .

## Deficit som funktion af temperatur i tragt og vippetøj

En undersøgelse af, om deficit (dvs. at ny måler har nedbørunderskud i forhold til gamle) kan skyldes opvarmning, kalder på hændelser med sne, men i februar og marts har der kun været få døgn med større mængder sne. For to døgn med sne viser figur 12a og 12b temperaturen i tragt og vippetøj samt tidspunkt for vip (0.2 mm) for nye og gamle system. Det ses, at der varmes op til væsentligt højere temperaturer i det nye system end i det gamle. Det gælder især for vippetøjet, der i gamle system har konstant frost, men i det nye har temperaturer, der udelukker risikoen for pålejring af is i målesystemet.

Det skal bemærkes, at temperaturfølerens placering ikke er optimal, idet den sidder på undersiden af tragten og er påvirket for meget af varmemfoliet, som altid er varmere end tragten. Det må derfor antages, at alle tragttemperaturer ved opvarmning er for høje, men det er dog umuligt at vurdere, hvor meget. Ud fra denne erfaring bør der arbejdes på en bedre montering af sensor, så der fremover fås en mere repræsentativ tragttemperatur.

Måling af temperatur i vippeske er også vanskelig, idet temperatursensoren af gode grunde ikke er monteret på selve skeen. Det ser dog ud til, at sensorens placering i forhold til opvarmningen er forholdsvis hensigtsmæssig, da temperaturmålingerne virker realistiske.

Tabel 6 viser middelværdier af temperatur i tragt og vippeske i forhold til den mængde sne, de to målere har registreret. Det gamle system har konstant frost ved vippeskeen, og pålejring af frossen nedbør eller rim kan ikke udelukkes. Hvis skeen i perioder er frosset fast, bør resultatet være færre vip. På den anden side fører dannelse af is i skeen til lidt mindre skevolumen med flere vip til følge.

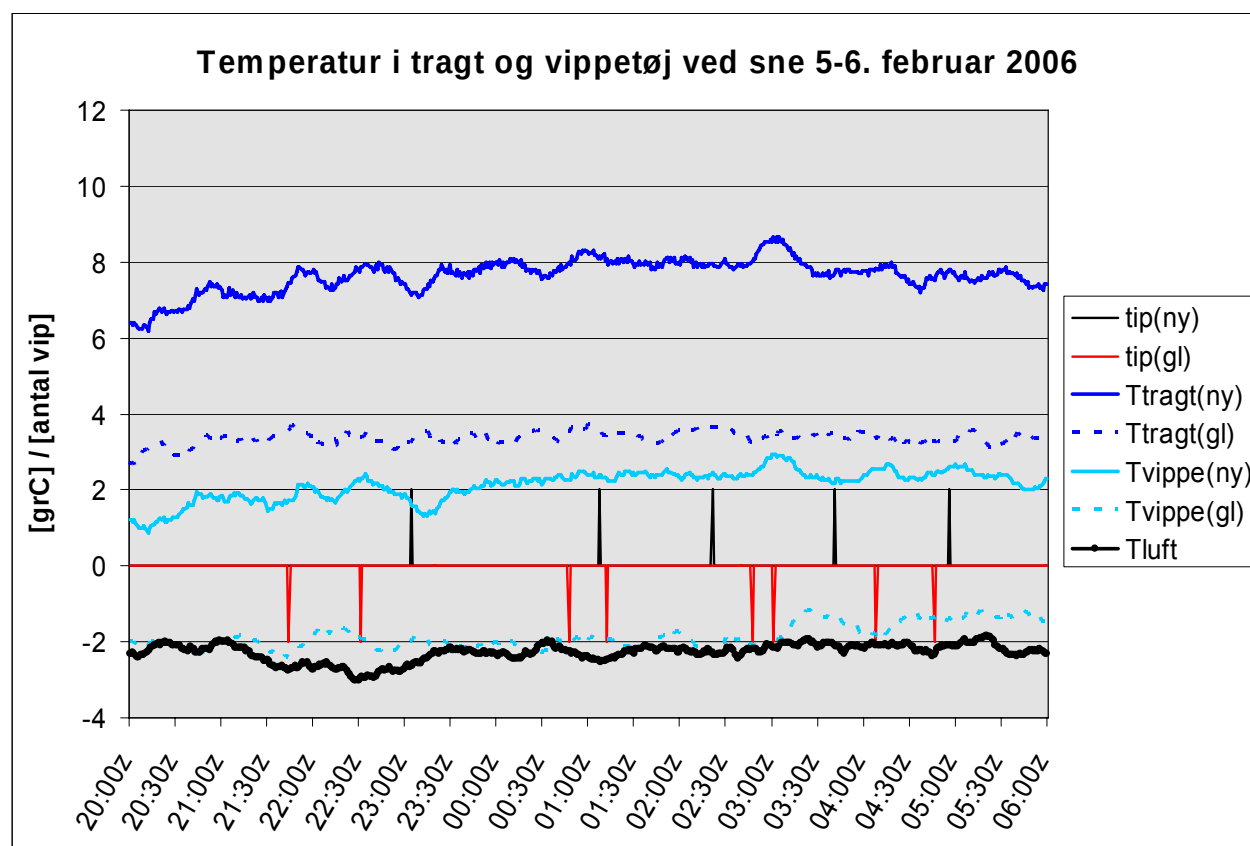
| Temperaturanalyse |                         | 31151 |       |      | 31899 |       |      | 31151 | 31899 | K % |
|-------------------|-------------------------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|-----|
|                   |                         | Tmaks | Tmidd | Tmin | Tmaks | Tmidd | Tmin |       |       |     |
| Tragt             | 5/2-6/2 2006 kl. 20-06z | 3.7   | 3.4   | 2.6  | 8.7   | 7.7   | 6.2  | 1.6   | 1.0   | 63  |
|                   | 4/3 2006 kl. 18-23z     | 3.5   | 2.5   | 1.9  | 7.7   | 6.4   | 5.6  | 2.2   | 1.6   | 73  |
| Vippe-tøj         | 5/2-6/2 2006 kl. 20-06z | -1.1  | -1.9  | -2.4 | 2.9   | 2.2   | 0.9  | 1.6   | 1.0   | 63  |
|                   | 4/3 2006 kl. 18-23z     | -0.7  | -1.7  | -2.3 | 2.9   | 1.9   | 0.8  | 2.2   | 1.6   | 73  |

Tabel 6. Temperaturstatistik for tragt og vippetøj. Desuden er vist nedbørdeficit for det nye system.

Datagrundlaget har imidlertid været for begrænset til at vurdere, om og i givet fald hvor meget disse effekter har været i spil i testperioden. Kun i de pågældende to døgn var snemængden tilstrækkelig til, at der kunne laves analyse. Der var en del døgn med sne i december og januar, men desværre er der ikke opsamlet temperaturdata for målesystemet i denne periode.

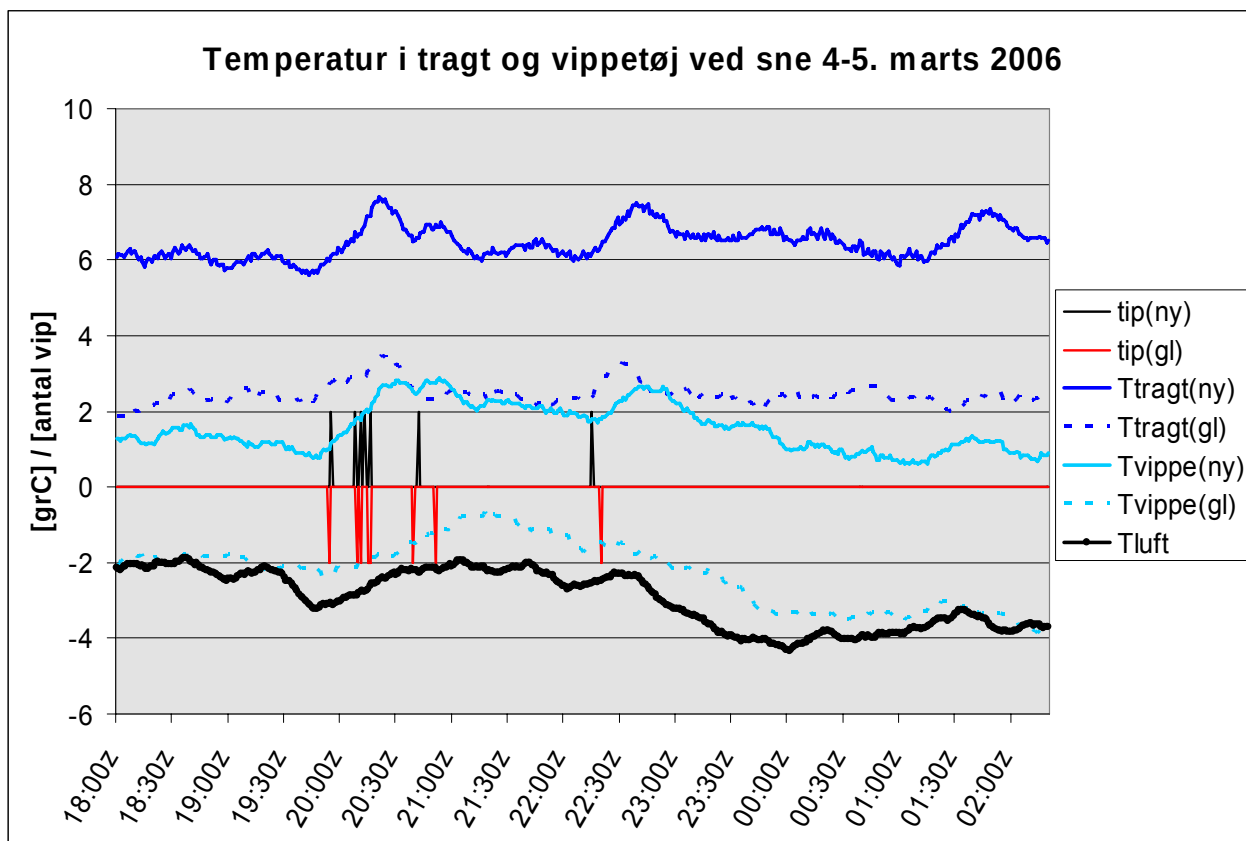
Et indirekte mål for risikoen for fryseffekter omkring vippeskeen kan fås ved at se på temperaturerne henover *hele* den periode, hvor disse data er tilgængelige, og hvor der kan falde sne. Herved kan vises, hvor ofte temperaturen omkring vippeskeen er nær det kritiske niveau for pålejring af is- og rim. En vurdering af opvarmningssystemets samlede virkning i de to målesystemer kan fås ved at se på både tragt- og vippetøjstemperatur henover en lang periode.

En sådan analyse er lavet for det meste af februar og marts. Dele af data for februar og marts er kasseret pga. manglende opvarmning i det ene eller i begge systemer, eller fordi der har været fejl i data. Analysen er baseret på 21,6 døgn i februar og 21 døgn i marts frem til 24/3-2006 kl. 06z, hvorefter temperaturer under 0 °C kun forekom sporadisk.



Figur 12a. For et døgn udelukkende med snedebør er vist temperatur på målertragt (Ttragt) og vippetøj (Tvippe) for gammelt (gl) og nyt (ny) system. Antallet af vip med det gamle og nye system er også vist.





Figur 12b. For et døgn udelukkende med snedebør er vist temperatur på målertragt (Ttragt) og vippetøj (Tvippe) for gammelt (gl) og nyt (ny) system. Antallet af vip med det gamle og nye system er også vist.

Tabel 7 viser en statistik for opvarmningssystemerne for februar og marts delt op på tragt og vippetøj. Lufttemperatur og temperatur på undersiden af tragt og i vippetøj er målt en gang i minuttet. Støj på målingerne er dæmpet ved filtrering.

Tabellen viser, at opvarmning af tragt i det nye system i gennemsnit fører til  $3\frac{1}{2}$  grader højere temperaturer end i det gamle. Der er samme maksimumværdi, men kun det gamle system har temperaturer under frysepunktet i tragten. Der skal tages forbehold for temperatursensors placering.

| Analyse af opvarmningssystem |         | Lufttemp | Tragt |       | Vippetøj |       |
|------------------------------|---------|----------|-------|-------|----------|-------|
|                              |         |          | Nye   | Gamle | Nye      | Gamle |
| Februar                      | Antal   | 31119    | 31119 | 31119 | 31119    | 31119 |
|                              | Maks    | 4.6      | 10.4  | 10.4  | 8.7      | 8.0   |
|                              | Middel  | 0.4      | 5.7   | 2.2   | 2.9      | 0.9   |
|                              | Min     | -7.1     | 3.3   | -2.9  | -2.2     | -6.7  |
|                              | Antal<0 | 10619    | 0     | 3840  | 888      | 8624  |
|                              | Pct<0   | 34.1     | 0.0   | 12.3  | 2.9      | 27.7  |
| Marts                        | Antal   | 30186    | 30186 | 30186 | 30186    | 30186 |
|                              | Maks    | 6.1      | 15.7  | 16.5  | 12.0     | 11.3  |
|                              | Middel  | -1.7     | 6.4   | 3.2   | 2.0      | -0.5  |
|                              | Min     | -11.0    | 2.3   | -2.4  | -4.8     | -10.2 |
|                              | Antal<0 | 20141    | 0     | 1131  | 4281     | 16413 |
|                              | Pct<0   | 66.7     | 0.0   | 3.7   | 14.2     | 54.4  |

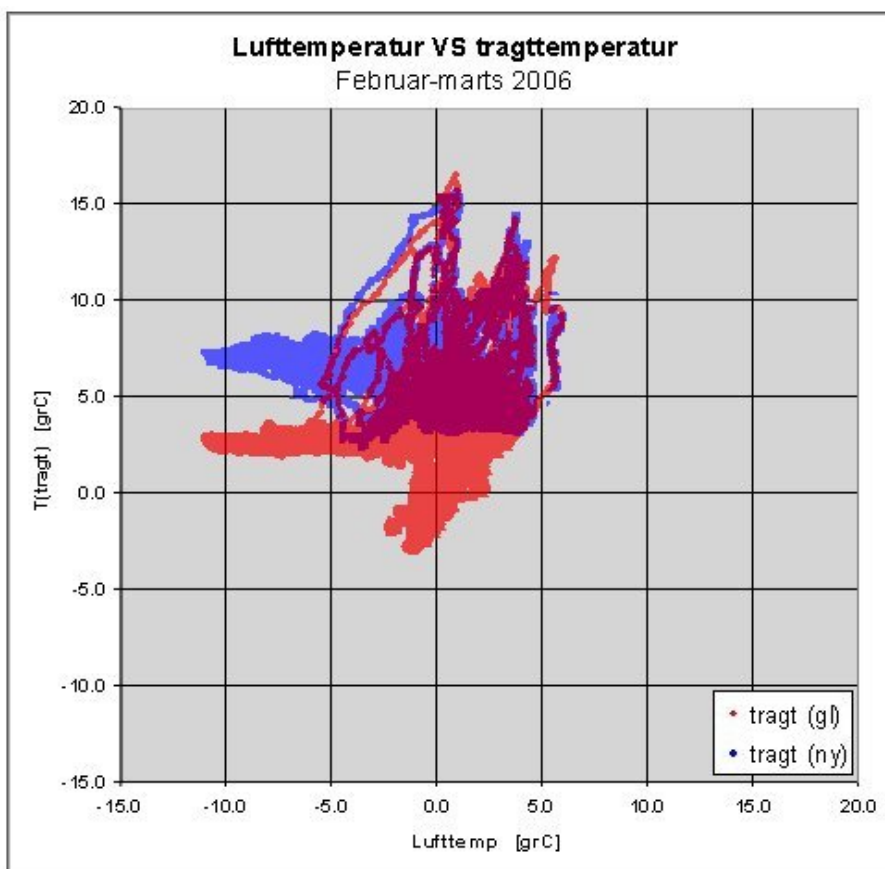
Tabel 7. Effekten af opvarmning af tragt og vippetøj i det nye og gamle system for februar og marts 2006.

Begge systemer opvarmer tragten ved lave temperaturer, så sne bliver smeltet efter hensigten, om end det gamle system i ca. 8 % af målingerne har tragttemperaturer under 0 °C. Årsagen kan muligvis være kortvarige tekniske udfald, men det har ikke været muligt at identificere disse i data. Desuden kan vind ved lave lufttemperaturer måske gøre det sværere for opvarmningen at "følge med". Endelig er der en mindre usikkerhed på fejlkorrektion af temperaturmålinger.

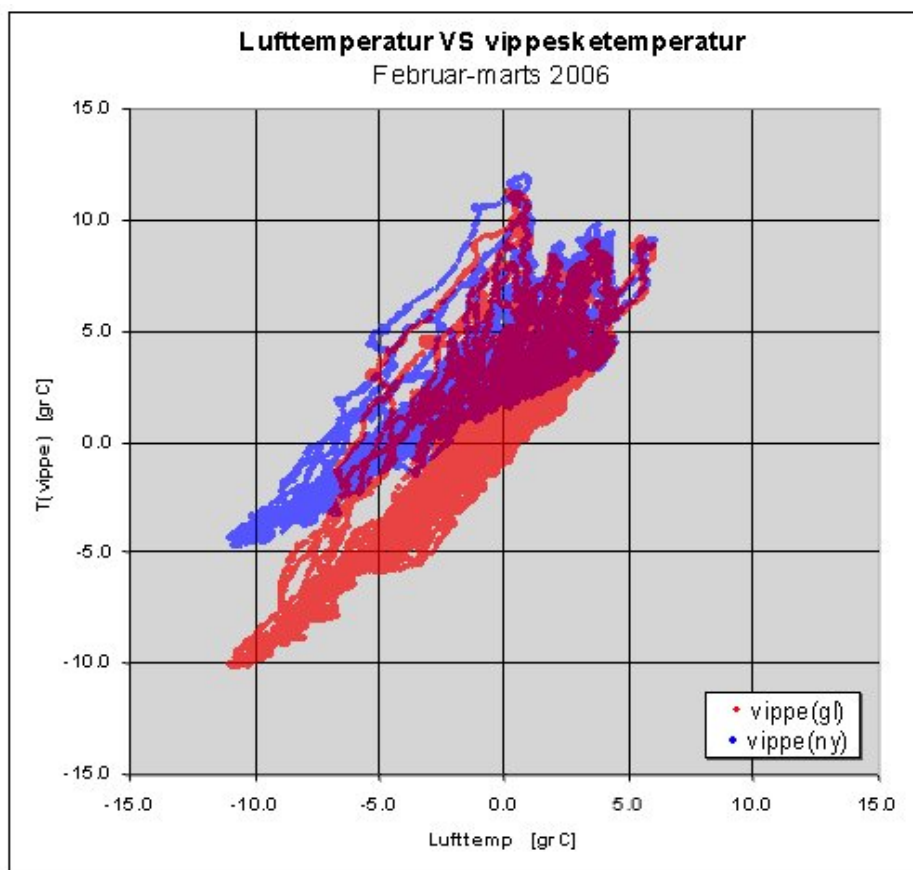
Opvarmningen af vippetøjet ligner en klar succes. I det nye system er temperaturer under frysepunktet betydelig sjældnere. At temperaturen mod forventning er under 0 °C for nye system kan skyldes nævnte usikkerhed på fejlkorrektion eller situationer med blæst ved lav lufttemperatur.

For at få mere information om de to systemer i forhold til hinanden, er der i figur 13 og 14 vist plots af samtlige observationer af tragten og vippetøjets temperatur i forhold til lufttemperatur.

Tragtopvarmningen i det nye system synes at køre stabilt gennem hele perioden, hvorimod det gamle ind imellem slår fra. Ved lave temperaturer er tragten 5-6 °C i det nye system og ca. 3 °C i det gamle. De største variationer i tragttemperatur ses nær frysepunktet, formentlig fordi varmesystemet oftere slår til og fra. Ved lavere temperaturer er temperaturen i begge systemer meget stabil. Det nye system sætter gradvis mere varme på, når temperaturen falder, og det varmer mere jævnt end det gamle system. Som før nævnt skal der tages forbehold for tragttemperaturerne, fordi temperatursensor kan være påvirket af varmemfoliet.



Figur 13. Temperatur omkring tragten i nye og gamle system for februar og marts 2006.



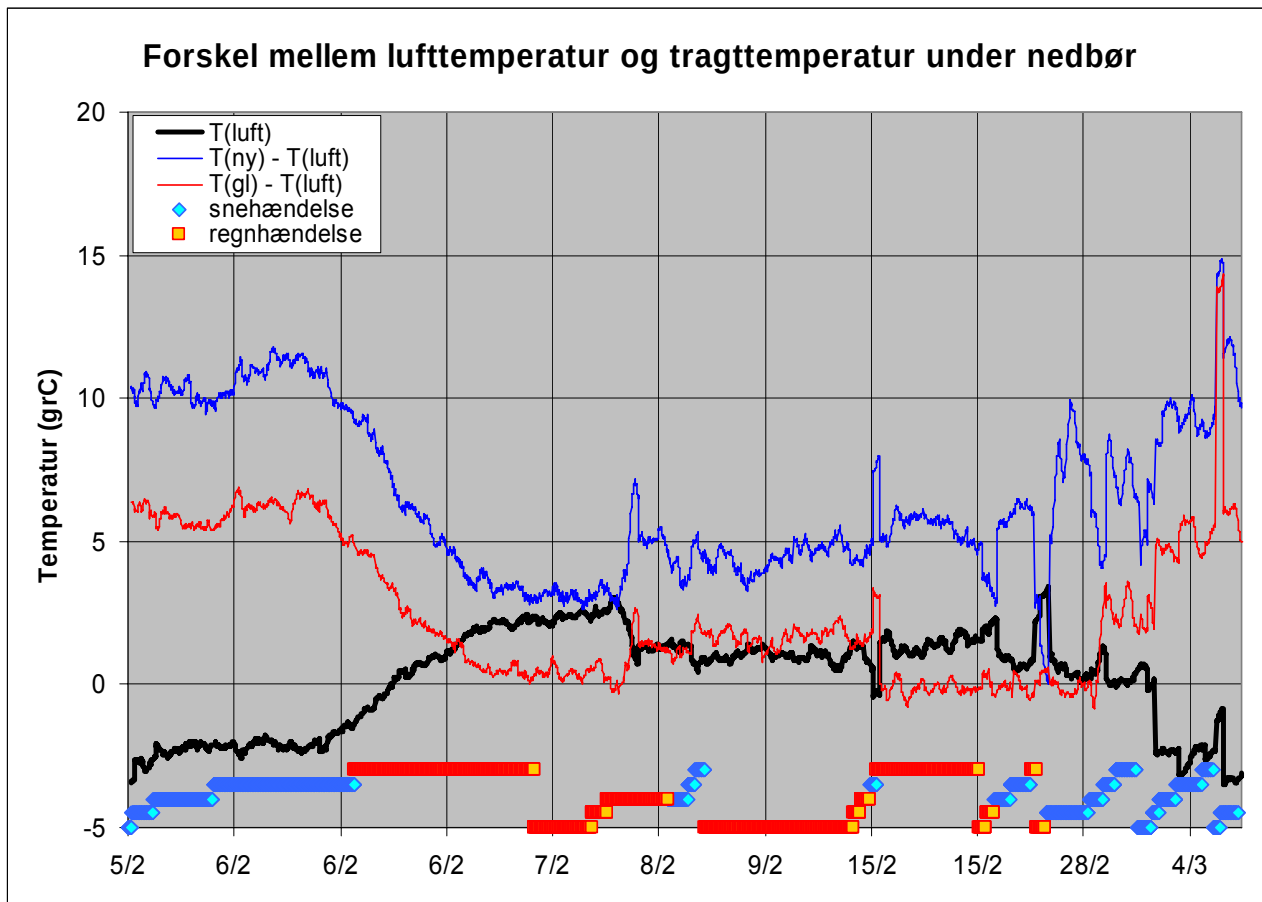
Figur 14. Temperatur omkring vippekøjet i nye og gamle system for februar og marts 2006.

Vippekøjetemperaturen i det gamle system ligger gennemgående tæt på lufttemperaturen, hvilket er forventet pga. manglende opvarmning. I det nye system er temperaturerne generelt højere, men er dog øjensynlig under frysepunktet ved lufttemperaturer under ca.  $-5^{\circ}\text{C}$ . Det er dog vanskeligt at måle vippekøjetemperatur, så der hersker en vis usikkerhed på disse data.

Det er sandsynligt, at når der falder sne, er der i det gamle system næsten altid frosttemperatur omkring vippekøjet. Det er dog meget vanskeligt at bedømme, om dette giver anledning til pålejring af is i vippekøjen og dermed mindre opsamlingsvolumen, så en given nedbørmængde fører til for mange vip. En sådan effekt kunne være med til at forklare, hvorfor det gamle målersystem registrerer mere nedbør end det nye, når der falder sne.

De højere dragttemperaturer i det nye system kunne også være med til at forklare, hvorfor det måler mindre nedbør end det gamle system. For at bedømme, om højere dragttemperatur har betydning for opsamlingen, er forskellen mellem luft- og dragttemperatur mens der falder nedbør blevet undersøgt, til trods for usikkerheden på temperaturmåling.

Figur 15 og tabel 8 viser forskellen mellem dragt- og lufttemperatur for en række hændelser med sne og regn i februar og marts 2006. I figur 16 er der vist, hvordan størrelsen af denne forskel er fordelt for sne og regn.



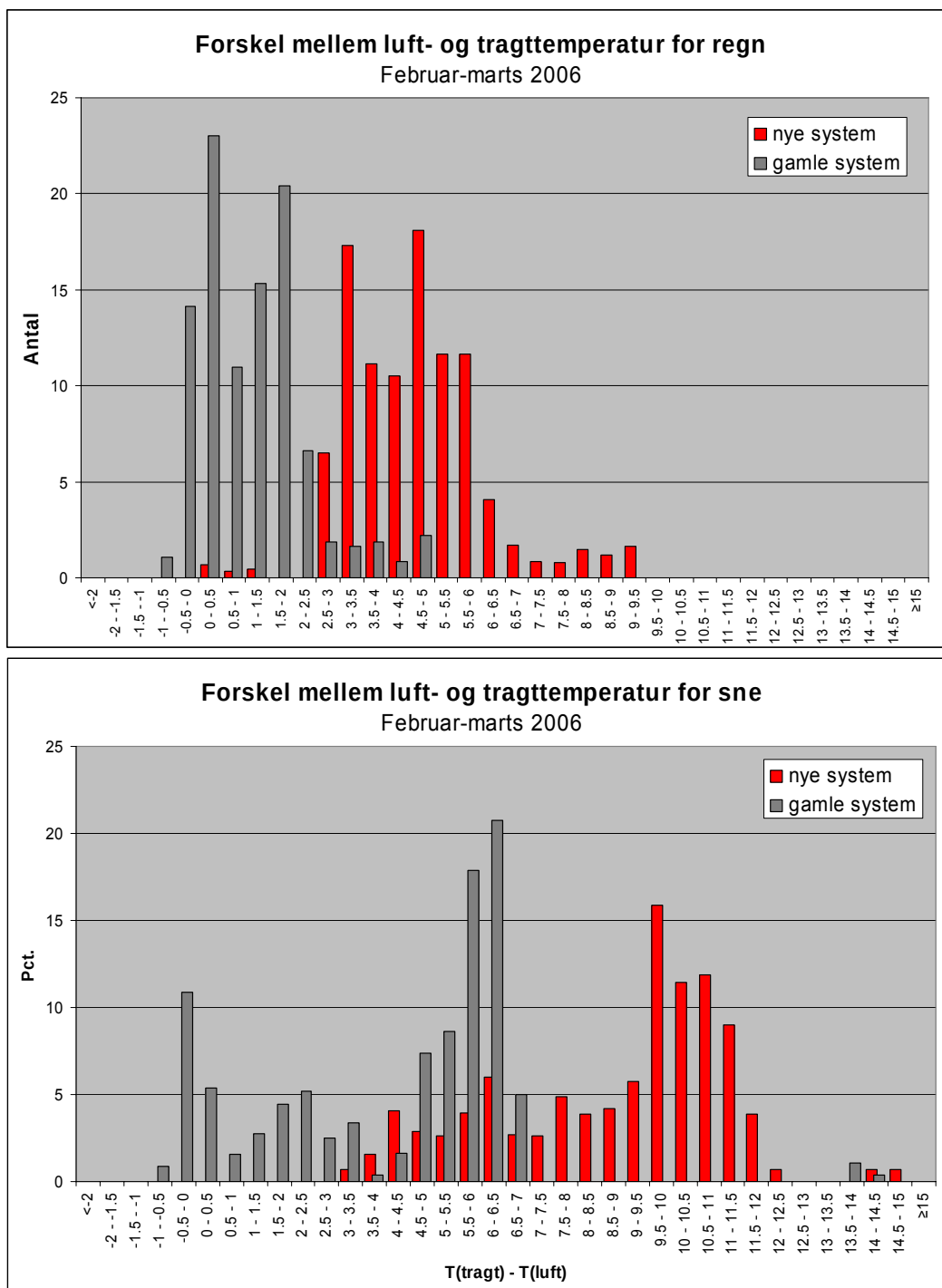
Figur 15. Forskel mellem tragt og lufttemperatur for nyt og gammelt system for hhv. sne- og regnhændelser i februar og marts 2006. Bjælkerne nederst i figuren viser, i hvilke perioder der faldt sne og regn. Bemærk: lufttemperaturen er korrigeret, da kvalitetskontrol sandsynliggjorde at den var ca. 3 °C for høj.

|        | Sne               |                                          |                                          | Regn              |                                          |                                          |
|--------|-------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
|        | $T_{\text{luft}}$ | $T_{\text{tragt(ny)}} - T_{\text{luft}}$ | $T_{\text{tragt(gl)}} - T_{\text{luft}}$ | $T_{\text{luft}}$ | $T_{\text{tragt(ny)}} - T_{\text{luft}}$ | $T_{\text{tragt(gl)}} - T_{\text{luft}}$ |
| Antal  | 1413              | 1413                                     | 1413                                     | 1724              | 1724                                     | 1724                                     |
| Maks.  | 1.5               | 16.6                                     | 16.0                                     | 3.4               | 10.5                                     | 5.3                                      |
| Middel | -1.2              | 9.9                                      | 4.6                                      | 1.4               | 5.2                                      | 1.3                                      |
| Min.   | -3.5              | 3.7                                      | -0.7                                     | -1.1              | 0.0                                      | -0.9                                     |

Tabel 8. Forskel mellem tragt og lufttemperatur for nye og gamle system for hhv. sne- og regnhændelser i februar og marts 2006. Antal = antal minutobservationer.

Det er tydeligt, at tragten i det nye system er konsekvent varmere end luften end det er tilfældet for det gamle system. For sne er tragten i gennemsnit ca. 10 og 4½ °C varmere end luften for hhv. det nye og gamle system, og for regn er tallene hhv. 5 og 1½ °C, dog med forbehold for værdierne. Imidlertid er forskellene meget skævt fordelt jfr. figur 16, så middelværdien er ikke et retvisende billede for, hvordan tragttemperaturen arter sig i forhold til lufttemperatur.

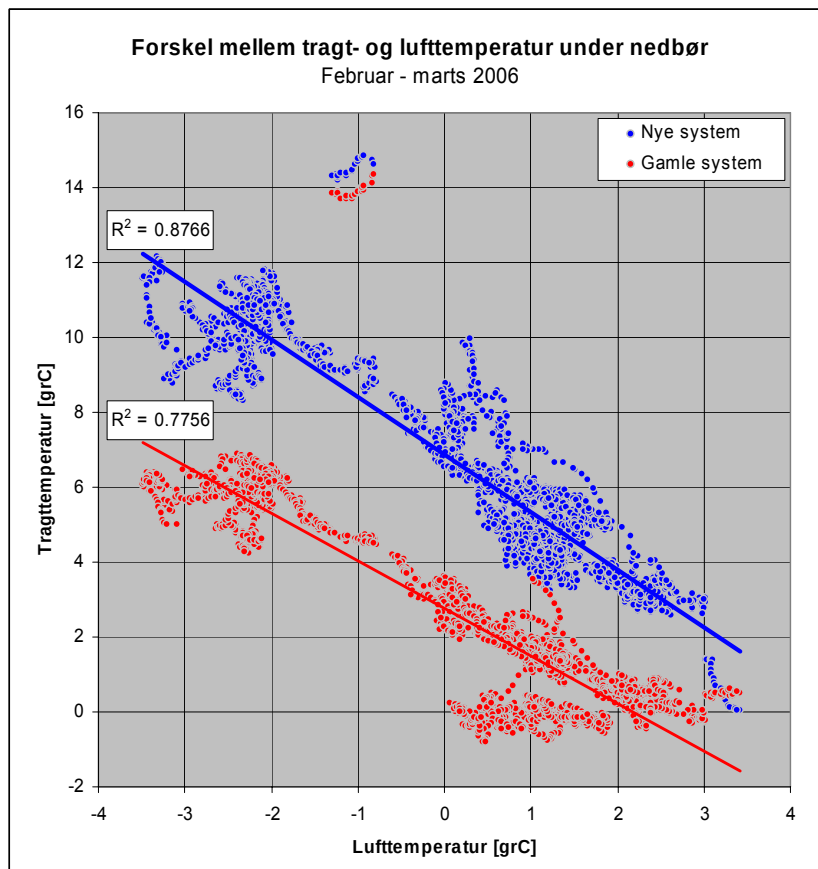
Der er således mange tilfælde med stor forskel i temperatur mellem tragt og den omgivende luft, men i hvor høj grad dette kan føre til mikroturbulens er et åbent spørgsmål, der kalder på nærmere undersøgelser ved laboratorietests. Pga. temperatursensors placering nær varmemolie er temperaturforskellene mellem luft og tragt dog reelt mindre end det angivne.



Figur 16. Fordeling af forskel mellem luft- og tragttemperatur for regn og sne i februar og marts 2006 for nye og gamle system.

En undersøgelse af tragttemperaturen under nedbør i forhold til luftens temperatur er vist i figur 17. Det ses, at tragttemperaturen i begge systemer stiger, når det bliver koldere. Når det bliver meget koldt, pulser varmen tilsyneladende løs for at modvirke afkøling. Der skal dog tages forbehold for, at den reelle tragttemperatur er lavere, idet sensoren sidder på undersiden af tragten og er påvirket af varmemfoliet. Ergo er det mere korrekt at sige, at tragttemperaturen stiger "lidt" ved faldende temperatur og at det nye system har mest varme på. En bedre placering af temperatursensor i fremtidig test bør kunne give et mere korrekt billede af forholdene.





Figur 17. Tragttemperatur under nedbør for gamle og ny system i forhold til lufttemperatur henover perioden februar til marts 2006.

Når der ses bort fra de tekniske fejl vist i figur 9, så afslører figur 17, at det nye system i nedbørperioder på intet tidspunkt haft udfald, og at det som før nævnt varmer mere end det gamle system. Selvom der for det gamle system er en mindre samling af punkter med tragttemperatur nær frysepunktet, ser dette system også ud til at fungere stabilt under nedbør.

## Deficit som funktion af vind- og temperaturforhold

Spørgsmålet er nu, om en tragt, der er noget varmere end luften, kan generere en ”varmluftsboble”, som er i stand til at påvirke vindfeltet ved måleråbningen i en sådan grad, at måleren opfanger en lille smule mindre nedbør, end den ellers ville have gjort. Hvis det er tilfældet, kan de konsekvent højere tragttemperaturer i det nye system for både regn og sne forklare, hvorfor det nye system har markant deficit i forhold til det gamle, når der varmes op og falder sne. Effekten ses i mindre grad også for blandet nedbør eller regn. Deficit ved opvarmning af målerne blev jo tidligere påvist, men ikke forklaret, for både regn og sne (tabel 3 og figur 7).

Det er i tidligere undersøgelser påvist, at deficit i forbindelse med opvarmning kun kan påvises ved lave vindhastigheder, dvs. ved 0-2 m/sek (Vejen et al, 2001<sup>2</sup>). I denne undersøgelse blev Rimco måleren sammenlignet med referencemålinger for et stort antal snehændelser henover perioden 1987-1993 i et WMO forskningsprojekt. Det er dog aldrig blevet fyldestgørende forklaret, hvorfor der er deficit i forbindelse med opvarmning. Hypoteser går i retning af ændrede turbulensforhold på mikroplan, når opvarmningen er slået til, men endeligt svar herpå kalder på laboratorieforsøg.

<sup>2</sup> Vejen, F. (ed), Nordstrøm, C., Nielsen, M. K., Nehring, C., og Jensen, K. A. (2001): Retningslinier for nedbørmåling. Krav til nedbørmåling og valg af måletyper. DMI, Intern Rapport, No. 01-16, Copenhagen 2001, 85 p.

Det var planen at efterprøve, om ovenstående effekter kunne genfindes ved lav vindhastighed, men data har kun muliggjort en sådan undersøgelsen i få tilfælde. Faktisk kun for 6 døgn (tabel 9), hvor to var med sne, et med regn og resten med blandet nedbør. Eftersom det er for sne, effekten er mest tydelig, må det konstateres, at datagrundlaget er utilstrækkeligt til nærmere analyse.

Af samme grund er det umuligt at teste, hvor stor indflydelse og om nogen det har, at der på den nye måler er monteret et målerskab på piedestalen. Skabet vender mod nord og sidder så langt nede som muligt, netop for at minimere eventuel forstyrrelse af vindfeltet. Da skabet vender mod nord, har det for langt de fleste nedbørhændelser næppe nogen betydning.

| tidspunkt  | 31151 | 31899 | K     | T<br>(nedbør) | V<br>(nedbør) | 06135<br>R<br>(nedbør) | 06135<br>vejrtype |
|------------|-------|-------|-------|---------------|---------------|------------------------|-------------------|
| 2006-02-06 | 1.6   | 1.0   | 0.625 | -2.46         | 3.36          | SSW                    | sne               |
| 2006-02-07 | 13.4  | 13.0  | 0.970 | -0.19         | 4.54          | SW                     | blandet           |
| 2006-02-08 | 3.0   | 2.6   | 0.867 | 2.35          | 3.12          | SW                     | regn              |
| 2006-02-09 | 2.6   | 2.2   | 0.846 | 1.56          | 3.37          | SW                     | blandet           |
| 2006-02-10 | 4.0   | 3.8   | 0.950 | 0.96          | 4.81          | N                      | blandet           |
| 2006-03-05 | 2.2   | 1.6   | 0.727 | -2.44         | 1.37          | Ø                      | sne               |

Tabel 9. Temperatur- og vindforhold under nedbør for en række nedbørdøgn, hvor der har været opvarmning af begge målersystemer.

Tabel 10 lister mulige forklaringer på observerede deficits, dvs. at 31899 måler mindre nedbør end 31151. Det skal bemærkes, at mast med sensorer står SSV for nye måler og N for gamle måler (se figur 1 og 3), så den kan påvirke nedbørmålingerne i retning af for lidt nedbør afhængig af vindretningen.

| tidspunkt  | K     | T<br>(nedbør) | V<br>(nedbør) | 06135<br>(nedbør) | 06135<br>vejrtype | Mulige forklaringer           |
|------------|-------|---------------|---------------|-------------------|-------------------|-------------------------------|
| 2006-02-06 | 0.625 | -2.46         | 3.36          | SSW               | sne               | Mastny, vippefrys, temptragt  |
| 2006-02-07 | 0.970 | -0.19         | 4.54          | SW                | blandet           | Mastny                        |
| 2006-02-08 | 0.867 | 2.35          | 3.12          | SW                | regn              | Mastny                        |
| 2006-02-09 | 0.846 | 1.56          | 3.37          | SW                | blandet           | Mastny                        |
| 2006-02-10 | 0.950 | 0.96          | 4.81          | N                 | blandet           | Mastgl                        |
| 2006-03-05 | 0.727 | -2.44         | 1.37          | Ø                 | sne               | vippefrys, temptragt, opvinde |

Tabel 10. Mulige årsager til, at den nye måler registrerer mindre nedbør end den gamle, når begge målersystemer er varmet op. Forklaringskoder:

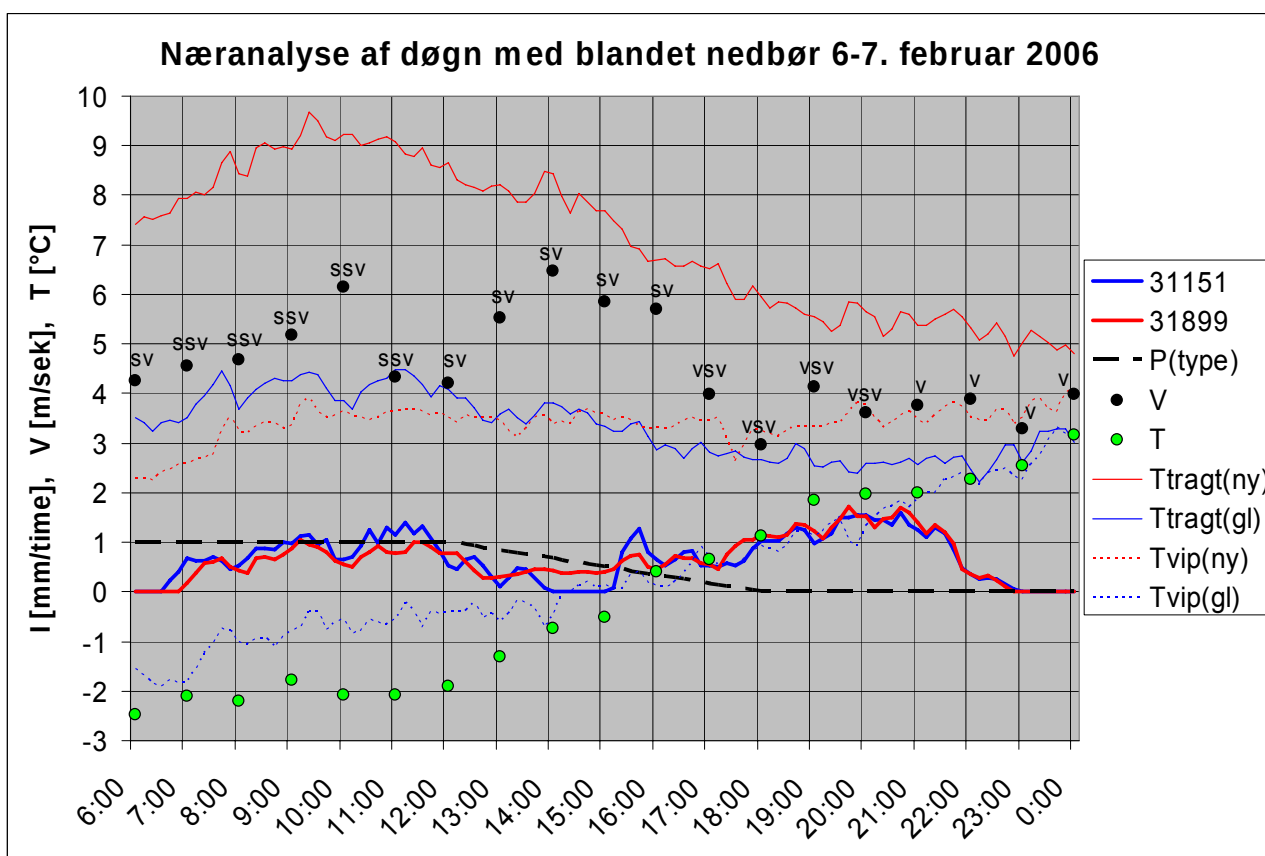
Mastny = sensormast kan have forstyrret målingerne med nye system, så det måler for lidt.  
Mastgl = sensormast kan have forstyrret målingerne med gamle system, så det måler for lidt.  
Vippefrys = muligvis betyder frysning i vippetøj i gamle system, at dette måler lidt for meget.  
temptragt = højere tragttemperatur for nye system kan betyde, at det måler for lidt, især for sne.  
opvinde = ved østenvind kan der genereres opvinde, som forstyrrer nedbørmåling uforudsigeligt.

Desuden betyder terrænet mod øst, at opvinde kan forstyrre nedbørmålingerne ved østenvind (se også figur 4). Der er flere mulige forklaringer på de observerede forskelle mellem nyt og gammelt målersystem, men på det foreliggende grundlag er det ikke muligt at pege på en præcis forklaringsmodel. I det følgende foretages næranalyse af de mest markante af nedbørhændelserne i tabel 9.

## En næranalyse af nedbørforløb henover tre døgn

Da det har været svært at finde en generel forklaring på deficit for testmåleren i forhold til 31151, er der lavet næranalyse af udvalgte nedbørdøgn for at se, om der er en nøjere forklaring på de observerede forskelle. Analysens mål er at se på regnintensitet henover tid i forhold til lufttemperatur, vindretning, vindhastighed og nedbørtype samt ske- og tragttemperatur. Der er udvalgt tre nedbørdøgn: blandet nedbør den 6-7. februar, regn den 7-8. februar og sne den 4-5. marts. Nedbørmængde og deficit ses af tabel 9.

Figur 18 viser observationer for hændelsen med blandet nedbør den 6-7. februar. Det starter med frost og sne ved vind fra SSV og SV. Herefter drejer vinden til SV og VSV, temperaturen stiger til over frysepunktet og nedbøren bliver blandet. Til sidst stiger temperaturen markant, vinden drejer til V og der falder regn. Vindhastigheden er gennem hele perioden mellem 6 og 9 m/sek. Deficit på 0.97 for hele døgnet indikerer, at de to målere måler næsten ens, men der er forskelle indenfor døgnet.



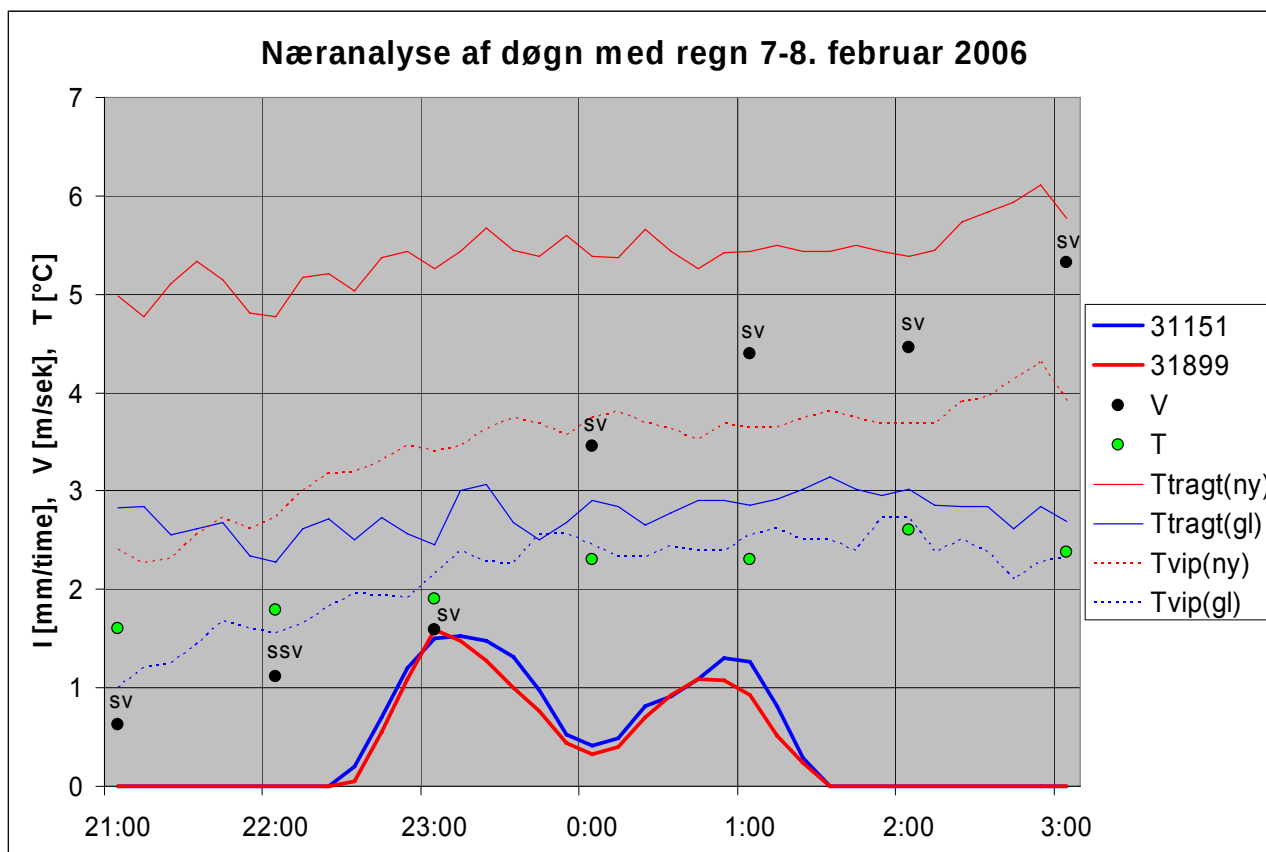
Figur 18. Næranalyse af nedbørmålinger i et døgn med blandet nedbør. Der sammenlignes vindretning og vindhastighed  $V$ , lufttemperatur  $T$ , tragt- og vippetøjstemperatur for gammel og ny måler, nedbørtype  $P(\text{type})$  og middelintensitet  $I$  henover 30 minutter.  $P(\text{type})=1$  er sne,  $P(\text{type})=0$  er regn, og værdier mellem 0 og 1 er blandet nedbør. Vindretningen er fra 06135 Flakkebjerg.

Det interessante er variationerne i nedbørintensitet for de to målere. For at gøre forskellene tydeligere, er intensiteten beregnet som middelværdi henover 30 minutter. I hele perioden var intensiteten ret lav og stort set kun mellem 0.5 og 1.5 mm/time. Det ses, at testmåleren helt tydeligt måler for lidt, mens der falder sne, hvorimod de to målere er stort set enige for regn.

Men i perioden med blandet nedbør mellem kl. 14 og 15 sker der noget interessant: 31151 melder tørvejr, men testmåleren bliver ved med at melde om nedbør!

Ud fra data i figuren er det svært at finde en forklaring, men i perioden faldt der stedvis isslag. Det er derfor muligt, at isslag har påvirket målingen, f.eks. via det uopvarmede vippetøj, indtil stigning i lufttemperatur har fået måleren til at fungere normalt igen. Måske er det derfor, at intensiteten for den gamle måler lige efter "tørvejsperioden" pludselig ligger en del over testmåleren.

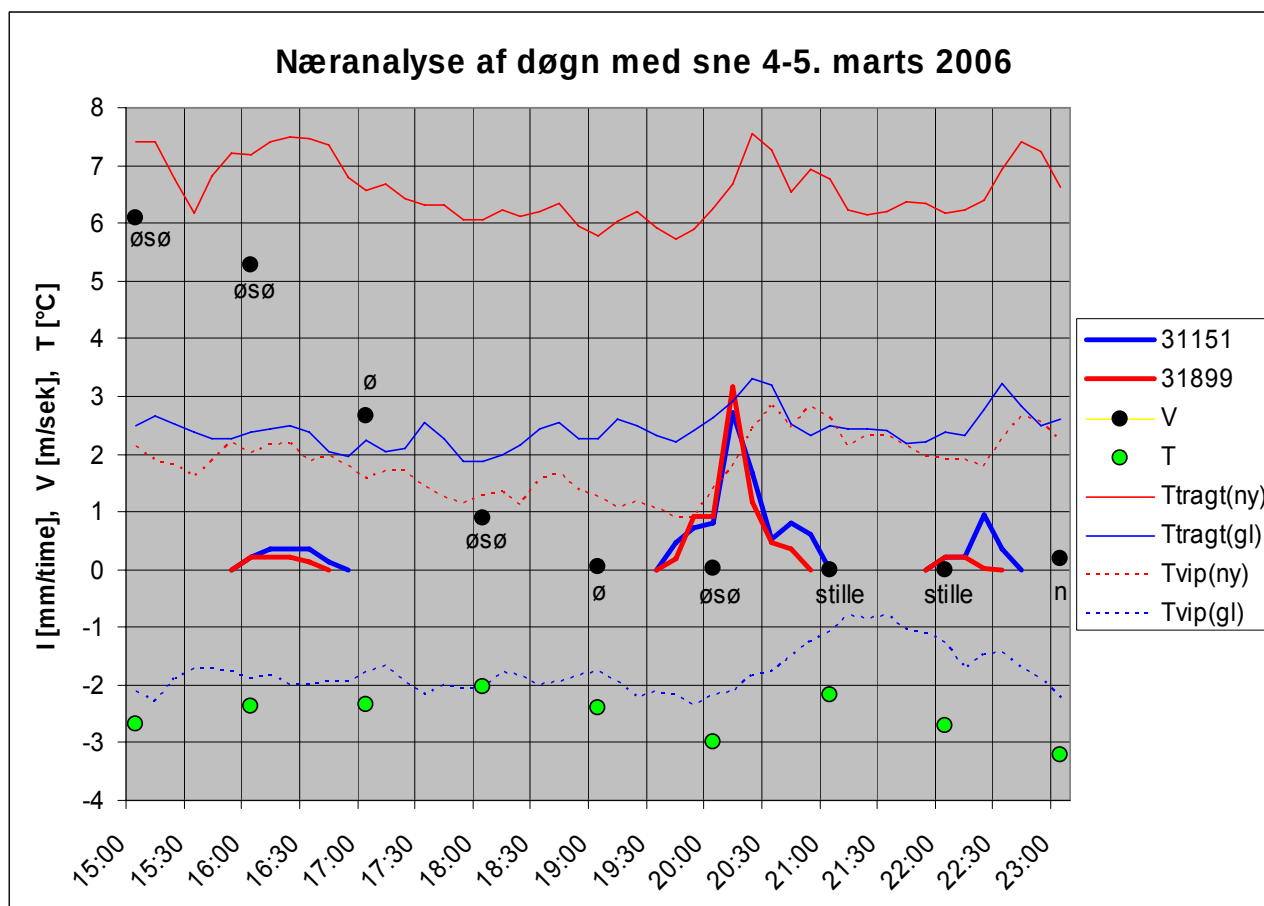
For perioden med sne måler testmåleren kun 80 % af det, 31151 gør, men i perioden med regn måler de to målere i praksis ens, idet testmåleren kun har et vip (0.2 mm) mere, hvilket er indenfor strejtykkelsen.



Figur 19. Næranalyse af et døgn med regn set i forhold til vindretning, vindhastighed V, lufttemperatur T, tragttemperatur for gammel og ny måler, samt gennemsnitlig nedbørintensitet I henover 10 minutter. Vindretningen er fra 06135 Flakkebjerg.

Årsagen skal søges i de meteorologiske forhold. Figur 18 viser tragttemperaturer, og specielt i perioden med sne og frost varmer det ny system mere end det gamle. Der skal dog tages forbehold for tragttemperaturerne, der er for høje jfr. tidligere beskrevne problemer som følge af temperatursensors placering. Påvirkning af nedbørmålingerne via opvarmning kan dog udelukkes, fordi vindhastigheden i sneperioden var forholdsvis høj, 4-6 m/sek.

Derimod kom vinden fra SSV i sneperioden. Præcis ved denne vindretning er det ret sandsynligt, at mast og bom med måleudstyr (figur 1 og 3) har forstyrret nedbørmålingerne og hindret en mindre del af nedbøren i at falde ned i testmåleren. Dette er den sandsynligste forklaring på det observerede deficit for testmåleren.



Figur 20. Næranalyse af et døgn med sne i forhold til vindretning og -hastighed V, lufttemperatur T, temperatur for tragt og vippetøj for gammelt og nyt system, samt middel nedbørintensitet I henover 10 minutter. Vindretningen er fra 06135 Flakkebjerg.

Figur 19 viser nedbørmålinger fra 7-8. februar 2006, hvor der hele døgnet har været regn. Deficit er 0.867, så et eller andet får testmåleren til at måle mindre end 31151, hvilket også ses af 10 minutters intensiteterne i figuren. Der er opvarmning på testmåleren, men da der er tale om regn, er det næppe opvarmningen, der er ansvarlig for deficit. Derimod ses vindretningen at være omkring SV, hvilket er kritisk i forhold til, at mast og bom med målegrej står SSV for testmåleren. Forstyrrelser i vindfeltet kan ikke udelukkes som årsag til deficit.

Sidste eksempel er et døgn med snebyger 4-5. marts 2006 (figur 20). Der faldt tre af slagsen, den første ved vind på 3-5 m/sek fra retninger omkring Ø, de to sidste ved næsten vindstille. Temperaturen var i hele perioden 2-3 graders frost, og der var konstant varme på begge systemer. Tragten i det ny system er varmere end i det gamle, og da det er nær vindstille ved de to sidste snebyger, kan opvarmningen måske være med til at forklare, hvorfor testmåleren måler mindre end 31151. Dog er tragtens temperatur lavere end det angivne, jfr. tidligere nævnte problemer med sensorplacering ved varmemefolie.

Det er også muligt, at isdannelse i den uopvarmede vippeske i det gamle system har nedsat skeens volumen nok til, at der registreres lidt for mange vip i forhold til testmåleren. Temperaturen i det gamle systems vippetøj varierede mellem 1 og 2 graders frost. Temperaturen steg i løbet af byge nr. 2, antagelig som følge af varmetilførsel fra smeltet sne, men lå alligevel konstant under frysepunktet, hvorfor isdannelse i vippetøjet ikke kan udelukkes.

Det ses, at testmåleren måler mindre end den gamle måler i slutningen af alle tre snebyger. Den helt præcise årsag hertil må dog indtil videre stå hen i det uvisse.





## Diskussion

Som følge af en fejl i sensorfølsomhed for måling af temperaturer er der udført kvalitetskontrol og korrektion af alle temperaturmålinger, såvel af målinger af lufttemperatur som af temperaturer i tragt og vippestøj. Kvalitetskontrollen er foretaget ved sammenligning med tre nærliggende V-98 stationer, hvorefter det stod klart, at målingerne fra testsite var for høje. I mange tilfælde med sne og frost i resten af landet lå temperaturen ved testsite over frysepunktet!

Temperaturmålinger fra de tre V-98 stationer er blevet anvendt som grundlag for korrektion af temperaturdata fra testsite. Sammenligninger påviste, at testsite målingerne er ca. 3 °C for høje i temperaturintervallet -4 til +8 °C. Det er klart, at usikkerhed på denne korrektion skal tages med i betragtningerne, når der konkluderes på analyserne af data. Men det står klart, at temperaturerne ved korrektionen er konverteret til et meget mere realistisk niveau, hvorfor analyseresultaterne med overvejende sandsynlighed står til troende.

Målinger af vindhastighed og -retning er målt i omtrent samme højde, som nedbørmålerne. Det gør, at vinddata afspejler helt lokale forhold og derfor ikke kan være genstand for samme grad af kvalitetskontrol som temperaturmålingerne. Der er ikke noget i målingerne af vindhastighed, som giver anledning til at så tvivl om kvaliteten.

Fra testsite er der sikret detaljeret rapportering af meteorologiske data og målinger på varmesystem og effektforbrug, og da alle målinger er foretaget i høj tidslig opløsning (1 minut), giver data i sig selv gode muligheder for fejlsøgning efter anormaliteter i målingerne og efterfølgende frafiltrering. På denne måde er kvaliteten af data blevet løftet og mulighederne for konklusioner forbedret.

Det har vist sig at være vanskeligt at foretage repræsentative målinger af temperaturen i tragt og vippestøj. Det er ikke ligetil at placere temperaturfølere i vippeskeen og på tragtens overside uden at påvirke nedbørmålingerne, men der bør arbejdes på en mere hensigtsmæssig løsning af montering.

Varmefoliet til opvarmning af tragt er placeret på undersiden af denne. Temperaturføleren sidder på undersiden af tragten og er påvirket af varmemfoliet, som altid er varmere end tragten, når der er varme på. Derfor er de målte tragttemperaturer for høje, afhængig af varmeafgivelsen fra varmemfoliet. Temperaturføleren i vippestøjet sidder ikke på selve vippeskeen og er derfor ikke repræsentativ. Det har ikke været muligt at bedømme størrelsen af disse problemer med repræsentativitet. Det vurderes dog, at fejlen på vippeskeens temperatur er tilstrækkelig lille til, at der kan drages konklusioner på disse målinger. Det samme er næppe tilfældet for tragttemperatur.

Tragttemperaturen i det gamle system har i kortere perioder været lidt under frysepunktet, hvilket ikke burde kunne lade sig gøre. Dette kan skyldes kortvarige uidentificerede udfald i varmesystemet, usikkerhed på korrektion af temperaturmålinger og vindpåvirkning ved lave temperaturer, hvor opvarmning kan have svært ved at følge med.

Det har været vanskeligt at vurdere nedbørmålingerne i forhold til vindeffekt, idet lokale forhold på testsite ved forskellige meteorologiske betingelser kan forstyrre vindfeltet i større eller mindre grad. Det betyder, at det f.eks. ikke har været muligt at afgøre, om placeringen af et målerskab på piedestalen har effekt på nedbørsopsamlingen. Vindeffekten er generelt størst for sne, men antallet af nedbørmålinger ved sne har været for begrænset til en pålidelig undersøgelse af denne effekt.



## Konklusion

Et nyt koncept for dataopsamling, kommunikation og varmestyring på Rimco målere i SVK nettet er blevet testet vha. detaljerede målinger fra en forsøgsopstilling i Næstved for at afklare, om ændringerne har betydning for målerens evne til at opsamle nedbør:

- Om montering af skab på piedestal kan påvirke opsamlingen af nedbør via vindpåvirkning.
- Om den ændrede opvarmning har betydning for opsamling af nedbør.

Nedbørmålinger for sne, blandet nedbør og regn er blevet sammenlignet med og uden opvarmning. Det samlede resultat er:

- *Regn*: den samlede nedbørmængde med de to målere er i praksis ens. Ved opvarmning er der et deficit på 95 % i forhold til det gamle system.
- *Blandet nedbør*: testmåleren har deficit på 96 % i forhold til det gamle system. Ved opvarmning er deficit 94 %.
- *Sne*: når der er opvarmning i begge målere, opfanger testmåleren kun 63 % af den sne, der måles i det gamle system.

En eller flere faktorer ser ud til at resultere i systematisk for lidt nedbør i det nye system, når der varmes op. Årsagen til forskellene skal specielt søges i evnen til at måle sne, der er særlig påvirkelig for turbulens. Det nye system gør ikke nødvendigvis måleren dårligere til at målere nedbør, blot fordi der opfanges mindre mængder sne. Der kan således peges på følgende mulige forklaringer på deficit for testmåleren:

1. Opvarmning af tragt påvirker ”mikroklimaet” forskelligt for de to målere.
2. Isdannelser i vippetøj fører til formindsket skevolumen og fastfrysning af vippeske.
3. Målingerne er forstyrret af lokale turbulensforhold der:
  - o er genereret af bom og mast, som giver øget påvirkning ved bestemte vindretninger,
  - o skyldes sluseport der ved østenvind danner lokalt vindfelt, som forstyrrer målingerne.

For at forklare de observerede forskelle, er nedbørmålingerne blevet undersøgt som funktion af vindhastighed, vindretning, lufttemperatur, læforhold samt temperatur i tragt og vippetøj.

Ad 1) opvarmning af tragt:

I det nye system er tragtens temperatur noget højere end i det gamle. Ved frost holdes tragttemperaturen i begge systemer stabilt over frysepunktet, og sne bliver smeltet efter hensigten.

Spørgsmålet er nu, om en tragt, der er noget varmere end luften, kan generere en ”varmluftsboble”, som er i stand til at påvirke vindfeltet ved måleråbningen i en sådan grad, at måleren opfanger en lille smule mindre nedbør, end den ellers ville have gjort. Hvis det er tilfældet, kan de konsekvent højere tragttemperaturer i det nye system for både regn og sne være med til at forklare, hvorfor det nye system har markant deficit i forhold til det gamle, når der varmes op og falder sne. Datagrundlaget har imidlertid været for spinkelt til at besvare dette spørgsmål.

Det er i øvrigt aldrig blevet fyldestgørende forklaret, hvorfor der er deficit i forbindelse med



opvarmning. Hypoteser går i retning af ændrede turbulensforhold på mikroplan, når opvarmningen er slået til. For at skaffe endeligt svar på dette spørgsmål, bør der f.eks. iværksættes en laboratorieundersøgelse for at vise, om opvarmning kan generere en forstyrrelse af vindfeltet, der akkurat er tilstrækkelig til at påvirke nedbørmålingen.

Endvidere skal der tages forbehold for, at sensorplacering har resulteret i for høje tragttemperaturer ved opvarmning. Der bør arbejdes på en montering, der kan give mere repræsentative målinger.

#### Ad 2) opvarmning af vippetøj:

Opvarmningen af vippetøjet ligner en klar succes. Vippetøjstemperaturen i det gamle system ligger gennemgående tæt på lufttemperaturen og er i lange perioder under frysepunktet. Det er sandsynligt, at når der falder sne, er der i det gamle system næsten altid frosttemperatur omkring vippetøjet, hvilket øger risikoen for pålejring af is i vippesystemet. Dette er en mulig forklaring på, hvorfor det gamle system måler mere sne end det nye. Vippeskeens volumen risikerer ved pålejring af is at blive mindre, hvilket vil føre til for mange vip. Det er dog vanskeligt at bedømme om, og i givet fald hvor ofte dette er årsagen til deficit. I det nye system varmes der op til højere temperaturer, og risikoen for tilfrysning er stort set elimineret. Det er endog sandsynliggjort, at opvarmningen har modvirket dårlige målinger ved f.eks. isslag.

#### Ad 3) lokale turbulensforhold:

Mast og bom med sensorer står sydsydvest for den nye måler og nord for den gamle, og det er sandsynliggjort, at denne placering er ansvarlig for deficit ved vinde fra syd og sydvest. Desuden betyder terrænet mod øst, at opvinde kan forstyrre nedbørmålingerne ved østenvind. Her er der dog ikke påvist nogen entydig påvirkning. Skab monteret på piedestal vender mod nord og har næppe større betydning for deficit andet end ved vindretninger fra nord. Det har dog ikke været muligt at påvise en effekt af målerskabet.

Alt i alt har undersøgelsen givet følgende resultat:

- Lokale påvirkninger af vindfeltet (mast, bog og sluseport) umuliggør vurdering af, om påmonterede målerskab kan påvirke vindfeltet omkring nedbørmåleren. Da skabet vender mod nord og sidder lavt på piedestalen, er risikoen herfor dog minimal.
- Lokale vindpåvirkninger er en del af forklaringen på, at det nye målesystem har deficit i forhold til det gamle.
- Ændringer i opvarmningssystemet giver efter alt at dømme mere pålidelige nedbørmålinger, særlig pga. opvarmningen af vippetøjet. Den forstærkede opvarmning af tragten i det nye system fører antagelig til et mindre tab af nedbør, men det har ikke været muligt at koble en præcis fysisk forklaring på denne antagelse.
- I det nye system er der en mere stabil opvarmning af måleren.
- Når opvarmningen er slået fra, giver de to målesystemer samme nedbørmængde.

Da det er bredt anerkendt, at opvarmning af vippeskemålere er problematisk, er det blot en gammelkendt problematik, der er blevet påvist i testforsøget. Der bør arbejdes videre med optimering af opvarmningssystemet, og det er derfor optimalt, at dette er let at konfigurere i det nye system. Det virkelig opmuntrende er, at de to systemer måler ens, når opvarmningen er slået fra, og at målingerne virker meget pålidelige for regn. Et nordvendt målerskab, der er monteret så lang nede på piedestalen som muligt, har således næppe nogen indvirkning på nedbørmålingen.

De samlede testresultater og den højere datasikkerhed gør, at der kun kan siges god for det nye koncept for dataopsamling og varmestyring.



**DMI**

Teknisk rapport Fejl! Ukendt betegnelse for dokumentegenskab.

## Tidligere rapporter

Tidligere rapporter fra Danmarks Meteorologiske Institut kan findes på adressen:

<http://www.dmi.dk/dmi/dmi-publikationer.htm>