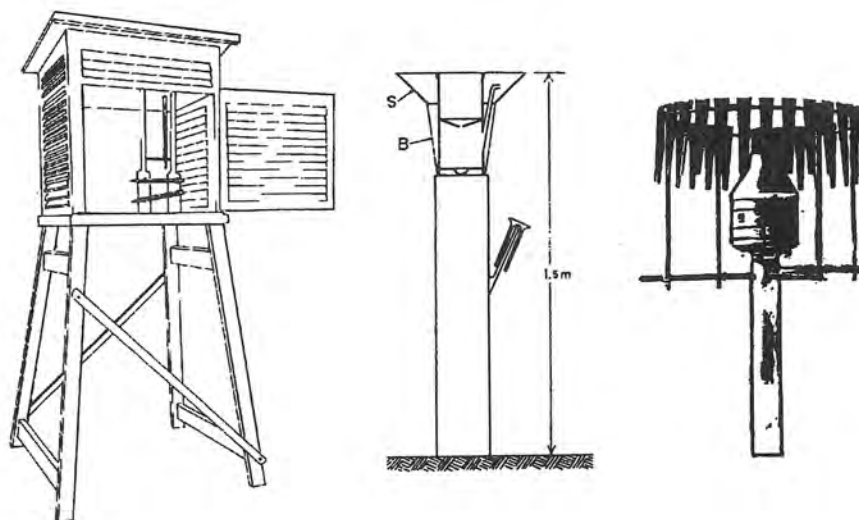


En jämförelse mellan  
AUTOMATISKA och MANUELLA  
FÄLTMÄTNINGAR  
av TEMPERATUR och NEDERBÖRD  
1994

Ulf Fredriksson  
Stefan Ståhl





**En jämförelse mellan  
AUTOMATISKA OCH MANUELLA FÄLTMÄTNINGAR  
av  
TEMPERATUR OCH NEDERBÖRD**

**Ulf Fredriksson  
Stefan Ståhl**

Omslagsbild: SMHI termometerbur, SMHI manuella nederbördsmätare av äldre modell, Geonor vägande nederbördsmätare.  
ISSN: 0283-7730  
Copyright: SMHI  
Tryckning: SMHI Norrköping, 1994  
Omslag: CA-Tryck Norrköping, 1994

## Förord

Temperatur och nederbörd är viktiga parametrar inom meteorologi och hydrologi. När SMHI började att planera omstrukturering av sitt meteorologiska observationsnät bedömdes det värdefullt att jämföra hur väl automatiska mätningar gjorda med modern mätteknik, stämmer överens med manuella mätningar av temperatur och nederbörd.

Under perioden september 1993 till och med mars 1994 har manuella avläsningar av temperatur och nederbörd gjorts parallellt med automatiska mätningar på mätområdet vid SMHI i Norrköping. De manuella mätningarna har utförts av personal från observationskontrollgruppen på enheten för observationer. De som regelmässigt har utfört observationer är Sigvard Andersson, Anders Dagsten, Bengt-Göran Fahlén, Ulf Fredriksson och Stefan Ståhl.

Norrköping oktober 1994

Författarna



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

|     |                           | Sida |
|-----|---------------------------|------|
| 1.  | INLEDNING                 | 9    |
| 1.1 | Bakgrund                  | 9    |
| 1.2 | Syfte                     | 9    |
| 2   | GENOMFÖRANDET             | 9    |
| 2.1 | Datainsamling             | 9    |
| 2.2 | Utrustning                | 10   |
| 2.3 | Beskrivning av mätplatsen | 11   |

### TEMPERATURMÄTNINGEN

|     |                                                    |    |
|-----|----------------------------------------------------|----|
| 3   | METOD                                              | 12 |
| 3.1 | Temperaturmätningen                                | 12 |
| 4   | RESULTATREDOVISNING                                | 12 |
| 4.1 | Beteckningar                                       | 12 |
| 4.2 | Resultatredovisning                                | 13 |
| 5   | SAMMANFATTNING                                     | 15 |
| 6   | UNDERSÖKNINGENS TILLFÖRLITLIGHET                   | 16 |
| 6.1 | Olika typer av fel                                 | 16 |
| 6.2 | Bedömning av totala felets inverkan på resultatet. | 16 |

### NEDERBÖRDSMÄTNINGEN

|     |                               |    |
|-----|-------------------------------|----|
| 7   | METOD                         | 17 |
| 7.1 | Nederbördsmätningen           | 17 |
| 8   | RESULTATREDOVISNING           | 17 |
| 8.1 | Resultat                      | 17 |
| 9   | SAMMANFATTNING                | 20 |
| 9.1 | Sammanfattning och slutsatser | 20 |
| 10  | REFERENSER                    | 21 |
| 11  | BILAGOR                       | 22 |



## **1 INLEDNING**

### **1.1 Bakgrund**

SMHI har i samband med omstrukturering av sitt meteorologiska observationsnät, OBS 2000, behov av att jämföra hur automatiska meteorologiska mätningar stämmer överens med manuellt gjorda observationer. De mättekniska kraven på både temperatur och nederbörd är höga. De tidigare liknande undersökningar som har gjorts inom detta område har inte utförts med så kraftfull insamlingsdator som dagens datateknik medger. Dagens datorer har en beräknings- och minneskapacitet som är avsevärt större än vad tidigare generationers datorer hade. Sammantaget så medger dagens datorteknik att resultatet beräknas avsevärt snabbare och med större noggrannhet.

### **1.2 Syfte**

Undersökningen har som syfte att erhålla kunskap om överensstämmelsen mellan manuella mätningar och mätningar gjorda med en modern automatstation. Undersökningen har utförts som en del av OBS 2000.

Resultatet från temperaturmätningar används dels i den operativa prognostjänsten i realtid, dels används observationerna klimatologiskt. Dessa båda har skilda mättekniska krav. Prognostjänsten i realtid har krav som i stort sett motsvarar WMOs rekommendation för synoptiska mätningar. Det klimatologiska kravet på temperaturmätningar speglar i stort WMOs rekommendation för klimatmätningar. Det är viktigt att medeltemperaturen över en månad inte påverkas av att SMHI byter mätteknik från manuella mätningar till mätningar med automatstationsteknik. Som ett försök att definiera det klimatologiska kravet så kan 0,1 °C vara ett riktmärke.

## **2 GENOMFÖRANDET**

### **2.1 Datainsamlingen**

Den jämförande mätningen har gjorts på SMHIs mätområde i Norrköping, under tidsperioden 1993-09-14 till 1994-03-31. De manuella mätningarna har gjorts av personal från Io, tre gånger per dag till 1994-02-25 därefter 1 gång per dag, under kontorstid. De olika observationer kan benämnas morgon, middag resp kvällsobservation. På morgonen har temperatur (aktuell, max och min), luftfuktighet samt dygnsnederbörd observerats, på middagen har endast aktuell temperatur och luftfuktighet observerats och på kvällen har temperatur (aktuell, max och min) samt luftfuktighet observerats. Automatiska temperaturobservationer har genomförts med Vaisala MILOS 500 automatstation, utrustad med Pt 100 element från Pentronic, med en specificerad mätnoggrannhet på 1/10 DIN 43760. Parallellt med temperatur och luftfuktighetsmätningen har tre typer av automatiska nederbördsräknare jämförts med manuell. Bland de automatiska nederbördsräknarna finns två typer av sk vägande nederbördsräknare, den tredje är av tipping - typ. Den manuella mätningen har gjorts med den konventionella SMHI typen. Nederbördsräknaren finns beskriven i observatörshandboken kap. 5.

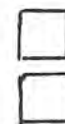
## 2.2 Använd utrustning

Vaisala MILOS 500 för mätvärdesinsamling av temperatur och luftfuktighet.  
ADAT 3 för mätvärdesinsamling av nederbörd  
Friedrich nederbördsjätare mod 7050.1  
Geonor nederbördsjätare mod T200  
Belfort nederbördsjätare mod 5915-500  
Vaisala fuktmätare HMP 35  
Lambrecht fuktmätare 201a  
Pentronic Pt 100 element 1/10 DIN 43 760  
Vaisala strålningskydd mod DTR 13  
Termometerbur av SMHI modell av trä i storlek 70\*53\*81 cm  
Thermo Schnieder kvicksilvertermometer  
Temperaturnormal Pt 100, Heraeus, ser nr. 490732  
HP Multimeter mod 3490A, ser nr 1211AO1253

## 2.3

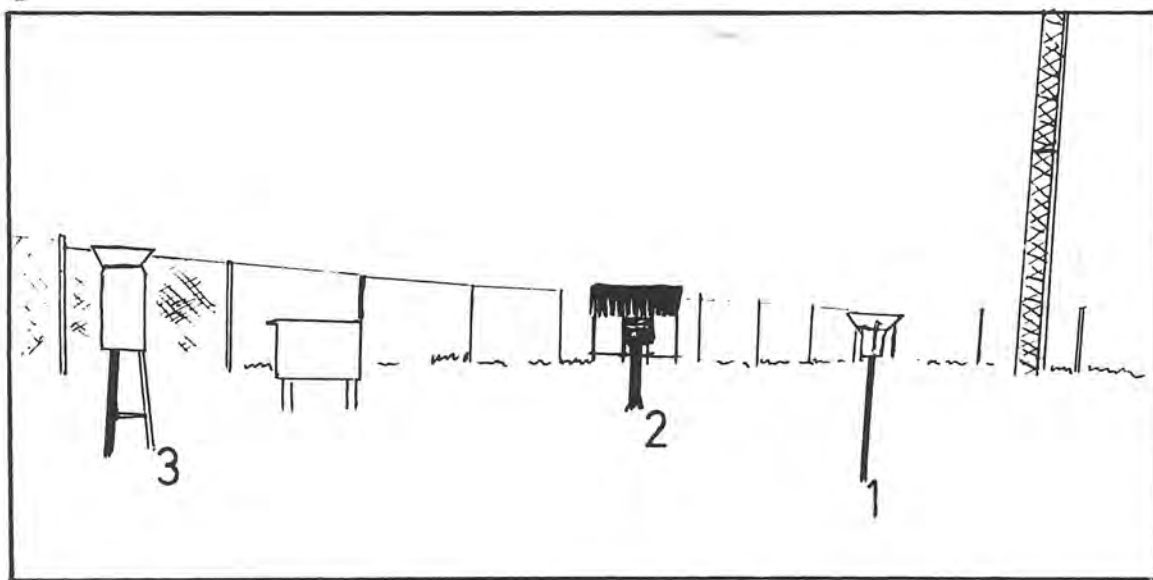
### Beskrivning av mätplatsen

Mätområdet är ett inhägnat gräsområde i anslutning till SMHIS lokaler i Norköping.



Kurer

4 ⊙



utgångspunkt  
för skiss



1 ⊙

2 ⊙

3 ⊙

Tempgivare



Termometerbur

11  
Mast

10m

- |                  |              |
|------------------|--------------|
| 1 Manuell mätare | höjd ca 1.7m |
| 2 Geonor         | höjd ca 2.0m |
| 3 Belfort        | höjd ca 2.0m |
| 4 Friedrich      | höjd ca 1.5m |

# Resultat från temperaturmätningen

## 3 METOD

### 3.1 Temperaturmätningen

För att utvärdera hur resultatet från manuella temperaturmätningar stämmer överens med temperaturmätningar från en automatisk automatstation har det insamlade materialet bearbetats statistiskt. Korrelationen mellan den manuella referenstermometern och de båda Pt 100 elementen kopplade till en automatstation har undersökts. Storleken på medelskillnaden mellan den manuellt avlästa temperaturen och den temperatur som observerades med hjälp av automatstationsteknik har beräknats. Det insamlade materialet har dels undersökts i dess helhet, dels har en uppdelning i olika temperaturkluster gjorts.

De termometrar som användes vid det jämförande testet valdes slumpmässigt ut ur det lager som är avsett för observationsverksamheten. Pt 100 elementen valdes på samma sätt ut ur de Pt 100 element som har anskaffats för projektet OBS 2000.

Efter det att fältmätningen hade avslutats kalibrerades givarna mot SMHIs temperaturnormaler, vilka har direkt spårbarhet mot RMP 01, riksmätplats för temperatur.

Denna kalibrering har använts för att bestämma den korrektionsfaktor som skall användas för att minska det mätfel som förorsakas av skillnader i respektive temperaturgivares kalibrering. Den framräknade skillnaden mellan de olika temperaturgivarna i fälttestet har korrigerats med ovanstående korrektionsfaktor.

## 4 RESULTATSREDOVISNINGEN

### 4.1 Beteckningar

Följande statistiska beteckningar har använts:

|                         |   |                                                                                                     |
|-------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $T_r$                   | = | ThermoSchnider Hg (-35 till +45 °C) Referenstermometer i termometerburen.                           |
| $T_b$                   | = | Pt 100 element i termometerbur. Typ Pentronic 1/10 DIN                                              |
| $T_s$                   | = | Pt 100 element i Vaisala strålningsskydd. Typ Pentronic 1/10 DIN.                                   |
| $\underline{n}$         | = | Antal observationer                                                                                 |
| $\bar{x}$               | = | Medelvärde                                                                                          |
| $R^2$                   | = | Regressionskoefficient                                                                              |
| f.g.                    | = | Frihetsgrader                                                                                       |
| F                       | = | mått på en beräknings tillförlitlighet                                                              |
| $T_r = b_0 + b_1 * T_i$ |   | Formel för sambandet mellan referenstermometern och Pt100 elementen. Där $T_i$ är $T_b$ eller $T_s$ |

## 4.2 Resultatredovisning

Nedanstående resultat grundar sig på 334 st observationer under tiden 1993-10-13 tom 1994-03-31.

### Korrektion av mätresultat

Det insamlade materialet har bearbetats statistiskt. Materialet har dels bearbetats som ett samlat material, dels indelats i sex olika temperaturkluster. De medelskillnader som först beräknades har sedan korrigerats med en korrektionsterm, som har bestämts vid en samtidig kalibrering av samtliga ingående givare. Detta för att eliminera systematiska fel föranledda av skillnader mellan givarnas kalibrering.

### Redovisning av skillnader

*Tabell 1 Hela det insamlade materialets skillnader med tillhörande varianser redovisas nedan.*

|                   | Förhållande<br>Tr-Tb | Förhållande<br>Tr-Ts |
|-------------------|----------------------|----------------------|
| Medelskillnad     | 0,002                | 0,014                |
| Varians           | 0,018                | 0,039                |
| Abs medelskillnad | 0,08                 | 0,095                |
| Varians           | 0,011                | 0,030                |

### Redovisning av skillnader efter klusterindelning

Tabell 2 Klusterindelad material

| Kluster         | Skillnad<br>Tr - Tb | Skillnad<br>Tr - Ts | Korrigerad<br>skillnad<br>Tr - Tb | Korrigerad<br>skillnad<br>Tr - Ts | f.g. |
|-----------------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------|
| -20 till -10 °C | 0,117               | -0,050              | 0,0165                            | -0,1617                           | 4    |
| -10 till -5 °C  | 0,053               | 0,141               | -0,0475                           | 0,0292                            | 30   |
| -5 till 0 °C    | 0,132               | 0,119               | 0,0315                            | 0,0072                            | 70   |
| 0 till 5 °C     | 0,131               | 0,142               | 0,0305                            | 0,0302                            | 127  |
| 5 till 10 °C    | 0,074               | 0,122               | -0,0265                           | 0,0102                            | 52   |
| 10 till 17 °C   | 0,032               | 0,105               | -0,0665                           | -0,0067                           | 39   |

Ovanstående korrigerade skillnader visar att skillnaden mellan den manuellt avlästa temperaturen och den med Pt 100 element uppmätta temperaturen, i SMHIs termometerbur, är extremt liten. Denna skillnad måste enligt min bedömning vara försumbar. Även skillnaden mellan kvicksilvertermometern och Pt 100 elementet i Vaisala strålningsskydd måste anses sakna praktisk betydelse.

Tabell 3 De största skillnader som har observerats mellan referenstermometern och respektive Pt 100 element redovisas nedan.

|                  | Tr - Tb | Tr - Ts |
|------------------|---------|---------|
| Negativ skillnad | 0,9 °C  | 2,1 °C  |
| Positiv skillnad | 0,4 °C  | 0,8 °C  |

Man kan också konstatera att det råder en skillnad i temperaturavläsning med hjälp av Pt 100 element i SMHIs termometerbur och i Vaisala strålningsskydd. Detta är ingen nyhet, det konstaterades redan i det sk TUSS projektet ( SMHI- RMK No62, 1991) som genomfördes 1989 - 90.

För att ytterligare undersöka förekomsten av skillnader i att mäta temperatur i SMHIs termometerbur och Vaisala strålningsskydd har materialet granskats mer i detalj. Det som jag har sökt är tillfällen då de båda Pt 100 elementen inbördes visar en stor skillnad. Några sådana tillfällen har också hittats och granskats mer i detalj. Se bilaga 4 och 5. Ett så-

dant tillfälle inträffade den 22 mars 1994. Tidpunkten var 0430 till 0630 UTC. Vid detta tillfälle var temperaturen hastigt sjunkande, ca 2 °C på 30 minuter, för att sedan stiga hastigt, ca 3 °C på 30 minuter. Vid detta tillfälle ses tydligt att temperaturen i termometerburen visar en eftersläpning jämfört med temperaturen i Vaisala strålningsskydd. Storleken på skillnaden är periodvis 0,5 till 1 °C. Vid ett annat tillfälle, 28 mars 1994, så var temperaturen hastigt stigande, ca 4 °C på mindre än 30 minuter. Även vid detta tillfälle visar termometerburen en eftersläpning i förhållande till Vaisala strålningsskydd.

### Regressionsanalys

För att ge ett mått på undersökningens tillförlitlighet har det insamlade materialet undersökts med hjälp av regressionsanalys. Resultatet från dessa redovisas nedan.

*Tabell 4 Resultat från regressionsanalys*

| Givare | R <sup>2</sup> | b <sub>0</sub> | b <sub>1</sub> | F-värde | f.g. |
|--------|----------------|----------------|----------------|---------|------|
| Tb     | 0,999491       | 0,0087         | 0,9969         | 651443  | 332  |
| Ts     | 0,999597       | 0,0148         | 0,9995         | 298834  | 332  |

En tolkning av ovanstående ger det resultatet att det råder ett mycket bra samband mellan de båda Pt 100 elementens visade värde och det mätvärde en manuell mätning ger ( b<sub>1</sub> ligger nära 1).

## 5 SAMMANFATTNING

En temperaturmätning med manuell termometer stämmer väl överens med en temperaturmätning med Pt 100-element och automatstationsteknik. Det som har framkommit är att det är en liten skillnad mellan att mäta i SMHIs termometerbur och att mäta i Vaisalas strålningsskydd. Strålningsskyddens inverkan på mätresultatet finns utförligt utrett i det sk TUSS projektet. Med hänvisning till ovanstående resultat och resultatet från TUSS så är min bedömning den att temperaturmätning med automatstationsteknik i Vaisala strålningsskydd ger ett resultat som är jämförbart och väl stämmer överens med resultatet från en temperaturmätning i SMHIs termometerbur.

## 6 UNDERSÖKNINGENS TILLFÖRLITLIGHET

### 6.1 Olika typer av fel

Vid undersökningar liknande denna kan olika typer av fel förekomma. Dessa fel kan indelas i

- Urvals och estimationsfel
- Mätfel
- Bortfallsfel

Denna undersökning är en totalundersökning, hela observationsmaterialet har tagits med, varför urvalsfel helt kan uteslutas. Som ett led i att minimera mätfelen har de använda givarna kalibrerats mot SMHIs temperaturnormaler, vilka har direkt spårbarhet till riksnormal vid Statens Provningsanstalt (RMP 01). De framräknade temperaturskillnaderna mellan kvicksilveertemometern och resp Pt 100 element har adderats med framtagna korrektionstermer.

Fel förorsakat av bortfall kan förekomma då den använda mätdataren under en kortare period inte sparade sina mätvärden pga att dess minne var fullt. Olyckligtvis inträffade detta under den kallaste delen av mätperioden.

Enligt min bedömning så förekommer visserligen fel i undersökningsmaterialet men dess inverkan på mätresultatet måste här anses sakna betydelse.

### 6.2 Bedömning av totala felets storlek och inverkan på resultatet

Det finns flera statistiska metoder för att bedömma en undersöknings tillförlitlighet. En metod är att ange regressionskoefficienten för en regressionsanalys. En annan metod är att ange dess F värde. Regressionskoefficienten  $R^2$  är ett tal mellan 0 och 1, ju högre värde desto bättre överensstämmelse. Koefficienten jämför det uppskattade värdet med det verkliga. F värdet däremot visar om korrelationen mellan beroende och oberoende variabler är slumpmässiga eller ej. Ett högt F värde ger ett mindre beroende av slumpmässiga variabler än vad ett lägre gör.

I denna undersökning är  $R^2$  (Tr-Tb) 0,9969 och  $R^2$  (Tr-Ts) 0,9995 vilket är en mycket bra överensstämmelse.

F värdet är 651442 resp 298833 vilket är ett så högt värde att slumpmässiga variabler helt saknar betydelse.

I delar av det klusterindelade materialet, tabell 2, kluster -20 till -10 °C och kluster -10 till -5 °C, är antalet observationer så få att de beräknade skillnaderna inte är signifikanta på 95 % signifikansnivå.

Statistiskt sett så visar resultatet en mycket bra överensstämmelse mellan manuellt uppmätta temperaturer jämfört med automatiskt gjorda observationer.

# Resultat från nederbördsmätningen

## 7 METOD

### 7.1 Nederbördsmätningen

Tre automatiska nederbördsmätare har jämförts med manuella referens mätningar. De testade mätarna är av fabrikat Friedrich, Belfort och Geonor. Den första är av typen tipping bucket, de två senare är sk ackumulerande vägande nederbördsmätare. En olägenhet med dessa är att de behöver tömmas manuellt några gånger per år.

För att klara is och snö är Friedrich utrustad med elektrisk uppvärmning. I de två vägande mätarna slås sprit för att förhindra att det fryser och olja för att förhindra avdunstning. De fyra mätarna har varit uppställda på SMHIs mätplats (se skiss ). Tömning av den manuella mätaren har skett en gång per dygn under vardagar.

SMHIs mätplats är fritt belägen och vindens påverkan på mätningarna kan därför vara tämligen stor. Samtliga mätare var utrustade med vindskärm. Friedrich, Belfort och den manuella mätaren var utrustade med SMHIs standard skärm medan Geonor var utrustad med en specialskärm av typ ALTER bestående av fritt hängande, ca 4 dm långa, plåtbitar i en ring runt mätaren.

## 8 RESULTATREDOVISNING

### 8.1 Resultat

Driftsmässigt har alla tre mätarna fungerat tillfredsställande. Resultaten presenteras i bilaga 6-12 för mätperioden 21 september 1993 till 31 mars 1994. September var i viss mån en inkörningsperiod och kommer inte att tas med i redovisningen nedan. I alla bilagor har inte alltid hela månaden rymts men det är utan betydelse för att åskådliggöra resultatet. Förutom ackumulerad nederbörd har vindhastigheten ritats ut i bilagorna. Vindhastigheten misstänktes kunna påverka mekaniken i de vägande nederbördsmätarna. Någon klar sådan påverkan är dock svårt att utläsa ur bilagorna.

Av bilaga 7 framgår att under oktober har mest nederbörd uppmäts i den manuella mätaren 35.7 mm, därefter i Tipping bucket med 34.1 följt av Belfort med 33.7. Minst erhöles i Geonor med 30.8 mm. Månadssummorna är här räknade fram till och med sista mättillfället den sista i månaden. I tabell 5 presenteras månadssummor för de manuella mätningarna och kvoter gentemot dessa för de automatiska nederbördsmätarna.

Båda de vägande nederbördsmätarna är instabila, de går upp till en nivå för att sedan gå tillbaka till en lägre, dvs man får negativa nederbördsmängder. Geonor gör det endast lite medan Belforden gör det mera uttalat. Om man drar gårdagens ackumulerade nederbördsmängd från dagens, för att på så sätt få dygnsnederbörden, råkar man ut för problemet att man ibland får negativ nederbörd för att några dagar senare få en falsk mängd då mätaren återgått till den tidigare nivån. Sätter man alla negativa mängder lika

med noll och adderar dygnsnederbörden ( här egentligen mätdagar) får man för oktober för Belfort 36.0 mm och för Geonor 32.2 mm. För Belfort har således tillkommit en falsk mängd på 2.3 mm och Geonoren 1.4 mm. I tabell 6 presenteras motsvarande värden för övriga månader. Av tabellen skulle man kunna tro att under januari och februari var Belfort bättre än Geonor, men studerar man bilaga 10 och 11 ser man att Belfort fluktuerar minst lika mycket som Geonor, men tidpunkterna för de manuella mätningarna med vilka de automatiska mätningarna jämförs, ligger så att det inte syns i resultatet.

Tipping buckets uppvärmningssystem gör att man förutom avdunstningseffekten får en uppåtgående luftströmmar i mätaren, en skorstenseffekt som gör att snöflingorna i viss mån leds undan. Trots att det kom en del snönederbörd i slutet av november, den 22 - 29 mätte Tipping bucket mest även denna månad och var den automatmätare som låg närmast de manuella mätningarna.

Under december kom en stor del av nederbörden som snö och av bilaga 9 framgår att den 30 klockan 15 hade Friedrich mätt betydligt mindre än de två vägande nederbördsmätarna. Den brant uppåtgående kurvan efter kl 15 den 30 för Tipping bucket mätaren kan man bortse ifrån, den kommer med på nästa månadsbild, de ackumulerade mätarna har här inte hunnit reagera och manuella mätningar gjordes inte förrän efter helgen.

Även under januari, februari och mars, vilka också var snörika, mätte Tipping bucket (bilaga 10, 11 och 12) minst av de testade mätarna. Under mars har allra minst nederbörd uppmätts i den manuella mätaren. Detta beror troligen på avdunstning. Under helgen stod mätaren tre dygn i vårsol och utan tratt innan den tömdes. Exempelvis borde det måndagen den 28 varit ca 2 mm i mätaren men den var torr, månadssumman borde vara 2 - 3 mm större. I tabell 5 presenteras både det uppmätta värdet och ett korrigerat, där avdunstningen har uppskattats. I de automatiska nederbördsmätarna torde avdunstningsförlusterna varit små under hela perioden.

De manuella mätningarna betraktas som referens men egentligen finns det ingen anledning till att man skulle mäta mer nederbörd i den manuella mätaren än i någon av de övriga, speciellt inte i de vägande där hela nederbördsmängden ligger kvar skyddad mot avdunstning genom oljefilm. En viss naturlig variation fås alltid trots att avståndet är litet mellan mätarna. Geonor har en annorlunda vindskärm vilket också kan ha en viss inverkan

**Tabell 5**      *Manuellt uppmätt nederbörd (mm) och de automatiska nederbördsrätarna månadmängder i procent av manuellt uppmätta*

| månad    | Manuell<br>(mm) | Friedrich<br>(%) | Belfort<br>(%) | Geonor<br>(%) |
|----------|-----------------|------------------|----------------|---------------|
| oktober  | 35.7            | 96               | 94             | 86            |
| november | 44.1            | 101              | 94             | 95            |
| december | 53.7            | 86               | 99             | 98            |
| januari  | 42.3            | 93               | 102            | 98            |
| februari | 24.7            | 85               | 89             | 93            |
| mars     | 29.6<br>32 *    | 103<br>95 **     | 115<br>106 **  | 111<br>103 ** |

\* Korrigerat värde

\*\* Procent av korrigerat värde

**Tabell 6**      *Avvikelsen, i mm och (%), från egentliga månadssumman om alla negativa dygnsrätter (mätningar) sätts lika med noll. Ett exempel på den felaktiga mängd som kan tillkomma på grund av att den ackumulerande nederbördsrätaren ibland sjunker under en tidigare nivå.*

| månad    | Friedrich | Belfort   | Geonor    |
|----------|-----------|-----------|-----------|
| oktober  | 0         | 2.3 (6.8) | 1.4 (4.6) |
| november | 0         | 0.4 (1.0) | 0.4 (1.0) |
| december | 0         | 1.2 (2.3) | 0.3 (0.6) |
| januari  | 0         | 0.2 (0.5) | 0.8 (1.9) |
| februari | 0         | 0.6 (2.7) | 0.9 (3.9) |
| mars     | 0         | 0.7 (2.1) | 0.7 (2.1) |

## 9 SAMMANFATTNING

### 9.1 Sammanfattning och slutsatser

Med Friedrich ( tipping bucket ) slipper man helt problemen med negativa nederbörds-mängder. Den följer också de manuella mätningarna mycket bra vid regn men missar nederbördsmängder vid snö.

Belfort ger mycket instabila värden vilket gör den svår att använda för dagliga värden. Den har också en tendens att haka upp sig . Ibland kan det dröja dygn innan det släpper och mätaren visar rätt nivå, detta syns tydligast i bilaga 11. För månadssumman kan den möjligen duga, men även där riskerar man att en del nederbörd kommer på fel månad.

Geonor visar något instabila värden vid torrt väder, men följer annars de manuella mätningarna väl och klarar även snönederbörden bra. Om man i tabell 1 antar att den uppmätta nederbörden i mars borde vara 32 mm istället för 29.6 vilket är en rimlig gissning får man kvoterna för Friedrich, Belfort och Geonor till respektive 95, 106 och 103 %. Under de fyra snö månaderna december till mars fångar således Geonor upp nederbörden bättre än Friedrich.

Slutsatsen blir att vill man ha en bra mätare som klarar både snö-, regn- och dygns-nederbörd bör man välja Geonor. Det är också en fördel med en ackumulerande nederbördsmätare vid drift stopp, ty i dess uppsamlingskärl finns den samlade nederbörds-mängden kvar när apparaten kommer igång igen.

I en tidigare jämförelse mellan Geonor och en nederbördsmätare av tipping bucket typ, som visserligen var försedd med ett enklare system för styrning av uppvärmningen, fann Bertil Eriksson 1985 att Geonor var den mest lämpliga och att Tipping bucket förlorade nederbördsmängder vid snönederbörd.

## 10 REFERENSER / LITTERATURFÖRTECKNING

Tage Andersson, Ingemar Mattisson

A field test of thermometer screens, SMHI-RMK no62 , 1991. (TUSS)

Bertil Eriksson

Jämförande mätningar av snönederbörd med två typer av nederbördsräkare.  
1985.

Gunlög Wennerberg

Mätningar av snönederbörd. Sammanställning av rapporter om instrument för  
automatstationer. HOa PM nr 14 1983.

Bertil Eriksson

En jämförelse mellan dygnsnederbörd i form av snö uppmätt på Landvetter  
flygplats dels med SMHIs manuella räkare, dels Gertschräkare. 1985.

P-O Hårsmar

Preliminära slutsatser av test av automatiska nederbördsräkare för mätning av  
snöintensitet. 1986.

Bertil Eriksson

Test av givare för nederbörd. Delrapport 1. Snömätningar i Klimpfjäll.  
Lars Tellgren SMHI, Väderavdelningen, meddelande nr 7 1981.

Bengt Dahlström

WMOs internationella projekt samt nordiska fältmätningar i Jokioinen. 1988.

## Bilaga 1

Visar en plottning av samtliga observationstillfällen avseende temperatur. Det som tydligt kan ses är att de flesta observationer har gjorts vid en temperatur högre än  $\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## Bilaga 2.

Visar Pt 100 elementet i termometerburens överensstämmelse med den manuellt gjorda observationen. Ur detta plottade diagramet ser man att sambandet mellan manuell temperaturavläsning och observation med automationsteknik är en rät linje. Vid ett mindre antal observationstillfällen är skillnaden mer än  $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Orsaken till detta måste hänföras till slumpen, något systematiskt samband kan man inte se.

## Bilaga 3.

Visar frekvensen av olika differenser mellan referenstermometern och de båda Pt 100 elementen. Man ser väldigt tydligt att medianvärdet på skillnaden ligger inom gruppen  $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Det syns också tydligt att gruppen  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  har en något högre frekvens än vad gruppen  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  har. Det som även bör uppmärksammas är att tyngdpunkten för skillnaden mellan referenstermometern och de båda Pt 100 elementen är något förskjuten. denna skillnad är ungefär  $0,014\text{ K}$ . Skillnaden mellan de båda Pt 100 elementen är signifikant.

## Bilaga 4

Diagramet visar den registrerade temperaturen i SMHIs termometerbur resp i Vaisala strålningsskydd. Temperaturförändringen är relativt kraftig. Det syns tydligt att temperaturen i termometerburen har en eftersläpning jämfört med temperaturförändringen i Vaisala strålningsskydd.

## Bilaga 5.

Se bilaga 4.

## Bilaga 6

Akkumulerad nederbörd under september.

## Bilaga 7

Akkumulerad nederbörd under oktober.

## Bilaga 8

Akkumulerad nederbörd under november.

## Bilaga 9

Akkumulerad nederbörd under december.

## Bilaga 10

Akkumulerad nederbörd under januari.

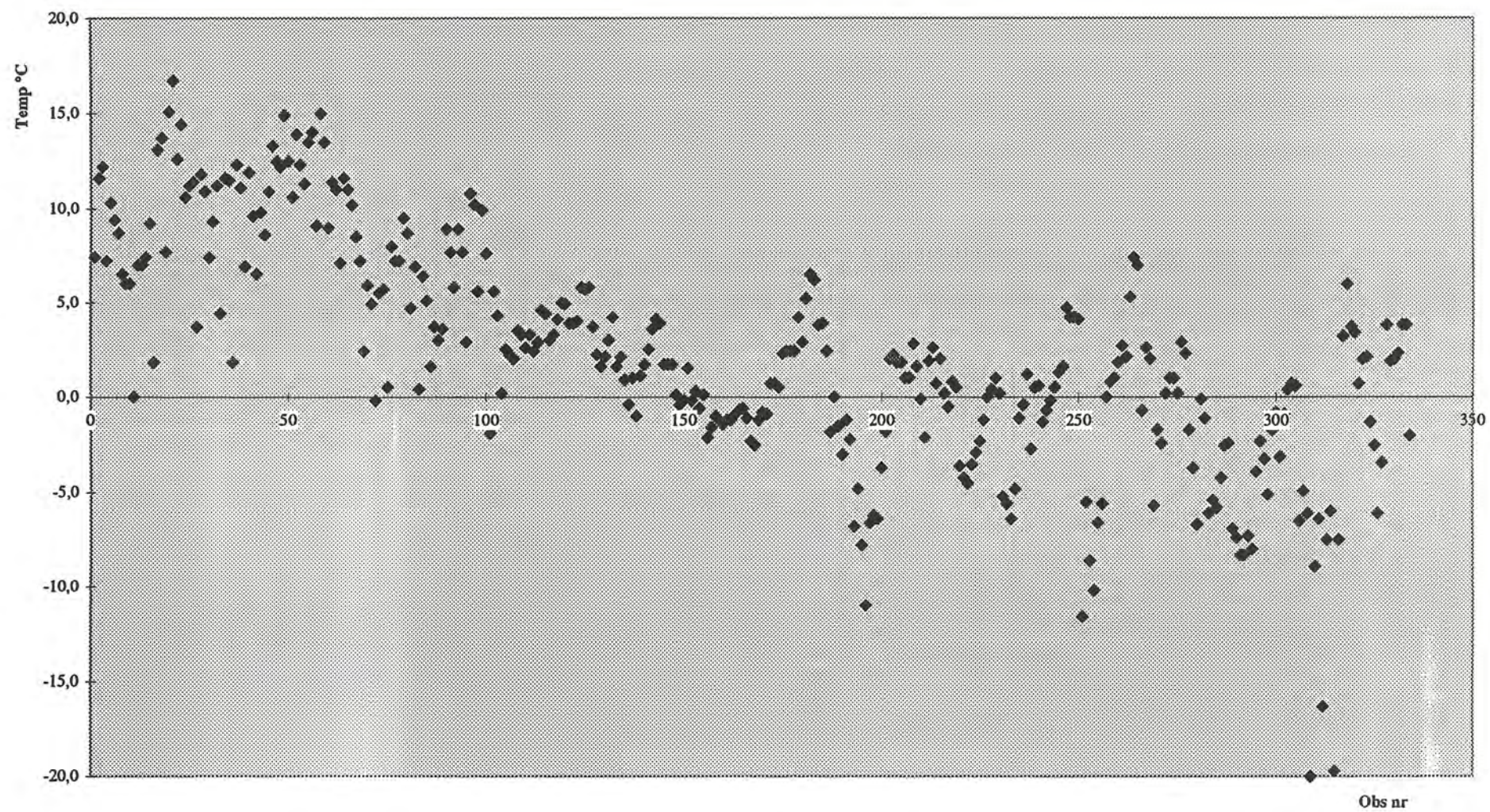
Bilaga 11

Ackumulerad nederbörd under februari.

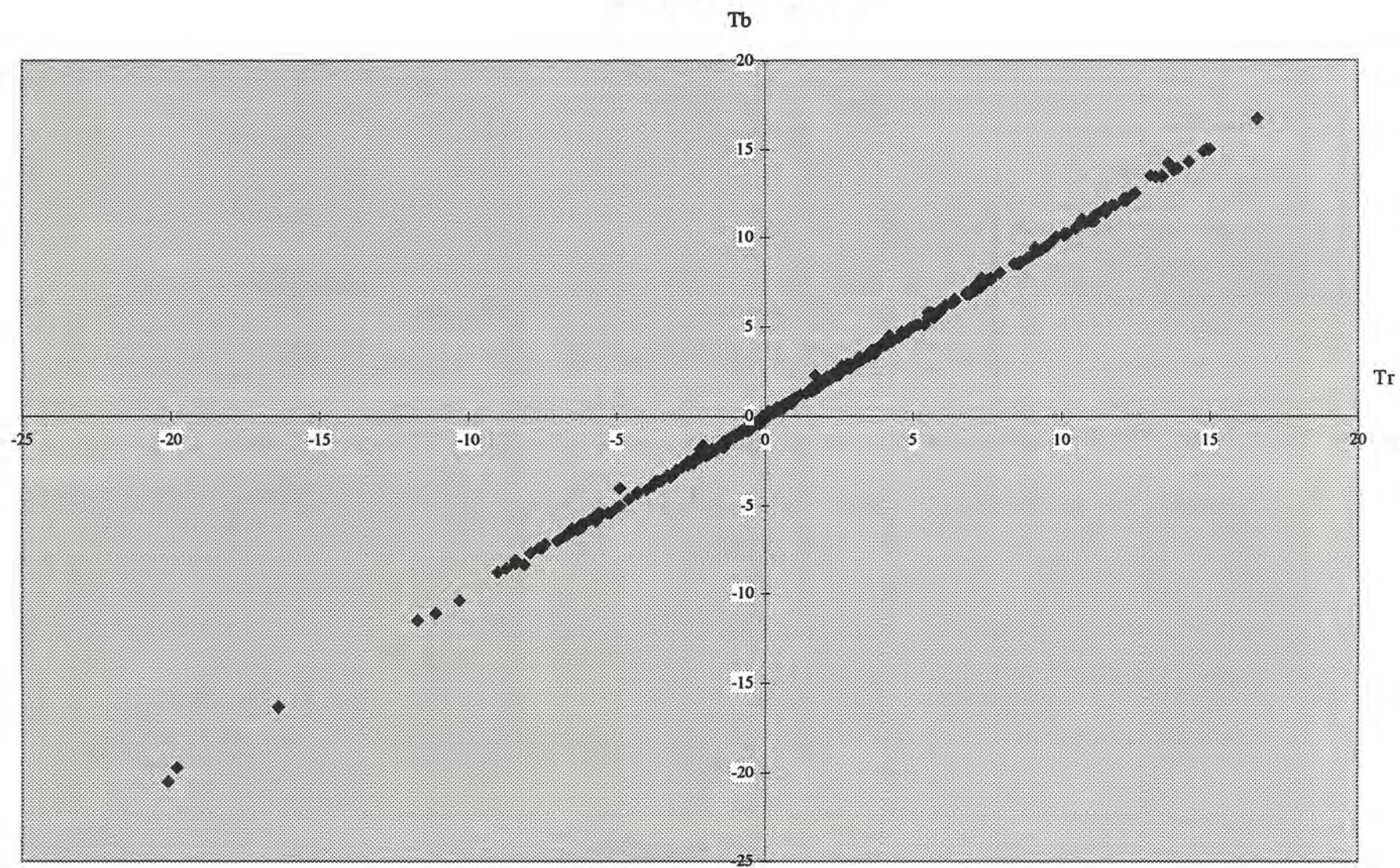
Bilaga 12

Ackumulerad nederbörd under mars.

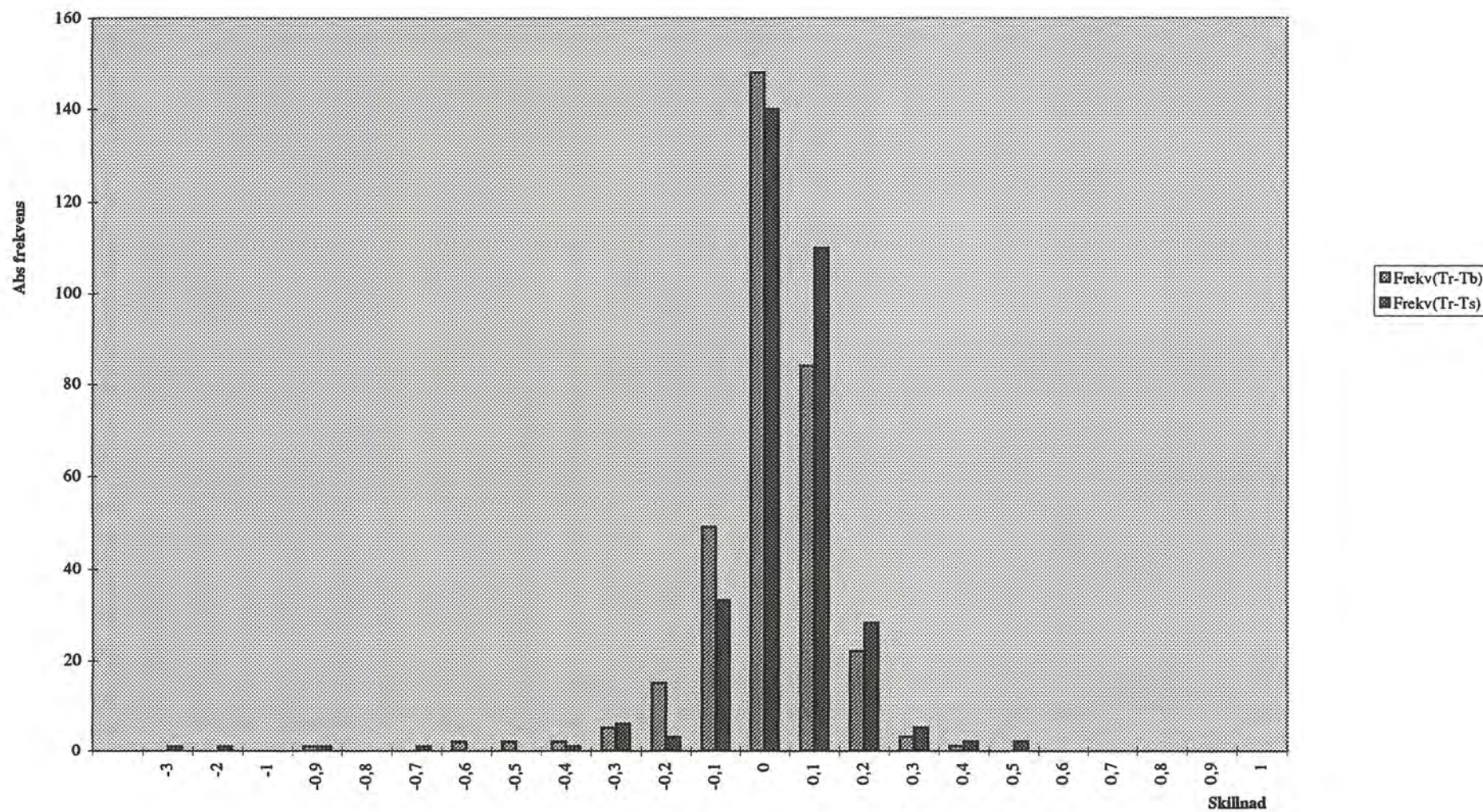
Temperaturvariation under mätperioden



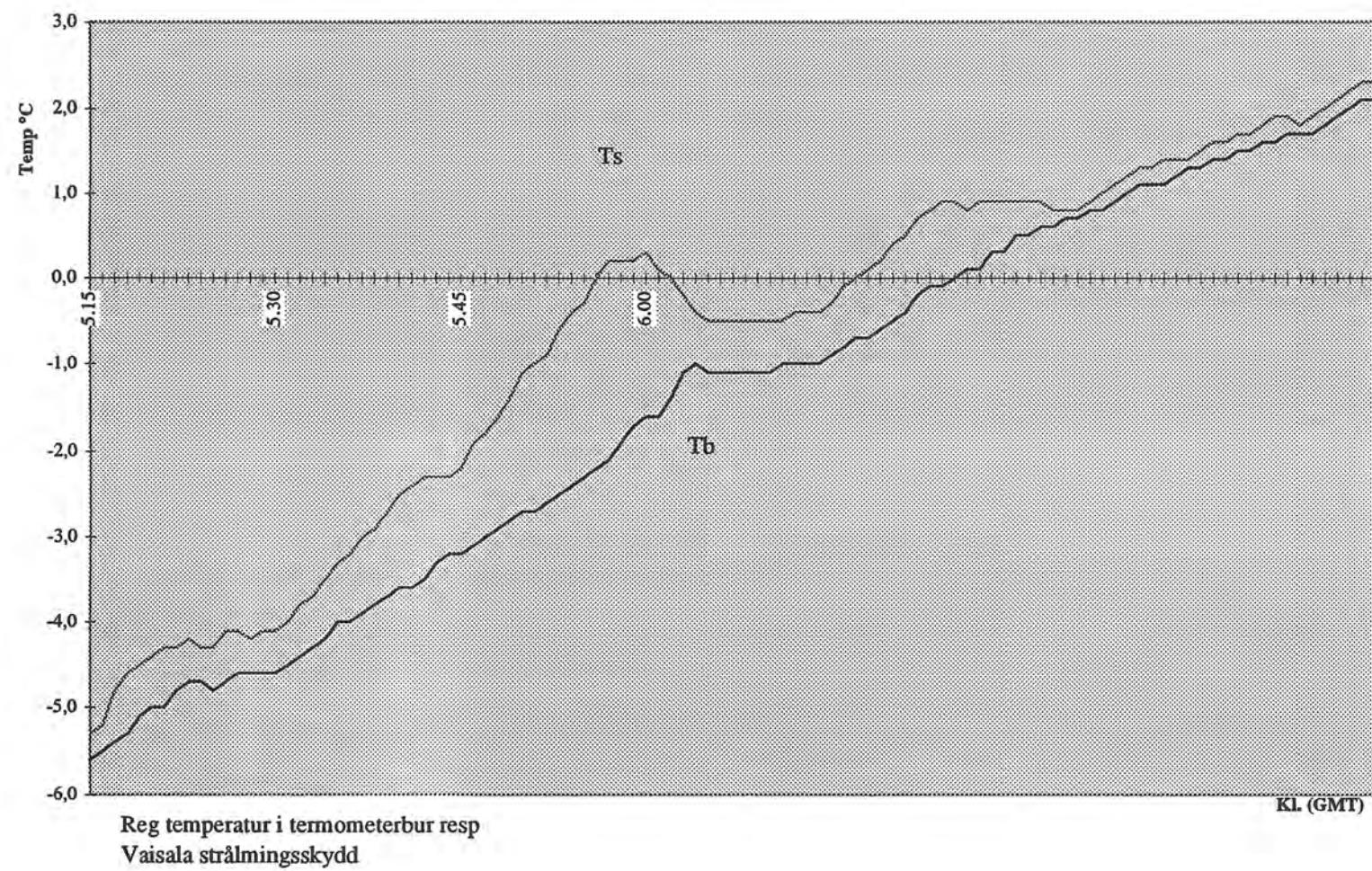
## Korrelation mellan Tr och Tb



## Skillnader mellan Tr och Ts resp Tb

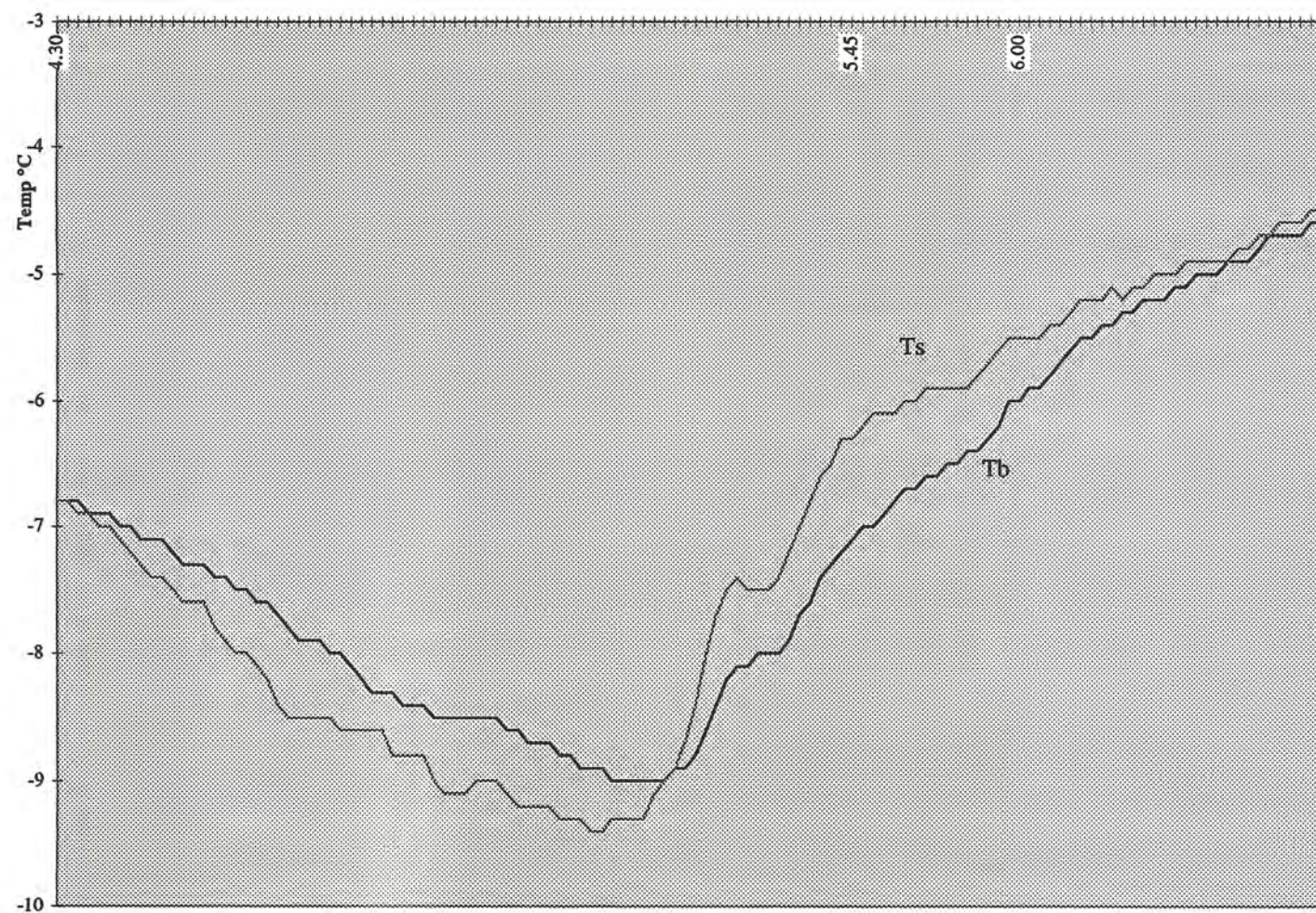


## Tidsserie 1994-03-28



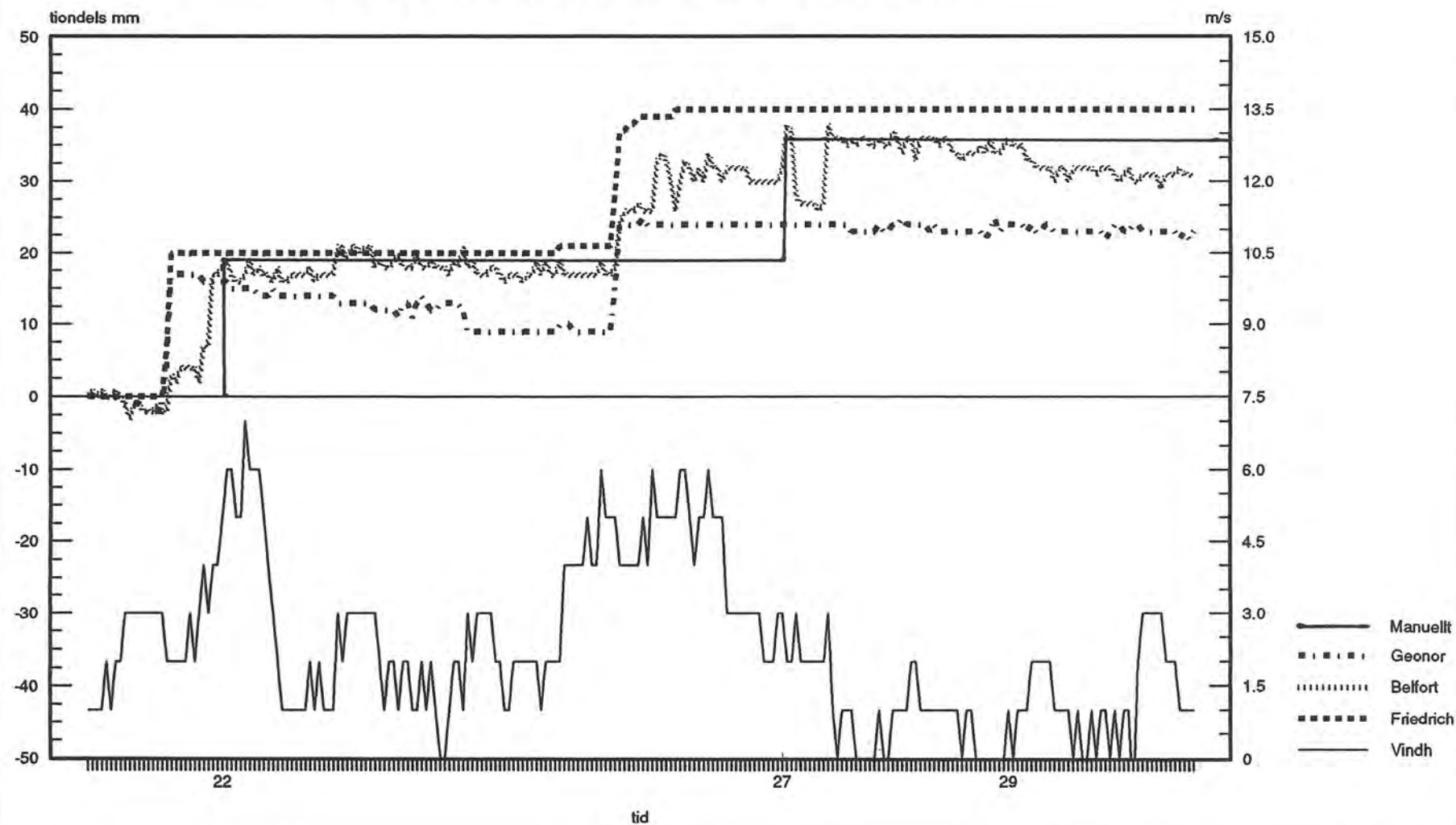
Tidsserie 1994-03-22

KL (GMT)

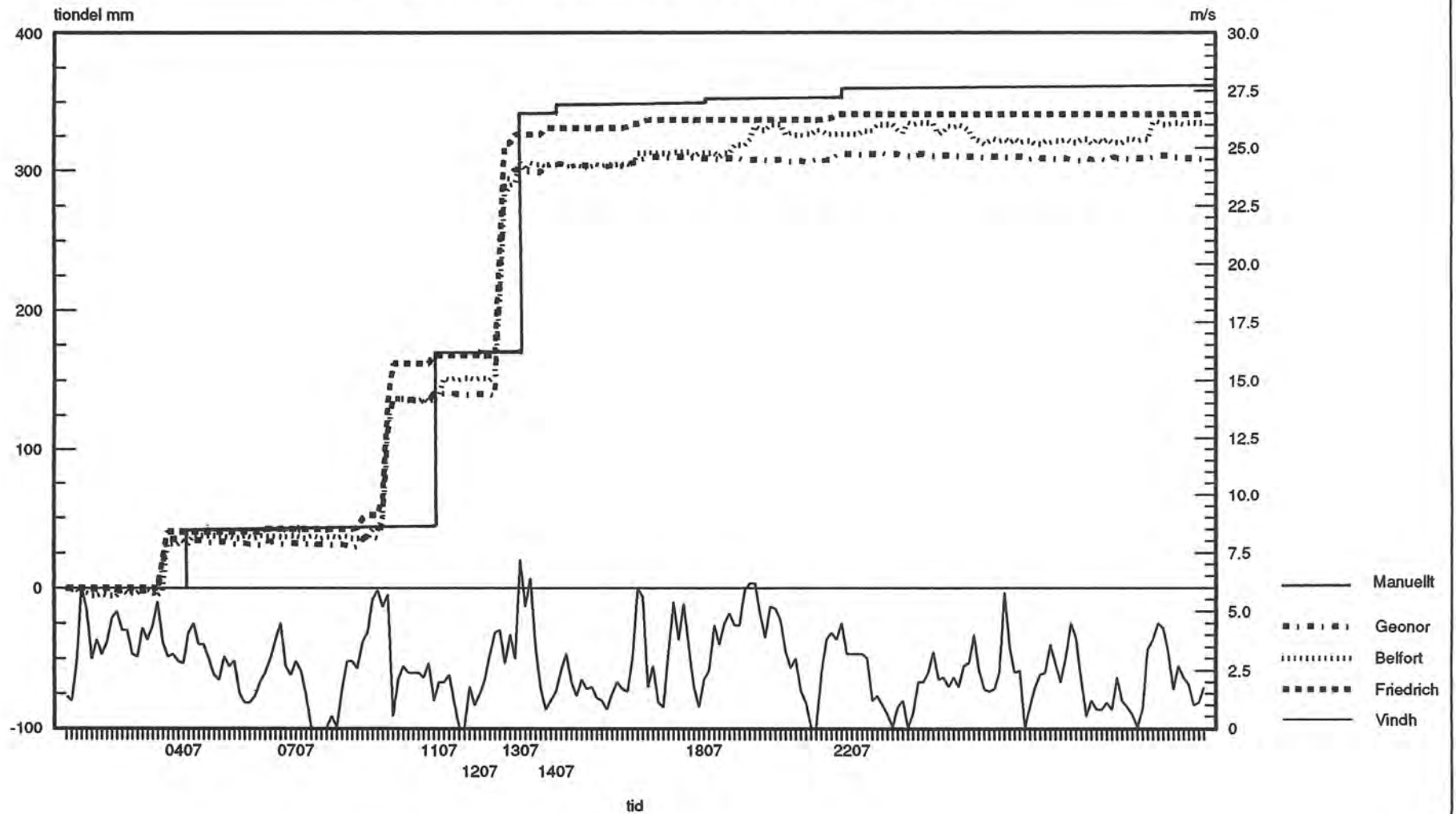


Reg temperatur i termometerbur  
resp Vaisala strålningskydd

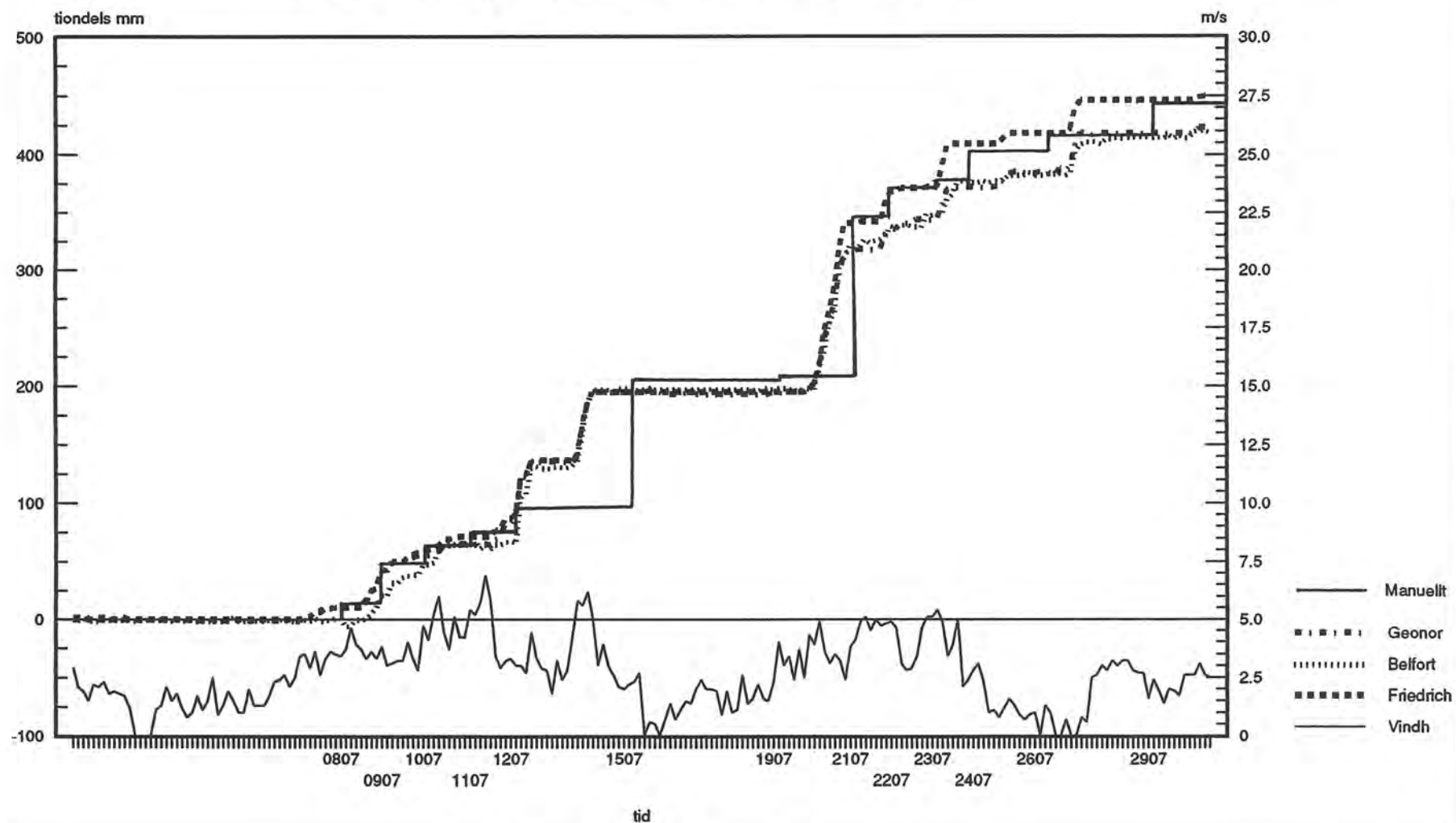
## Vindhastighet och ackumulerad nederbörd vid Norrköping 21 - 30 September



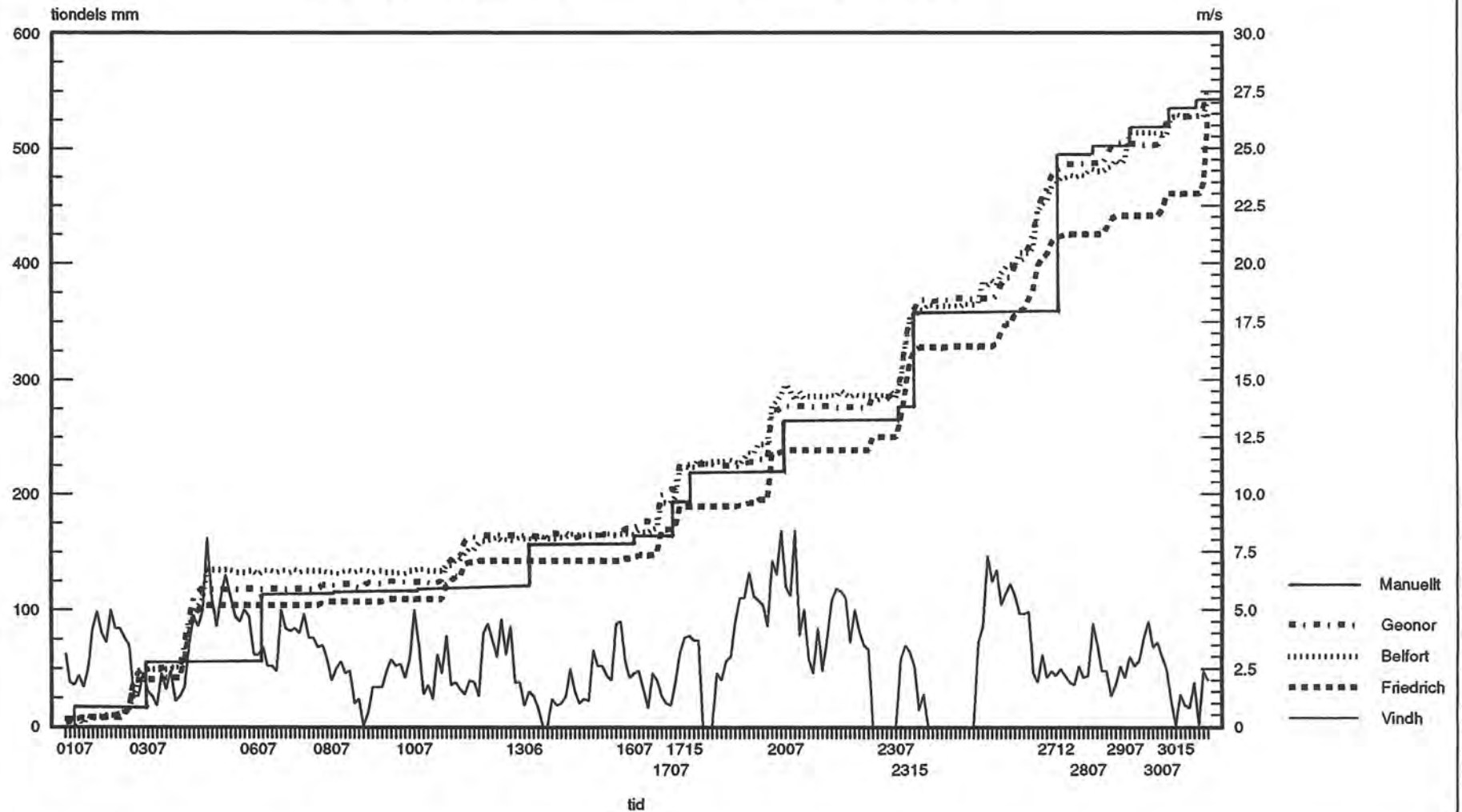
## Vindhastighet och ackumulerad nederbörd vid Norrköping 1 - 31 Oktober 1993



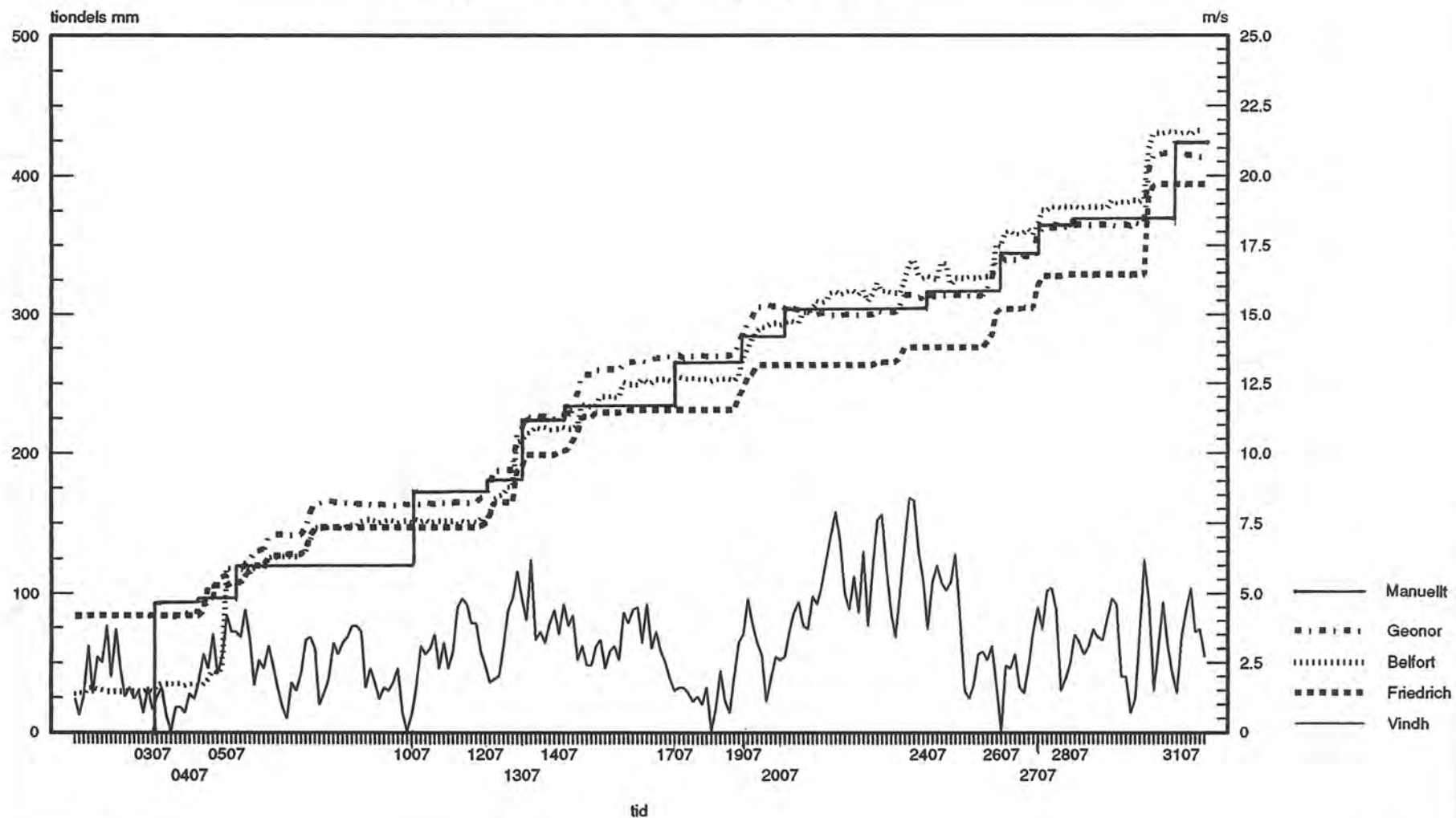
## Vindhastighet och ackumulerad nederbörd vid Norrköping 1 - 30 November 1993



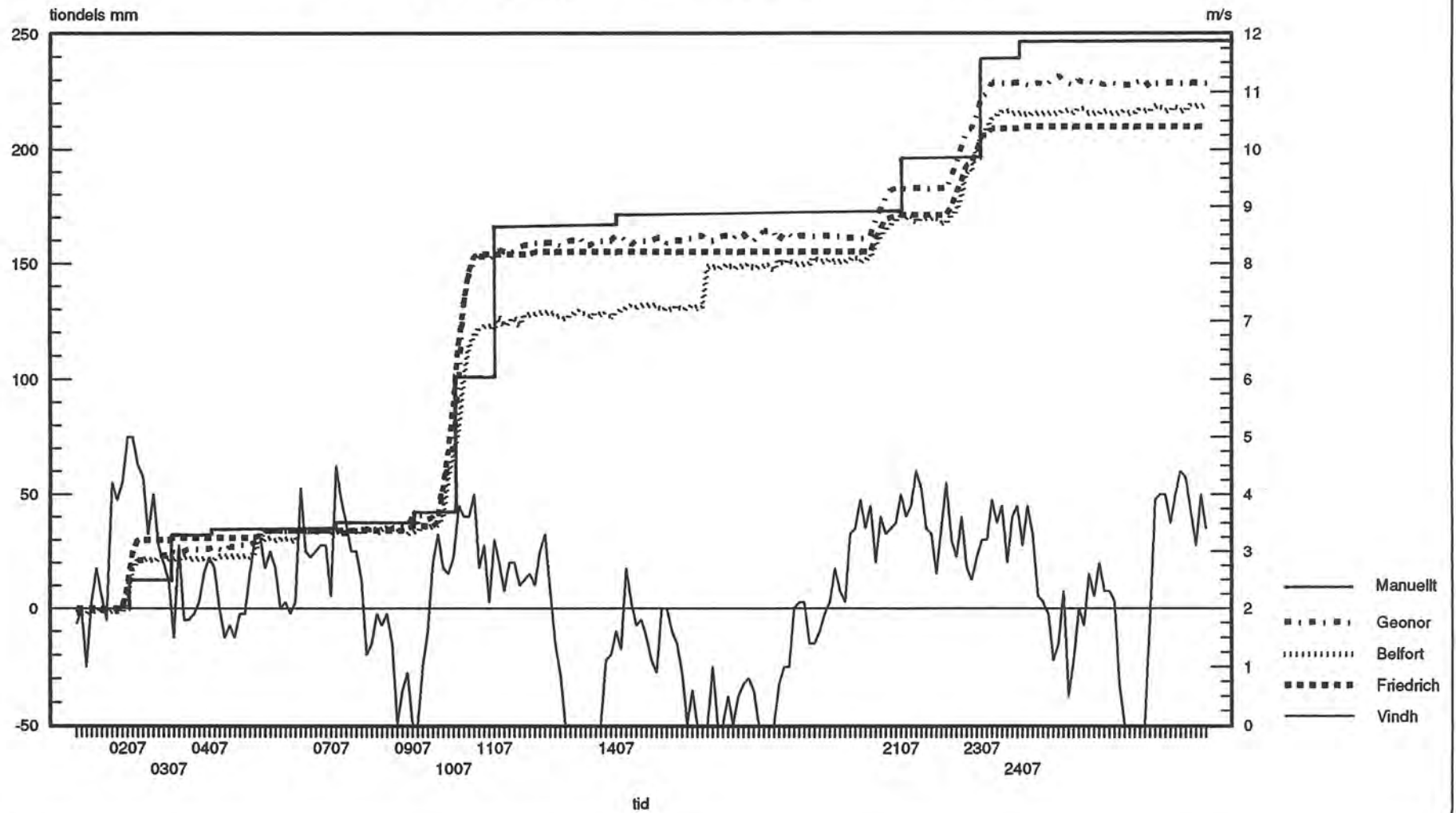
# Vindhastighet och ackumulerad nederbörd vid Norrköping 1 - 31 December 1993



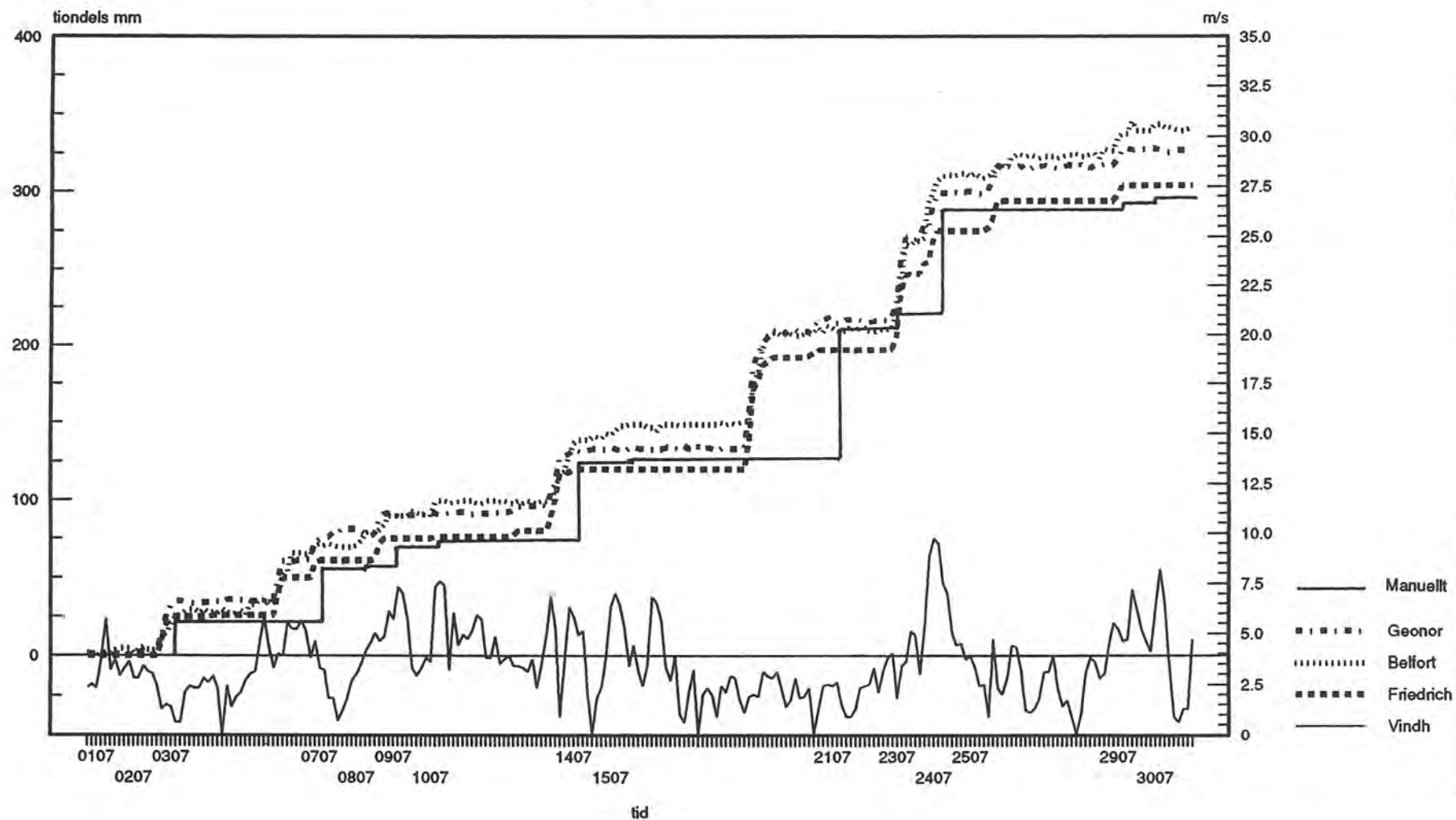
## Vindhastighet och ackumulerad nederbörd vid Norrköping 1 - 31 Januari



# Vindhastighet och ackumulerad nederbörd vid Norrköping 1 - 28 Februari 1994



## Vindhastighet och ackumulerad nederbörd vid Norrköping 1 - 31 Mars



## SMHI METEOROLOGI

- 1/85. Hagmarker, A. (1985)  
Satellitmeteorologi.
- 2/85. Fredriksson, U., Persson, Ch., Laurin, S. (1985)  
Helsingborgsluft.
- 3/85. Persson, Ch., Wern, L. (1985)  
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggningar i Sofielund och Högdalen.
- 4/85. Kindell, S. (1985)  
Spridningsberäkningar för SUPRAs anläggningar i Köping.
- 5/85. Andersson, C., Kwick, T. (1985)  
Vindmätningar på tre platser på Gotland. Utvärdering nr 1.
- 6/85. Kindell, S. (1985)  
Spridningsberäkningar för Ericsson, Ingelstafabriken.
- 7/85. Fredriksson, U. (1985)  
Spridningsberäkningar för olika plymlyft vid avfallsvärmeverket Sävenäs.
- 8/85. Fredriksson, U., Persson, Ch. (1985)  
NO<sub>x</sub>- och NO<sub>2</sub>-beräkningar vid Vasaterminalen i Stockholm.
- 9/85. Wern, L. (1985)  
Spridningsberäkningar för ASEA transformers i Ludvika.
- 10/85. Axelsson, G., Eklind, R. (1985)  
Ovädret på Östersjön 23 juli 1985.
- 11/85. Laurin, S., Bringfelt, B. (1985)  
Spridningsmodell för kväveoxider i gatumiljö.
- 12/85. Persson, Ch., Wern, L. (1985)  
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Sofielund.
- 13/85. Persson, Ch., Wern, L. (1985)  
Spridnings- och depositionsberäkningar för avfallsförbränningsanläggning i Högdalen.
- 14/85. Vedin, H., Andersson, C. (1985)  
Extrema köldperioder i Stockholm.
- 15/85. Krieg, R., Omstedt, G. (1985)  
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla.
- 16/85. Kindell, S. Wern, L. (1985)  
Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn (koncentrations- och luktberäkningar).
- 17/85. Laurin, S., Persson, Ch. (1985)  
Beräknad formaldehydspridning och deposition från SWEDSPANs spånskivefabrik.
- 18/85. Persson, Ch., Wern, L. (1985)  
Luftvårdsstudie avseende industrikombinatet i Nynäshamn - depositionsberäkningar av koldamm.
- 19/85. Fredriksson, U. (1985)  
Luktberäkningar för Bofors Plast i Ljungby, II.
- 20/85. Wern, L., Omstedt, G. (1985)  
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - energicentralen.
- 21/85. Krieg, R., Omstedt, G. (1985)  
Spridningsberäkningar för Volvos planerade bilfabrik i Uddevalla - kompletterande beräkningar för fabrikerna.
- 22/85. Karlsson, K.-G. (1985)  
Information från Meteosat - forskningsrön och operationell tillämpning.
- 23/85. Fredriksson, U. (1985)  
Spridningsberäkningar för AB Åkerlund & Rausing fabrik i Lund.
- 24/85. Fämlöf, S. (1985)  
Radarmeteorologi.
- 25/85. Ahlström, B., Salomonsson, G. (1985)  
Resultat av 5-dygnsprognos till ledning för isbrytarverksamhet vintern 1984-85.
- 26/85. Wern, L. (1985)  
Avesta stadsmodell.

- 27/85. Hultberg, H. (1985)  
Statistisk prognos av ytttemperatur.
- 1/86. Krieg, R., Johansson, L., Andersson, C. (1986)  
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 3/1985.
- 2/86. Olsson, L.-E., Kindell, S. (1986)  
Air pollution impact assessment for the SABAH timber, pulp and paper complex.
- 3/86. Ivarsson, K.-I. (1986)  
Resultat av byggväderprognoser - säsongen 1984/85.
- 4/86. Persson, Ch., Robertson, L. (1986)  
Spridnings- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning i Skövde.
- 5/86. Laurin, S. (1986)  
Bilavgaser vid intagsplan - Eskilstuna.
- 6/86. Robertson, L. (1986)  
Koncentrations- och depositionsberäkningar för en sopförbränningsanläggning vid Ryaverken i Borås.
- 7/86. Laurin, S. (1986)  
Luften i Avesta - föroreningsbidrag från trafiken.
- 8/86. Robertson, L., Ring, S. (1986)  
Spridningsberäkningar för bromcyan.
- 9/86. Wern, L. (1986)  
Extrema byvindar i Orrefors.
- 10/86. Robertson, L. (1986)  
Koncentrations- och depositionsberäkningar för Halmstads avfallsförbränningsanläggning vid Kristinehed.
- 11/86. Törnevik, H., Ugnell (1986)  
Belastningsprognoser.
- 12/86. Joelsson, R. (1986)  
Något om användningen av numeriska prognoser på SMHI (i princip rapporten till ECMWF).
- 13/86. Krieg, R., Andersson, C. (1986)  
Vindmätningar i höga master, kvartalsrapport 4/1985.
- 14/86. Dahlgren, L. (1986)  
Solmätning vid SMHI.
- 15/86. Wern, L. (1986)  
Spridningsberäkningar för ett kraftvärmeverk i Sundbyberg.
- 16/86. Kindell, S. (1986)  
Spridningsberäkningar för Uddevallas fjärrvärmecentral i Hovhult.
- 17/86. Häggkvist, K., Persson, Ch., Robertson, L. (1986)  
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från ett antal källor inom SSAB Luleåverken.
- 18/86. Krieg, R., Wern, L. (1986)  
En klimatstudie för Arlanda stad.
- 19/86. Vedin, H. (1986)  
Extrem arealnederbörd i Sverige.
- 20/86. Wern, L. (1986)  
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tibro.
- 21/86. Krieg, R., Andersson, C. (1986)  
Vindmätningar i höga master - kvartalsrapport 1/1986.
- 22/86. Kvik, T. (1986)  
Beräkning av vindenergitillgången på några platser i Halland och Bohuslän.
- 23/86. Krieg, R., Andersson, C. (1986)  
Vindmätningar i höga master - kvartalsrapport 2/1986.
- 24/86. Persson, Ch. (SMHI), Rodhe, H. (MISU), De Geer, L.-E. (FOA) (1986)  
Tjernobylyolyckan - En meteorologisk analys av hur radioaktivitet spreds till Sverige.
- 25/86. Fredriksson, U. (1986)  
Spridningsberäkningar för Spendrups bryggeri, Grängesberg.
- 26/86. Krieg, R. (1986)  
Beräkningar av vindenergitillgången på några platser i Skåne.
- 27/86. Wern, L., Ring, S. (1986)  
Spridningsberäkningar, SSAB.
- 28/86. Wern, L., Ring, S. (1986)  
Spridningsberäkningar för ny ugn, SSAB II.
- 29/86. Wern, L. (1986)  
Spridningsberäkningar för Volvo Hallsbergverken.

30. Fredriksson, U. (1986)  
SO<sub>2</sub>-halter från Hammarbyverket kring ny arena vid Johanneshov.
31. Persson, Ch., Robertson, L., Häggkvist, K. (1986)  
Spridningsberäkningar, SSAB - Luleåverken.
32. Kindell, S., Ring, S. (1986)  
Spridningsberäkningar för SAABs planerade bilfabrik i Malmö.
33. Wern, L. (1986)  
Spridningsberäkningar för svavelsyrafabrik i Falun.
34. Wern, L., Ring, S. (1986)  
Spridningsberäkningar för Västhamnsverket HKV1 i Helsingborg.
35. Persson, Ch., Wern, L. (1986)  
Beräkningar av svaveldepositionen i Stockholmsområdet.
36. Joelsson, R. (1986)  
USAs månadsprognoser.
37. Vakant nr.
38. Krieg, R., Andersson, C. (1986)  
Utemiljön vid Kvamberget, Lysekil.
39. Häggkvist, K. (1986)  
Spridningsberäkningar av freon 22 från Ropstens värmepumpverk.
40. Fredriksson, U. (1986)  
Vindklassificering av en plats på Hemsön.
41. Nilsson, S. (1986)  
Utvärdering av sommarens (1986) använda konvektionsprognoshjälpmiddel.
42. Krieg, R., Kvick, T. (1986)  
Vindmätningar i höga master.
43. Krieg, R., Fredriksson, U. (1986)  
Vindarna över Sverige.
44. Robertson, L. (1986)  
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanvätehalter.
45. Kvick, T., Krieg, R., Robertson, L. (1986)  
Vindförhållandena i Sveriges kust- och havsband, rapport nr 2.
46. Fredriksson, U. (1986)  
Spridningsberäkningar för en planerad panncentral vid Lindsdal utanför Kalmar.
47. Fredriksson, U. (1986)  
Spridningsberäkningar för Volvo BMs fabrik i Landskrona.
48. Fredriksson, U. (1986)  
Spridningsberäkningar för ELMO-CALFs fabrik i Svenljunga.
49. Häggkvist, K. (1986)  
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp från syrgas- och bensenupplag inom SSAB Luleåverken.
50. Wern, L., Fredriksson, U., Ring, S. (1986)  
Spridningsberäkningar för lösningsmedel i Tidaholm.
51. Wern, L. (1986)  
Spridningsberäkningar för Volvo BM ABs anläggning i Braås.
52. Ericson, K. (1986)  
Meteorological measurements performed May 15, 1984, to June, 1984, by the SMHI.
53. Wern, L., Fredriksson, U. (1986)  
Spridningsberäkning för Kockums Plåtteknik, Ronneby.
54. Eriksson, B. (1986)  
Frekvensanalys av timvisa temperaturobservationer.
55. Wern, L., Kindell, S. (1986)  
Luktberäkningar för AB ELMO i Flen.
56. Robertson, L. (1986)  
Spridningsberäkningar rörande utsläpp av NO<sub>x</sub> inom Fagersta kommun.
57. Kindell, S. (1987)  
Luften i Nässjö.
58. Persson, Ch., Robertson, L. (1987)  
Spridningsberäkningar rörande gasutsläpp vid ScanDust i Landskrona - bestämning av cyanväte.

59. Bringfelt, B. (1987)  
Receptorbaserad partikelmodell för gatumiljömodell för en gata i Nyköping.
60. Robertson, L. (1987)  
Spridningsberäkningar för Varbergs kommun. Bestämning av halter av SO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> samt några kolväten.
61. Vedin, H., Andersson, C. (1987)  
E 66 - Linderödsåsen - klimatförhållanden.
62. Wern, L., Fredriksson, U. (1987)  
Spridningsberäkningar för Kockums Plåtteknik, Ronneby. 2.
63. Taesler, R., Andersson, C., Wallentin, C., Krieg, R. (1987)  
Klimatkorrigering för energiförbrukningen i ett eluppvärmt villaområde.
64. Fredriksson, U. (1987)  
Spridningsberäkningar för AB Åretå-Trycks planerade anläggning vid Kungens Kurva.
65. Melgarejo, J. (1987)  
Mesoskalig modellering vid SMHI.
66. Häggkvist, K. (1987)  
Vindlaster på kordahus vid Alviks Strand - numeriska beräkningar.
67. Persson, Ch. (1987)  
Beräkning av lukt och föroreningshalter i luft runt Neste Polyester i Nol.
68. Fredriksson, U., Krieg, R. (1987)  
En överskallig klimatstudie för Tornby, Linköping.
69. Häggkvist, K. (1987)  
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhets-element. Tillämpning på ett energiskogsområde.
70. Lindström, B. (1987)  
Weather and flying briefing aspects.
71. Häggkvist, K. (1987)  
En numerisk modell för beräkning av vertikal momentumtransport i områden med stora råhets-element. En koefficientbestämning.
72. Liljas, E. (1988)  
Förbättrad väderinformation i jordbruket - behov och möjligheter (PROFARM).
73. Andersson, C. (1988)  
Isbildning på flygplan.
74. Andersson, C. (1988)  
Aeronautic wind shear and turbulence. A review for forecasts.
75. Kållberg, P. (1988)  
Parameterisering av diabatiska processer i numeriska prognosmodeller.
76. Vedin, H., Eriksson, B. (1988)  
Extrem arealnederbörd i Sverige 1881 - 1988.
77. Eriksson, B., Carlsson, B., Dahlström, B. (1989)  
Preliminär handledning för korrektion av nederbörds-mängder.
78. Liljas, E. (1989)  
Torv-väder. Behovsanalys med avseende på väderprognoser och produktion av bränsletorv.
79. Hagmarker, A. (1991)  
Satellitmeteorologi.
80. Lövblad, G., Persson, Ch. (1991)  
Background report on air pollution situation in the Baltic states - a prefeasibility study. IVL Publikation B 1038.
81. Alexandersson, H., Karlström, C., Larsson-McCann, S. (1991)  
Temperaturen och nederbörden i Sverige 1961-90. Referensnormaler.
82. Vedin, H., Alexandersson, H., Persson, M. (1991)  
Utnyttjande av persistens i temperatur och nederbörd för vårflödesprognoser.
83. Moberg, A. (1992)  
Lufttemperaturen i Stockholm 1756 - 1990. Historik, inhomogeniteter och urbaniseringseffekt. Naturgeografiska Institutionen, Stockholms Universitet.
84. Josefsson, W. (1993)  
Normalvärden för perioden 1961-90 av globalstrålning och solskenstid i Sverige.
85. Laurin, S., Alexandersson, H. (1994)  
Några huvuddrag i det svenska temperaturklimatet 1961 - 1990.

86. Fredriksson, U. och Ståhl, S. (1994)  
En jämförelse mellan AUTOMATISKA OCH  
MANUELLA FÄLTMÄTNINGAR av  
TEMPERATUR OCH NEDERBÖRD.





Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut  
601 76 Norrköping. Tel 011-158000. Telex 64400 smhi s.