

DNMI DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT

# *klima*

**Test av snødybdemålere**

**Ragnar Brækkan**

**RAPPORT NR. 26/96 KLIMA**



# DNMI-RAPPORT

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT  
POSTBOKS 43 BLINDERN 0313 OSLO  
TELEFON: 22 96 30 00

ISSN 0805-9918

RAPPORT NR.

26/96 KLIMA

DATO

08.08.1996

TITTEL

**Test av snødybdemålere**

UTARBEIDET AV

**Ragnar Brækkan**  
Instrumentavdelingen

OPPDRAGSGIVER

**Statkraft SF**

OPPDRAGSNR.

SAMMENDRAG

Automatiske Campbell og Aanderaa snødybdemålere er testet på Finse og Hovden. Det var meget lite snø på teststedene i vinter, men det var likevel flere perioder med interessante målinger.

I rapporten vurderes feilkilder, måleopplegg beskrives og måleresultatene drøftes.

Både Campbell og Aanderaa snødybdemålere vil kunne benyttes for operative målinger.

UNDERSKRIFT

*Ragnar Brækkan*

Ragnar Brækkan  
Forsker

*Bjørn Aune*

Bjørn Aune

FAGSJEF

# **Test av snødybdemålere.**

## **Innholdsfortegnelse:**

- 1. Innledning**
- 2. Sensorbeskrivelse : Måleprinsipp og feilkilder**
- 3. Måleopplegg**
  - 3.1 Datalogging og lagring.**
  - 3.2 Montering, terrengbeskrivelse**
- 4. Drøfting måleresultater.**
  - 4.1 Generelt**
  - 4.2 Analyse**
    - 4.2.1 Hovden**
    - 4.2.2 Finse**
  - 4.3 Forstyrrelser-ustabilitet**
    - 4.3.1 Snøvær-fokk**
    - 4.3.2 Usikkerhet temperaturbestemmelse**
      - 4.3.2.1 Temperaturgradienter**
      - 4.3.2.2 Temperaturrepons ; raske temp.endringer**
    - 4.3.3 Overflatebeskaffenhet**
- 5. oppsummering**
  - 5.1 Driftsikkerhet, nøyaktighet, stabilitet.**
  - 5.2 Elektromekaniske løsninger**
  - 5.3 Signalbehandling**
  - 5.4 Strømforbruk**
  - 5.5 pris**
  - 5.6 Andre akustiske målere**
- 6. Figur 1-7**
- 7. Vedlegg 1: Teknisk info sensorer**  
**Vedlegg 2 : Driftsrapporter tilsynsmenn**  
**Vedlegg 3 :Fotografier måleoppsett.**

## Test av snødybdemålere.

### 1. Innledning.

Statkraft skal utplassere flere batteridrevne feltstasjoner for klimaparametre hvor bl a snødybde skal måles. Etter avtale har DNMI testet snødybdemålere fra Aanderaa Instruments AS og Campbell Instr. Inc.

Sensorene ble testet mht egenskaper for punktmåling av snødybder og variasjoner av denne.

Avtale mellom Statkraft og DNMI ble undertegnet medio mars. Testen skulle utføres i den tiden som var igjen av året med tanke på vinterlige forhold. Vi fant det best å knytte sensorene til eksisterende automatiske værstasjoner i DNMI's regi. En Aanderaa sensor ble montert ved og koplet til AVS på Hovden. Ved Finse AVS også en Aanderaa sensor pluss en Campbell med eget loggesystem.

Begge steder har DNMI etablerte tilsynsordninger for våre automatiske værstasjoner (AVS) ca hver 14 dag. For dette prosjektet ble egne avtaler inngått for oftere tilsyn etter nærmere retningslinjer.

Det ble kontrollert at sensor med stativ sto i korrekt stilling, notert værd data, eventuelle endringer i overflaten og fenomener som fukk eller ytre forstyrrelser påvirket av mennesker. Kontrollmålinger av snødybden ble foretatt med målestav. (vedlegg 2). For Hovdens vedkommende ble kontrollene fulgt opp noenlunde, mens tilsynsmannen på Finse viste stor interesse og punktlighet. I tillegg til disse manuelle observasjonene nytter en aktuelle data fra AVS'ene på stedene (temperatur, vind, nedbør).

Målingene måtte settes igang på meget kort varsel, og endel problemer oppsto i startfasen. Aanderaa-sensorene fungerte ikke helt problemfritt mot vår AVS, noe en oppdaget etter montering. Aanderaa reagerte imidlertid raskt og modifiserte to stk for bedre tilpasning til våre AVS og under visse betingelser fungerte de tilfredsstillende under testen.

For nyutviklet utgave av sensoren er bl a slike problemer er eliminert.

For Campbells vedkommende gjaldt også at nyeste utgave pga tidspress ikke lot seg benytte. Den utgaven som vi fikk tak i «over natta» (fra norsk forhandler; Instrumenttjenesten på Ås), fungerte imidlertid tilfredsstillende rent driftsmessig, men krevde bl a egen logger.

Sensorene ble montert på Hovden 14. 03. 96 og på Finse 17. 03. 96. Demontering skjedde 23. 05. 96 på Finse og medio juni på Hovden (i forbindelse med ordinær inspeksjonsreise AVS). Data fra Campbell foreligger for hele måleperioden. Pga noe trege rutiner knyttet til DNMI's innsamlingsprogram fra AVS etter endring av stasjonskonfigureringer, ble data fra Aanderaa-sensorene først tilgjengelige noen dager etter igangsettelse. Ellers ble modifisert Aanderaa-sensor montert på Finse 23 mars og på Hovden først 10 april.

Felles for fjellområdene generelt er at det siste vinter var usedvanlig lite snø. Tross dette og sen start fikk en perioder med interessante målinger; dvs snøvær, vind og relativt store temperaturvariasjoner. Dette gjelder spesielt for Finse. For Hovdens vedkommende smeltet

snøen raskt ned , og kun et par episoder med snøvær ble registret i måleperioden. Stort sett er derfor måleresultatene fra Finse bakgrunn for drøftingene i denne rapporten.

Ellers er å nevne at for begge sensorens vedkommende har DNMI noe erfaring i forbindelse med kortere tester her ved instituttet, og for Aanderaa-sensorens sitt tilfelle , lengre driftserfaring fra prosjekter i Antarktis.

## 2. Sensorbeskrivelse : måleprinsipp og feilkilder.

Måleprinsippet er basert på utsendelse og deteksjon av ultrasoniske lydimpulser ;50 kHz pulser sendes ut og reflektert signal detekteres. Tiden mellom utsendelse og deteksjon gir grunnlag for beregning av avstand mellom sensor og reflekterende lag. En tar utgangspunkt i kjent lydshastighet ved referansetemperatur ( $V(T_0=273.15)=332 \text{ m/s}$ ) og korrigerer for aktuell temperatur:

$$S=S_s(T/T_0)^{1/2} \text{ der } S_s \text{ er ukorrigert måleavstand.}$$

I dette måleprinsippet ligger endel mulige feilkilder:

Måleflaten har svak reflekterende evne og/eller stor absorpsjonsevne.  
Aktuelt ved spesielt lett og finkornet snø

Måleflaten er spesielt ujevn og ikke klart definerbar som refleksjonsflate.

Påvirkning av forstyrrelser i lufta mellom sensor og måleflate; snøpartikler ved snøvær/fokk.

Vanskelig gjennomførbar korrekt temperaturkorreksjon.

Aktuelt ved store temperaturvariasjoner og vanskelig gjennomførbar estimering av representativ lufttemperatur for det sjiktet en måler på. Videre forhold som pga målemetode og meteorologiske betingelser medfører strålingsfeil i beregning av lufttemperatur.

Hvordan disse feilkildene påvirker sensorene vil en, tross begrenset datamengde, søke å avdekke i denne rapporten. Slike sensorens absolutte nøyaktighet og stabilitet under ideelle forhold er erfaringsmessig som angitt av produsentene, men vil selvsagt også bli kontrollert her.

For spesifikasjoner for de enkelte sensorer (aktuelle og nye utgaver) vises til vedlegg 1 .

En ser at sensorene i det vesentligste har oppgitt tilnærmet like spesifikasjoner hva angår måleområder, oppløsning og nøyaktighet. De skiller seg i det vesentligste ved forskjellig måte å prosessere måldata på og spesielt metode for temperaturkompensering. Aanderaa-sensoren har innebygget temperaturføler for temperaturkompensasjon og gir ut korrigert avstand direkte. Campbell-sensoren trenger ekstern temperaturmåling for ved databehandling på loggersiden å korrigere målingene. De fleste sensorer på markedet har løsning som Aanderaa med mer eller mindre god temperaturføler hva strålingsskjerming angår.

Tempsensoren til Aanderaa ligger inni sensorhuset i kontakt med ytre vegg. Tidskonstant er oppgitt til ca 15 minutter.

Temperaturkorreksjonsproblemet kan knyttes til to forhold:

### 1. Temperaturgradienter.

Stor måleavstand og store temperaturgradienter i målesjiktet vil være problematisk for helt presise målinger. Slike forhold vanskeliggjør estimering av representativ temperatur. Helst bør hele temperaturprofilen være kjent. På den annen side er gradientene størst i de laveste sjiktene, slik at en ved hensiktsmessig plassering av temperatursensor kan begrense feilen.

Ved temperaturmåling i sensor eller annet fast punkt kan relativt betydelige feil oppstå. Analytisk vurdering av formel for temperaturkompensasjon:  
 $S = S_0 (T/T_0)^{1/2}$  gir at feil ved tempbestemmelse på 1 gr C gir avstandsfeil på ca. 2 o/oo. Ved overgang fra stabilt vær med store temperaturgradienter til forhold med vind og god omrøring av lufta vil en slik feilbestemmelse gi seg utslag i økning av snødybden som ikke er reell.

I vårt tilfelle er måleavstandene for alle oppsett ca 250 cm. Antas en temperaturforskjell mellom sensorhøyde og bakke på max 5 gr vil dette gi ca 2 cm feil indikert avstand.

En gjør oppmerksom på at problemet i dette eksemplet er maksimalisert ved at der er forutsatt et lineært temperaturforløp og at temperaturforskjellen er ekstremt stor.

Problemet kan i praksis ha betydning ved store måleavstander og store temperaturgradienter.

### 2. Målefeil.

Ved temperaturmåling i sensor kan lett strålingsfeil oppstå. Tross blank overflate vil sensorkropp ved stille vær og sterk ut- eller inn-stråling avkjøles eller oppvarmes i forhold til lufttemperaturen.

Ved økt lufttemperatur øker lydshastigheten, målt avstand avtar /snødybde øker og korreksjonen på sluttresultatet (snødybden) blir negativ. En tilsynelatende økning av lufttemperaturen (strålingsoppvarming) vil altså etter korreksjon resultere i for liten snødybde.

### 3. Måleopplegg.

#### 3. 1 Datalogging og lagring.

Vi fant det naturlig å forsøke å kople sensorene til våre AVS på stedene. Som nevnt ovenfor var dette ikke mulig med tilgjengelig utgave av Campbell sensor og en kjøpte derfor egen logger til denne sensoren. . Aanderaa-sensoren har også spesielt grensesnitt (Aanderaa 10 bit binær kode ) som aktuelle utgaver av AVS ikke er forberedt for. Da Aanderaa loggersystem av forskjellige grunner ikke var aktuelt her , valgte jeg derfor å nytte omformer fra Aanderaa for 0-5 v DC utgang.

Bruk av våre AVS medførte besparelser med tanke på tid og økonomi , samt at en kunne følge målingene ved oppringing og rutinemessige datapresentasjon fra værstasjonene.

På den annen side innebærer stasjonenes parametergenerering en viss begrensning for denne testen. Målingene foregår hvert 4 sek og minuttmidler beregnes og er grunnlag for videre beregninger. Følgende størrelser beregnes og lagres for videre analyse:

1. Nåverdi: Middelerdi siste minutt før timekift basert på målinger hvert 4 sek.
2. Timesmiddel: middel av siste times minuttverdier
3. Minimumsverdi: Minste minuttverdi siste time
4. maksimumsverdi: Største minuttverdi siste time.

Campbell-loggeren ble programmert til samme loggefrequens og generering og lagring av samme parametre.

Som nevnt innledningsvis var ikke Aanderaa-sensorene konstruert for «kontinuerlige» målinger ; dvs de trengte mer enn 4 sek. for opplading og dermed full effekt på utsendt lydsignal. Etter hurtig og noe improvisert modifikasjon ble forholdene bedre , men tilfeller av manglende pulser forekommer relativt ofte (figur 4) . Av beskrivelsen ovenfor skjønner en at slike tilfeller kan skjules i minuttmidlingen. Det vil i prinsippet kunne være episoder der det er vanskelig å skille mellom enkelte fravær av pulser og reell endring av måleavstand. Men stort sett var utslaget så utpreget at manglende signaler lett lot seg identifisere. (se fig.4). For vurdering av sensoren fant en det derfor best å nytte maksimalverdiene (maks avstand/min dybde), da det i løpet av en time alltid er minutter uten manglende pulser. Dette forsvarer ut fra at problemet er knyttet til kombinasjonen sensor og tilgjengelig målesystem. Resultatene tyder på at feilmålinger med for store verdier (avstander) så og si ikke forekommer for Aanderaa-sensoren. Ellers er å nevne at ny utgave av sensoren måler kontinuerlig og gir ut midlere avstand uavhengig av loggersystemets avspøringsfrekvens.

For Campbell-sensoren var der ingen klar trend i feilmålinger slik at en der valgte å nytte «nåverdiene». Også for denne gjelder at ny utgave skal være bedret spesielt mht filtrering av usannsynlige verdier.

### 3. 2 Montering, terrengbeskrivelse.

Hovden:

Aanderaa-sensoren ble montert på 3 m høy tripoid som ble presset ned til frosset grunn under snøen. Starthøyde for sensor ble ca 250 cm over snøflaten. Terreng er meget flatt med småskog ca 20 m unna, AVS med mast ca 10 m unna og ellers ingen hindringer. Unntatt vind fra mastefundament skulle der ikke oppstå forstyrrelser i form av fonndannelser e. l. Manuelle målinger ble foretatt med målestav nær snødybdesensoren.

Finse:

Aanderaa-sensoren ble montert på samme måte som på Hovden. Campbell-sensoren på spesiell montasje på fot ca 0. 5 m ned i snøen og temperatursensor ca 150 cm over snøflaten. Begge avstandsmålerene ble montert ca 220 cm over snøflaten. Terreng på måleområdet (som var gitt ut fra AVS-plasseringen) er noe kupert. Aanderaasensoren ble plassert i skråning på mindre fonn ca 10 m unna AVS, mens Campbellsensoren på noe slette område ca 20 m unna mast for AVS. Manuelle målinger med målestav ble foretatt nær Campbellsensoren. Se fotografier i vedlegg 3.

## 4. Drøfting måleresultater.

### 4. 1 Generelt.

Jeg velger å drøfte resultatene ut fra kurver som viser forløpet av snødybdene i måleperioden og sammenheng med:

1. Manuelle målinger
2. Nedbør og temperatur (snøakkumulasjon, regn/smelting/sammensynking)
3. Vind og eventuelle perioder med fokk

Jeg nytter snødybde i stedet for målt verdi som er avstand mellom sensor og reflekterende flate. Dette krever estimat for total avstand sensor - fast grunn, noe som kan gi fast feil i absolutt dybdeverdi, uten at dette har noen betydning her.

### 4. 2 Analyse.

#### 4. 2. 1 Hovden.

Viser til figur 3.

Første del av perioden er preget av umodifisert sensor med mange innslag av feil pga manglende «skudd». Etter modifisert sensor ble montert 10. 04. 96; dag 100, er dybden stort sett jevnt avtagende til rapportert vannflate dag 119. Sammenholder en grafer for



nedbør og temperatur sammen med rapportskjema fra observatør, ser en at der har vært kun to-tre perioder med snø/sludd: dag 113, 117 og 123-125. Temperaturen har i middel ligget nær og over 0 med smelting/sammensynking som resultat. Periodene med snø/sludd kan likevel spores i avstandsmålingene, om enn i liten grad.

#### 4. 2. 2 Finse.

Figur 1 og 2 viser alle aktuelle parametre for Finse for måleperioden.

Her er å bemerke at angitt nedbør i perioden 85-90 er feil. (Støy-sensorfeil). Indikert nedbør og andre størrelser ellers er tilsynelatende korrekte. Vi har ikke sensor for differensiering mellom nedbørstyper. Må derfor i denne sammenheng se på temperatur og tilsynsrapport for å skille mellom snø/sludd og regn.

En ser umiddelbart at begge sensorer viser samme trend i perioden, med unntak av dag 140-141. Her viser Aanderaa-sensoren en økning av dybden på nær 20 cm, mens Campbell-sensoren viser ingen signifikant endring. Eneste mulige forklaring på dette er at registrert snøvær dag 139 og 141 samt fukk i perioden, har gitt forskjellig utslag med fonndannelse under Aanderaasensoren, og ikke registrerbar mengde på det flate området hvor Campbellsensoren var plassert. Pga ulik plassering i det kupert terrenget må noe avvik mellom målingene påregnes, spesielt ved akkumulering (smelteprosessene burde gi tilnærmet like utslag).

Kort gjennomgåelse av måleperioden (ref. figur 1 og 2):

| dagnummer | Campbell                       | Aanderaa                       | forklaring   |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--|
| 84-86     | -10 cm                         | -20 cm                         | generell setning?<br>vindpåvirkning (sterk<br>vind; 10-20 m/s) |
| 86-87     | +10 cm                         | svak økning                    | vindgenerert   |
| 87-92     | svakt avtagende                | tilnærmet stabil               | setning  |
| 92-110    | jevnt avtagende                | jevnt avtagende                | setning, relativt mildt  |
| 110-118   | sterkt avtagende ;<br>ca -10   | sterkt avtagende ;<br>ca -15   | ,smelting; varmt og<br>mye regn                                |
| 118-124   | noe avtagende                  | noe avtagende                  | varierende temp. ,<br>regn og sludd                            |
| 124-127   | sterkt økende; +10 cm          | sterkt økende; +13 cm          | snøvær ; tot. 4.<br>3mm  |
| 127-128   | avtagende                      | avtagende                      | setning  |
| 128-132   | stabilt                        | stabilt                        |  |
| 132-135   | sterkt avtagende;<br>ca -10 cm | sterkt avtagende ;<br>ca 15 cm | smelting; regn, varmt.   |
| 135-139   | stabilt                        | stabilt                        |  |
| 139-141   | stabil                         | sterkt økende;<br>ca 20 cm     | fonndannelser; noe<br>snø og sterk vind.                       |

Alt i alt viser begge sensorene fornuftige resultater. Enkelte innbyrdes forskjeller kan rimelig spores til forskjellig påvirkning av vind (fonndannelser) sfa ulik plassering i kupert terreng.

På figur 2 er lagt inn kontrollverdier målt av tilsynsmann. Målestaven var plassert nær Campbell-sensoren. Verdiene viser meget godt samsvar inntil dag 110. Tilsynsmannen rapporterte dag 117 at stativet var ute av stilling (smelting) og at han da rettet på det. Dette forklarer avviket og tilsynelatende samsvar etter dag 117, men med konstant avvik som følge av at sensoren etter oppretting av stativet kom noe nærmere snøflaten. Forskjellen mellom absolutt verdi for sensorene ble da også større fra samme dag (Campbell indikerer tilsynelatende større snødybde som følge av opprettingen og forskyvning stativhøyde).

#### **4. 3 Forstyrrelser-ustabiliteter.**

Som nevnt i kap. 2 vil spesielt løs overflate samt forstyrrelser i form av sterkt snøvær eller fokk kunne influere på målingene. Videre problemer med bestemmelse av representativ temperatur ved store gradienter.

##### **4. 3. 1 Snøvær-fokk.**

I måleperioden har en kun kortere perioder med middels snøvær og lavt bakkefokk. Ut fra foreliggende resultater basert på de såkalte nåverdier som er minuttmiddelverdier ved timeskift, kan en for Campbell's vedkommende ikke se signifikant påvirkning de aktuelle perioder.

For Aanderaa-sensorens vedkommende er nåverdiene vist i figur 4. Ellers er som forklart «max. -verdier» nyttet- noe som ytterligere filtrerer bort forstyrrelser. Sammenholder en nåverdiene med nedbør og vindstyrke, samt tilsynsmannens rapport, kan en antydningvis se noe påvirkning av snøvær/fokk i periodene 119-120 og 123-124; dvs større hyppighet av usannsynlige verdier enn ellers. Utenom disse periodene synes usannsynlige verdier å opptre tilfeldig.

Pga målemetodene er påvirkningen av forstyrrelser i luftlaget vanskelig å verifisere nærmere. Dette gjelder begge sensortyper. Dog synes resultatene vist på figur 4 at Aanderaa-sensoren er noe følsom for snøvær/fokk. Erfaringer fra tidligere korte tester med spotmålinger viser at dette i en viss grad er tilfellet for begge sensortyper.

Dette er velkjent problem for denne målemetoden, og for begge sensorer gjelder at nye utgaver har innebygget prosessering av data for filtrering av usannsynlige verdier.

##### **4. 3. 2 Usikkerhet temperaturbestemmelser.**

###### **4. 3. 2. 1 Temperaturgradienter.**

Med hensyn til temperaturkompensering er sensorene ulike:

Aanderaa-sensoren har innebygget temperaturføler for kompensert verdi som utgangssignal.

Campbell-sensoren krever ekstern måling for ved etterbehandling av utgangssignal å korrigere data.

Som nevnt tidligere kan feil i avstandsmåling pga feil temperatur oppstå ved overgang fra periode med kaldt stabilt vær og store gradienter til vær med stor omrøring av lufta og neglisjerbare gradienter. En slik periode hadde en på Finse ved at det i dagene nr. 87-92 var kaldt rolig vær og i dagene nr. 92-96 økende temperatur med tildels sterk vind; se fig. 2 og 6. Aanderaa indikerer en økning av dybden noe over «støynivå»; 3-4 cm, mens ingen tilsvarende respons kan ses på Campbell.

Utslaget er lite, men synes entydig. Forskjellen mellom sensorene kan forklares med forskjellige høyder for temperatursensorene; T(Campbell) ca 150 cm over bakken, T(Aanderaa) ca 250 cm over bakken.

#### 4. 3. 2. 2 Temperaturrespons; Raske temperaturendringer.

Ser en på tilfeller med store døgnvariasjoner av temperatur finner en at utgangssignalet varierer endel; figur 5, 6 og 7.

For Campbell-sensoren er temperatur og dybde i motfase (temp. og avstand i fase). For Aanderaa er temp og dybde tilnærmet i fase; noe faseforskjøvet i enkelte perioder ved at dybden ligger noe etter temperaturen.

I alle tilfeller er temperaturresponsen forholdsvis liten; max 0.2 cm/gr C for begge sensorer.

Om variasjonene skyldes en reell temperaturavhengighet for instrumentene eller helt eller delvis skyldes problemer med korrekt temperaturkompensering som følge av strålingsfeil og/eller store gradienter, kan ikke entydig klarlegges ut fra foreliggende materiale.

Ut fra sensorenes metoder for temperaturkompensering, vil en tro at Campbell med ekstern sensor i hytte for strålingsskjerming som her er plassert ca midtveis mellom sensor og bakke, er noe mindre påvirket av nevnte feilkilder enn Aanderaa. Siste har som forklart temperatursensor inni selve avstandsmåleren.

Resultatene kan altså tyde på en viss temperaturavhengighet for selve sensorene uavhengig av kompenseringsproblematikken.

#### 4. 3. 3 Overflatebeskaffenhet.

Ser en på data fra Antarktis (figur 5) som er basert på en enkeltmåling hver time, vil en bortsett fra samme døgnvariasjoner som diskutert ovenfor, se relativt større fluktuasjoner mellom enkeltmålingene.

Variasjonene er her, under ellers stabile forhold uten nedbør og vind, inntil +/- 5 cm (total avstand sensor-snøflate ca 300 cm).

Spotmålinger som tidligere er foretatt mot snøflater her ved DNMI viste til sammenligning ustabiliteter på ca +/-1 cm. Det samme gjelder for minuttverdiene på Hovden og Finse under stabile forhold. Det synes rimelig å anta at målingene i Antarktis er påvirket av den ekstremt lette og løse snøflaten på stedet.

## 5. Oppsummering.

Pga kort tid ble det i denne testen ikke kontrollert forhold som påvirkning av sterkt snøfall eller kraftig fokk, videre operasjonelt temperaturområde samt ytterpunkter for måleområdene. Forhold med snø/rim eller is på selve sensoren ble heller ikke oppnådd.

### 5. 1 Driftsikkerhet, nøyaktighet, stabilitet.

Sensorene bygger på samme måleprinsipp og har tilnærmet like oppgitte spesifikasjoner hva oppløsning, nøyaktighet og måleområder angår. Forskjellen ligger hovedsakelig i metode for temperaturkompensering og intern prosessering av måldata. Presise opplysninger om dette var ikke tilgjengelige, men ut fra opplysninger om nyeste utgaver av sensorene ser det ut som de har gjort endringer som gjør de enklere i bruk og forbedret mht ustabiliteter.

Operasjonelt temperaturområde er noe større for Aanderaa's sensor (nedre grense -40 mot -25).

Begge sensorer fungerte uten driftsproblemer i hele måleperioden. Bortsett fra forhold knyttet til målesystemets tilpasning til sensortypene, var der kun meget få innslag av åpenbare feil verdier. Feil gir oftest som utslag verdi null i utgang fra sensor, og vil være lett å detektere og filtrere ved etterbehandling av data.

Nøyaktighet under stabile forhold er lik eller bedre enn som oppgitt; ca 1 cm eller 1%, for begge sensorer.

Feil ved estimat av temperatur for kompensering er ca 2 o/oo pr gr C. Slike feil kan skyldes strålingsfeil ved temperaturmålingen, eller problemer med bestemmelse av representativ temperatur for sjikt med store gradienter.

Begge sensorer viste maksimalt en respons på ca 0. 2 cm/gr C, uten at dette entydeig kunne koples til problemer ved kompensasjonsmetodikken. Det synes altså som om sensorene har en viss generell temperaturavhengighet, som dog er neglisjerbar for de fleste formål. Stort sett kan en si temperaturavhengigheten kan gi utslag av betydning ved store måleavstander og store temperaturgradienter.

De påvirkes begge til en viss grad av forstyrrelser i form av snøvær og fokk. Slike forstyrrelser gir som regel store utslag og er lett å detektere og filtrere ved behandling av måldata.

Resultater fra andre prosjekter synes å bekrefte antagelse om problemer ved ekstremt løs og finkornet overflate. En må også anta ustabile resultater ved store ujevnheter i måleflaten (aperturen for begge sensorer er ca 20 gr).

Nyere utgaver av begge sensortyper er bedret mht ustabiliteter ved at der foretas kontinuerlige målinger og middelverdier beregnes etter prosessering og filtrering av usannsynlige verdier.

## 5.2 Elektromekanisk løsning.

Sensorene har ganske lik mekanisk konstruksjon. Campbell er noe større og tyngre enn Aanderaa. Materiale og overflatebehandling av sensorhus er lik (anodisert aluminium). De er begge enkle å montere på arm, stativ ol. Begge leverer montasjesett ; Aanderaa's noe mer stabilt og funksjonelt enn Campbell's. Begge virket gjennomførte mht robusthet og vanntetthet. Av erfaring vet vi at utsyr fra Aanderaa er ekstremt robust , både selve sensorene og kontaktmateriellet. Plugg i Campbell-sensoren var noe spesiell, men virket å være av god kvalitet.

## 5.3 Signalbehandling.

Da nye sensorer foreligger med andre egenskaper mht utgangssignaler og kommunikasjon enn de som er testet , vil en forholde seg til de nyeste utgavene.

Campbell's nye utgave er fleksibel med mulighet for valg av flere typer utgangssignal og valg av egenskaper ved målemetoden ( målehyppighet, båndbredde). Standard RS232 utgang finnes for enkel kopling mot generell logger. Campbell-sensoren må aktiviseres ved triggesignaler . Output er data fra en satt måleperiode som må etterbehandles for temperaturkompensering og eventuelt videre for middelveidier ol.

Aanderaa's nye utgave har i det vesentligste bedringer ved filtrering av data før sluttresultat , samt kontinuerlige målinger (hvert sekund) med intern behandling av data for temperaturkompensering og fortløpende midling. En får mao ut et kompensert midlet resultat uavhengig av avlesningsfrekvens.

Utgangssignalet er på Aanderaa's spesielle form (Aanderaa 10 bit binær kode), og aktuelt logger/avlesningssystem må tilpasses dette (ScanMatic's feltstasjoner takler dette). Å nytte Aanderaa's omformer til analogt signal , som her i denne testen, er upraktisk og trekker i nåværende utgave betydelig strøm og er ikke egnet til batteridrift.

## 5.4 Strømforbruk.

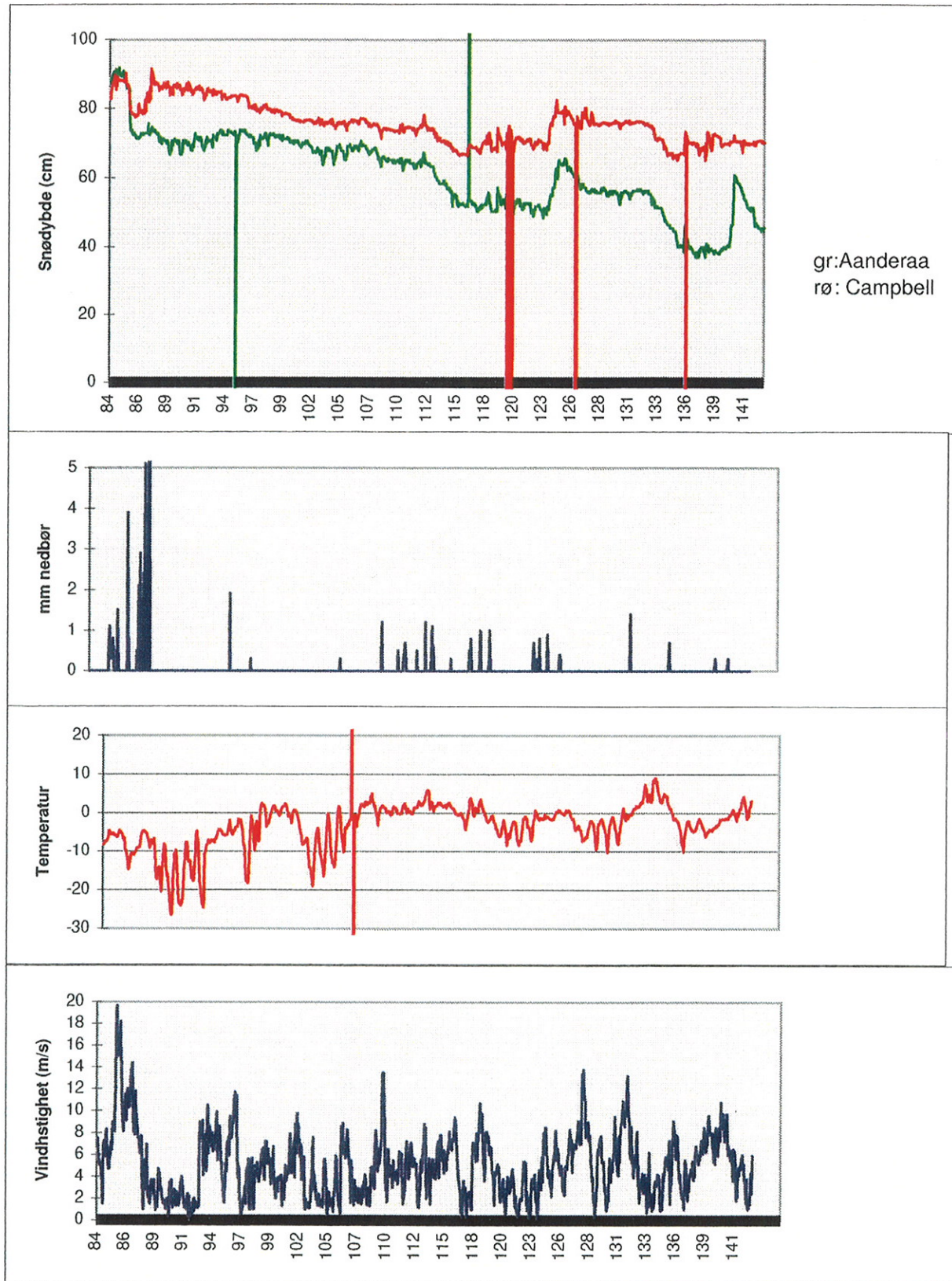
Begge sensorer trekker relativt lite strøm ; Aanderaa 1 mA, Campbell 2 mA (nye utgaver), og er således egnet til batteridrift.

## 5.5 Pris.

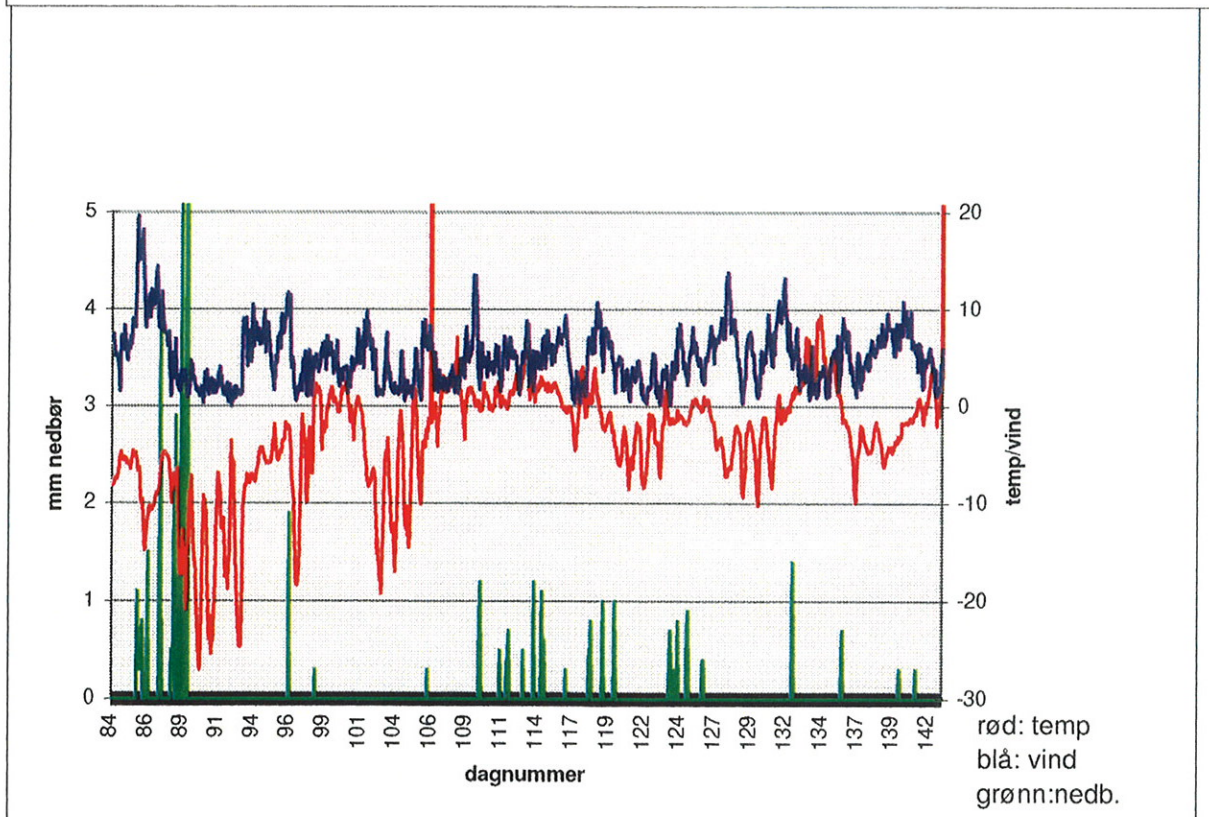
De nyttede sensorene kostet Kr. 5. 900. - og 8. 560. - for hhv Aanderaa og Campbell. De nye utgavene vil ligge på samme nivå (muntlig bekreftelse). Begge er blant de rimeligste på markedet.

## 5. 6 Andre akustiske målere.

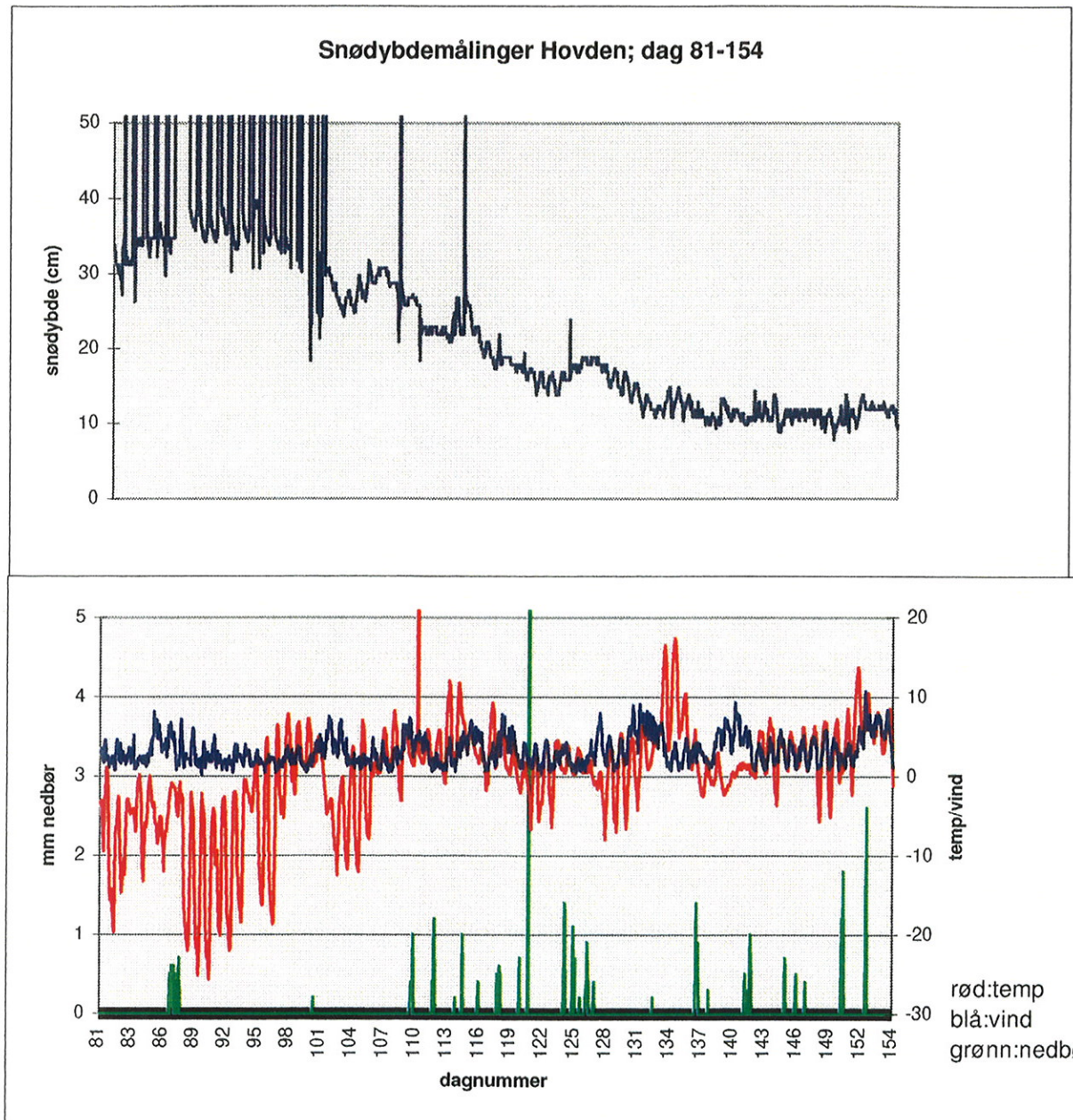
De fleste andre akustiske målere en har innhentet informasjon om er vesentlig dyrere. Vesentlig forskjellig egenskap for de dyreste sammenlignet med de testet i dette prosjektet er at det er satset endel på god temperaturmåling ved spesielt å minimalisere strålingsfeil. Oppgitte spesifikasjoner viser stort sett samme eller dårligere kvaliteter enn for de som her er testet. Spesielt er oppgitt nøyaktighet dårligere, operasjonell temperaturområde snevrere og måleområder mindre.



Snødybde :Aanderaa : "max-verdier" (største minuttmiddel siste time)  
Campbell : nåverdi (minuttmiddel siste minutt før timeskift)  
Nedbør : Nåverdier  
Temperatur : Timesmiddel  
Vind :max 10-minutt-verdi siste time

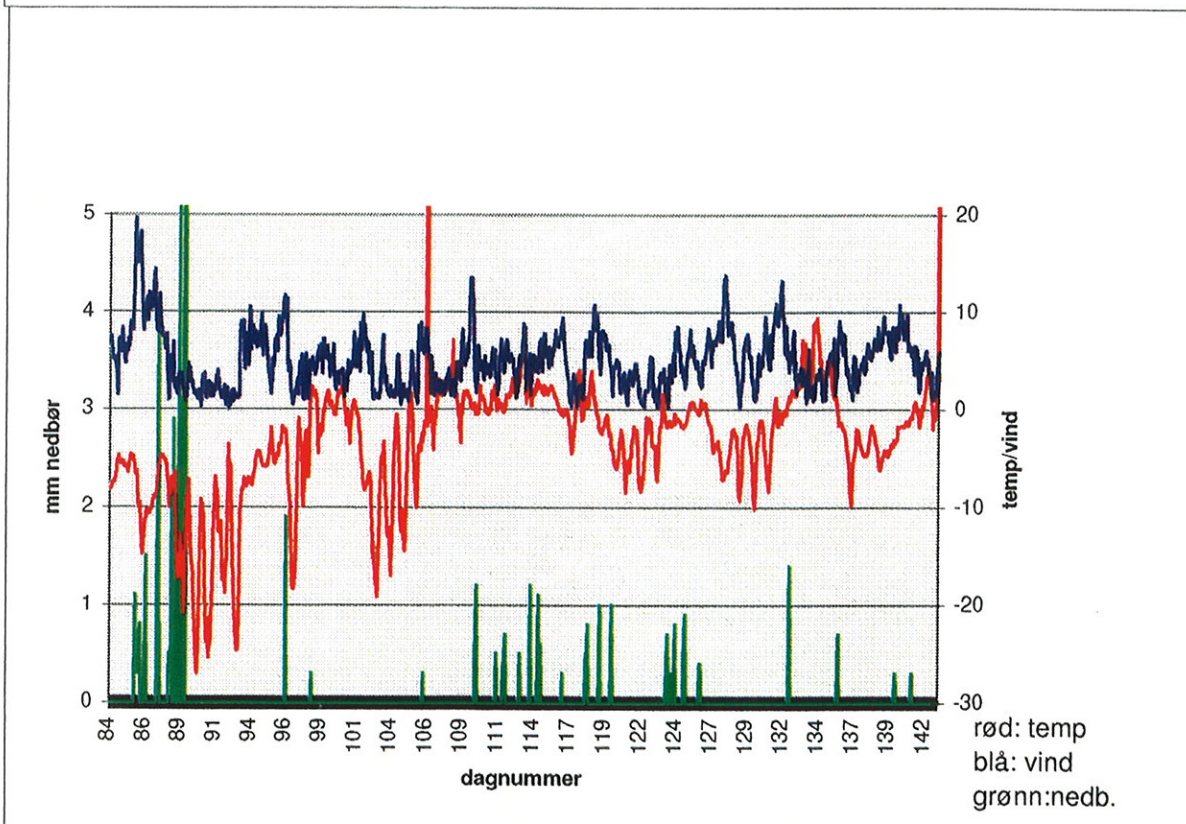
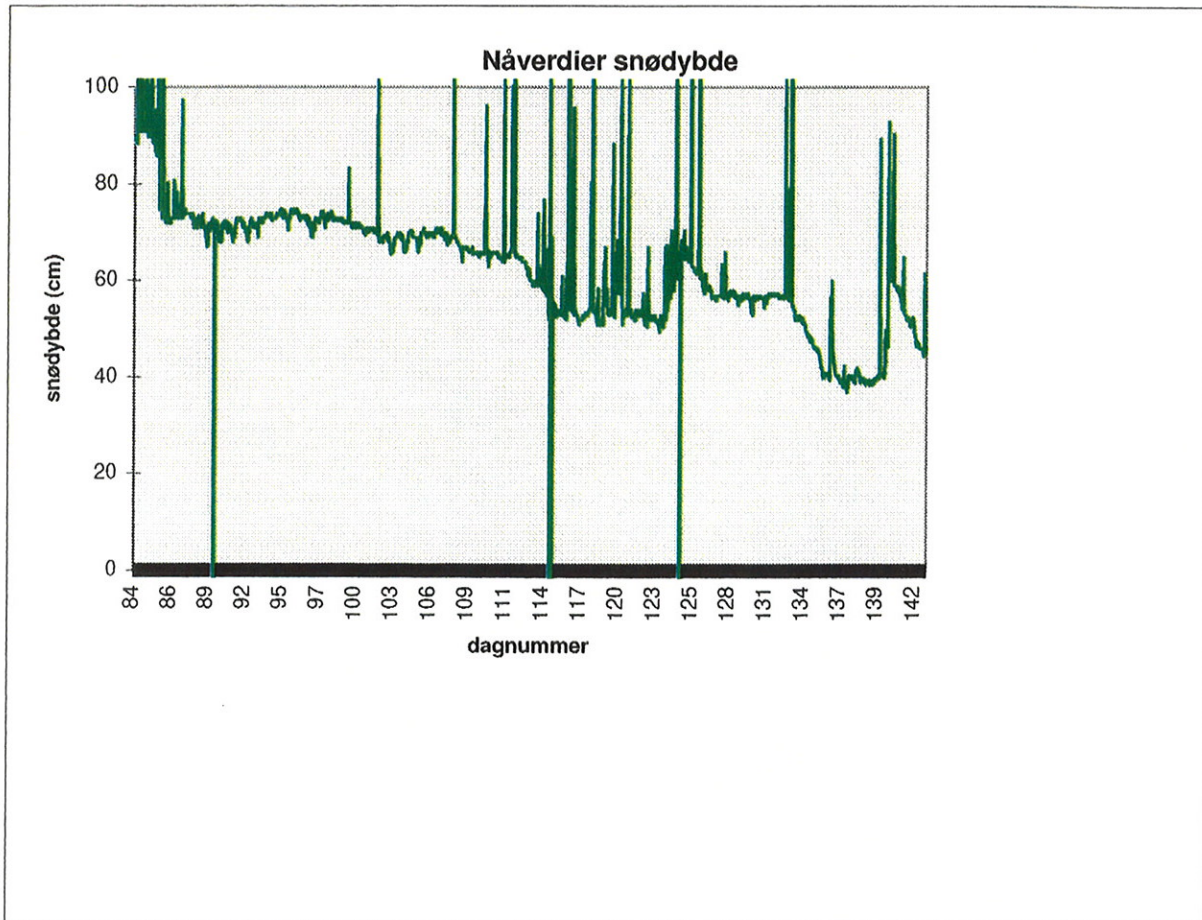


Snødybder: Aanderaa: "max-verdier" (største minuttverdi siste time)  
 Campbell: nåverdi (minuttmiddel siste minutt før timeskift)  
 Nedbør: timesverdier  
 Temperatur: Timesmiddel  
 Vind: max 10-min. verdi siste time



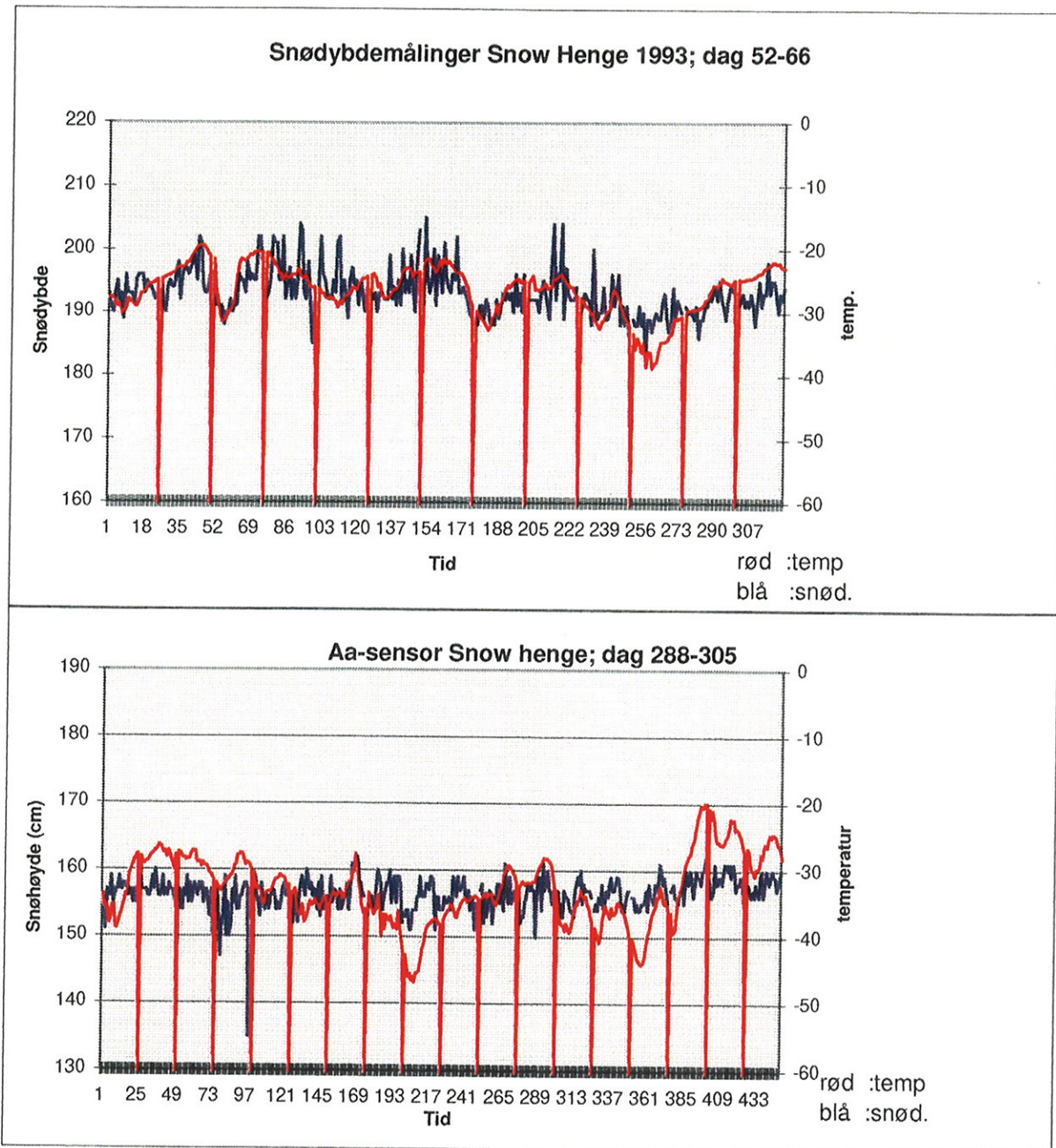
Snødybde : "max-verdier"  
Nedbør : timesverdier  
Temperatur: timesmiddel  
vind : max 10minutt-verdi siste time



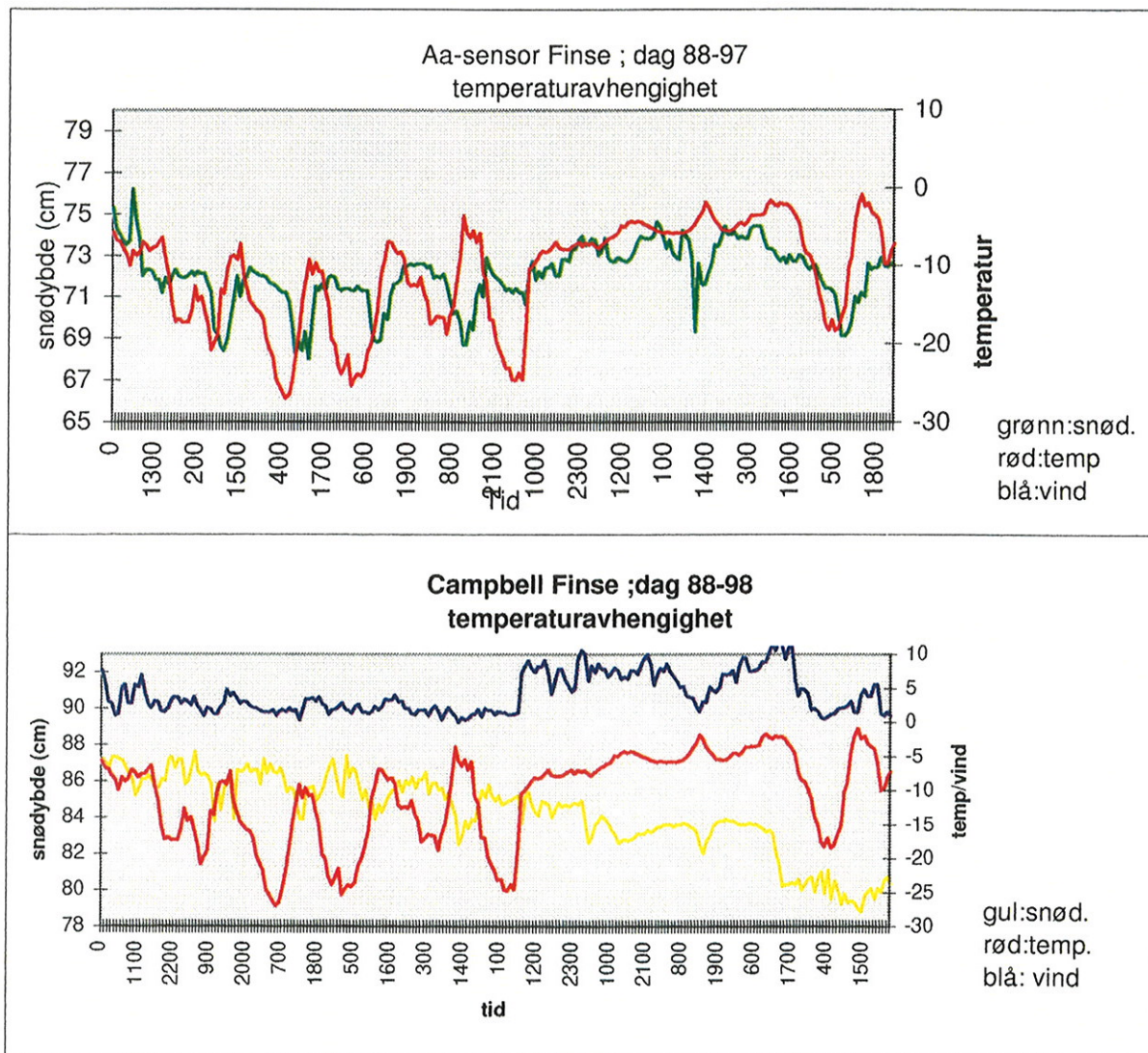


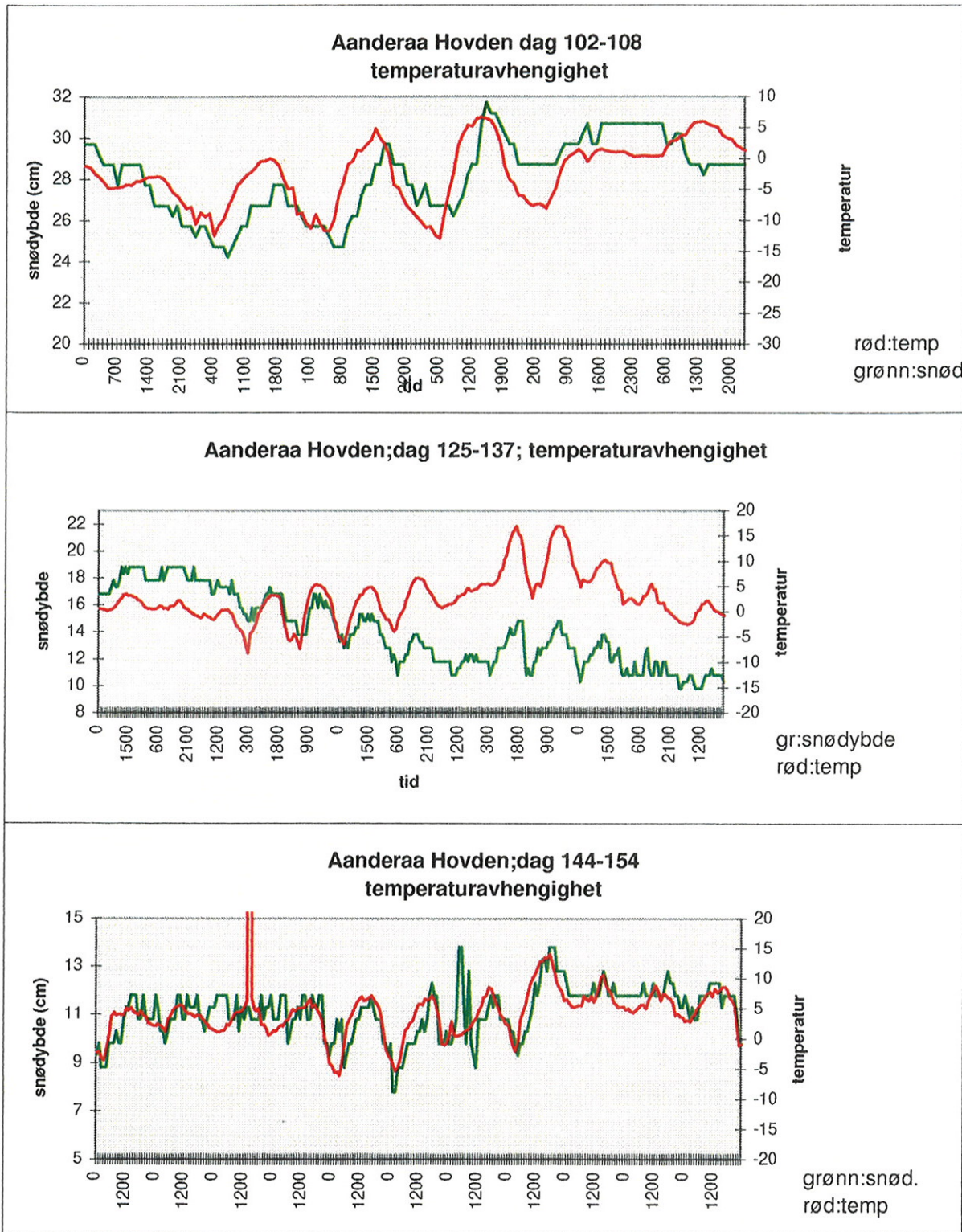
Snødybder: Aa: nå-verdier (minuttmiddel siste minutt før timeskift)  
Campbell: nåverdier  
Nedbør: timesverdier  
Temperatur: Timesmiddel  
Vind: max 10-min. verdi siste time

Aanderaa-sensor.



"Dip" i temperatur ve hvert døgnskift er ikke reell, men skyldes konverteringsproblemer.





## Vedlegg 1

Tekniske spesifikasjoner gamle og nye sensorer fra Campbell og Aanderaa

# UDG01 Ultrasonic Depth Gauge

The UDG01 depth sensor measures the distance from the sensor to a surface. The most common applications are monitoring snow depth or water level. The primary components of this depth sensor are the Polaroid ultrasonic transducer and the Polaroid 6500 Sonar Ranging Module. Both components are specified to  $-25^{\circ}\text{C}$  although they can be tested to  $-40^{\circ}\text{C}$ . Together they form a means of 'ranging' in a target by bouncing a series of ultrasonic pulses off the surface and listening for the return echo. The time from transmission of the pulse to the return of the echo is the basis for obtaining the distance. Since the speed of sound in air varies with air temperature, an independent temperature measurement is required.

## 1. Specifications

|                        |   |
|------------------------|---|
| Power Supply:          | +12V DC   |
| Power Consumption:     | 200 $\mu\text{A}$ (Quiescent)<br>65mA (Active for 0.2s)   |
| Output:                | 16-bit binary coded message   |
| Measurement Range:     | 0.6 to 10m  |
| Accuracy:              | $\pm 10\text{mm}$ or 0.4% of distance to target (whichever is greatest)   |
| Resolution:            | 0.5mm   |
| Beam Acceptance Angle: | Approximately $20^{\circ}$  |
| Operating Temperature: | $-25^{\circ}\text{C}$ to $+50^{\circ}\text{C}$ standard (Consult Campbell Scientific for extended temperature ranges) |
| Operating Humidity:    | 5 to 95% non-condensing   |
| Maximum Cable Length:  | 300m (1000 Feet)  |
| Dimensions:            | Length 230mm<br>Diameter 73mm   |
| Weight:                | 1kg   |

## 2. Introduction

In order to monitor the UDG01, the data acquisition system used must have the following features:

1. Measure air temperature and store the temperature data in a memory location. This information is required so a temperature correction can be applied to the distance measurement.
2. Have at least three control ports which can act as both an input or output. Alternatively, if the control ports cannot accept inputs, then an analogue channel can be used. The analogue input can be single-ended with a 0 to 5V range and have the capability of being selectively activated in order to read the serial output data from the UDG01.

Goodison *et al.* (1988a) described factors which can affect the accuracy of measurement when used in snow monitoring. They discussed the effect of the nature of the snow surface, of blowing or falling snow at the time of the measurement and the effect of the air temperature through which the acoustic waves travel

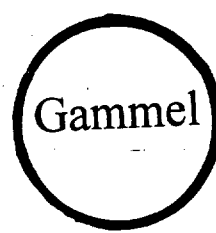
# SR50 Sonic Ranging Sensor

The SR50 Sonic Ranging sensor measures the distance from the sensor to a target. The most common applications are measuring snow depths and water levels. The sensor is based on a 50kHz (ultrasonic) electrostatic transducer. The SR50 determines the distance to a target by sending out ultrasonic sound pulses and listening for the returning echoes from a target. The time from transmit to the return of the echo is the basis for obtaining the distance measurement. Since the speed of sound in air varies with temperature, an independent temperature measurement is required to temperature compensate the distance reading. A simple calculation is used to correct distances for variations in temperature.

## 1. Specifications

|                        |  |               |
|------------------------|--|---------------|
| Power Requirements:    | 9-16V DC   |               |
| Power Consumption:     | 2mA (Quiescent)<br>250mA (Measurement Peak)  | 17.5 Ah/air   |
| Measurement Time:      | 0.6 Seconds Typical<br>3.0 Seconds Max.  |               |
| Output:                | SDI-12<br>Serial ASCII (300 and 1200 baud)<br>Pulse Train (0 to 5V)  | <u>RS 232</u> |
| Measurement Range:     | 0.5 to 10 Metres   |               |
| Accuracy:              | $\pm 1\text{cm}$ or $0.4\%$ of Distance to Target<br>(whichever is greatest)<br>With External Temperature Compensation |               |
| Resolution:            | 0.1mm  |               |
| Beam Acceptance Angle: | Approximately $22^\circ$   |               |
| Operating Temperature: | $-25$ to $+50^\circ\text{C}$ Standard<br>(Extended temperatures available)   |               |
| Maximum Cable:         | 60 Metres (SDI-12 & ASCII)<br>300 Metres (Pulse train)   |               |
| Cable Type:            | 2 Pairs Individually Shielded<br>Black Polyurethane Jacket   |               |
| Dimensions:            | Length 31cm<br>Diameter 7.5cm  |               |
| Weight:                | 1.3kg  |               |

# AANDERAA INSTRUMENTS



FANAVEIEN 13 B  
5050 BERGEN, NORWAY  
TEL. (05) 13 25 00  
TELEX 40049  
TELEFAX (05) 13 79 50

DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

## SNOW DEPTH SENSOR 3212

*Ultrasonic ranging system for the detection of snow depth, with SR-10 output signal.*

Price, FOB Bergen

NOK: 5,400.-



Knowing the snow depth at remote locations may very often be of vital importance in the snow clearing of mountain highways, in organizing winter sports events as well as in calculating future hydroelectric power reserves and other statistical purposes. The Aanderaa Snow Depth Sensor 3212 can provide such vital information by monitoring snow depth at strategic locations.

Mounted on the Aanderaa Environmental Station 2704 using Sensor Arm 3233 it can relay the data obtained to a user terminal via VHF radio or telephone link.

The sensor is housed in a rugged 50 mm diameter hard-anodized aluminum tube. Its standard outlet can be connec-

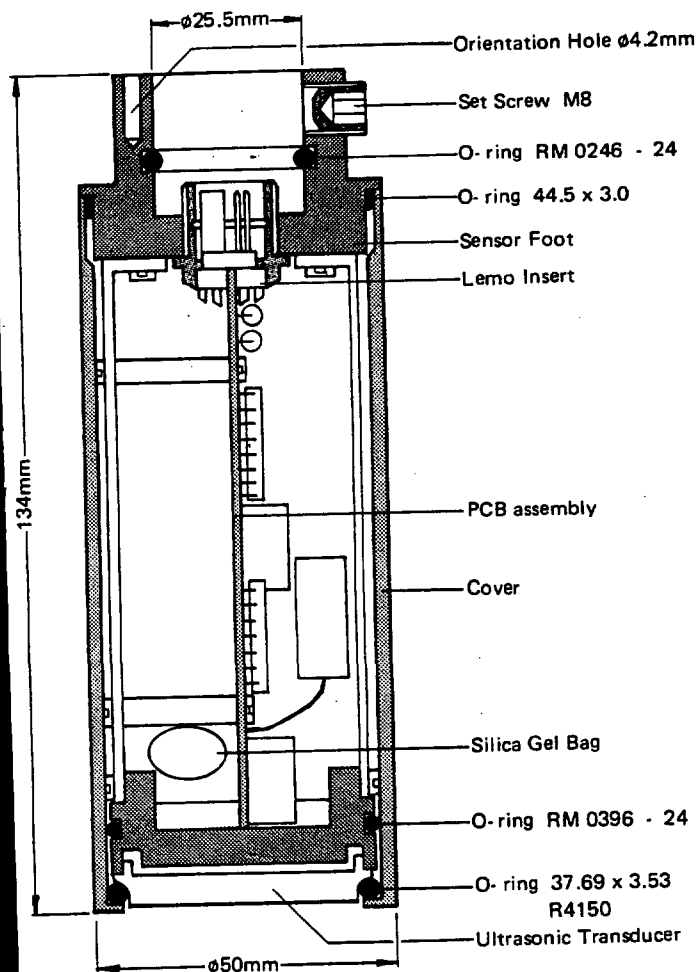
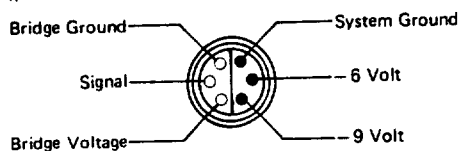
ted to any Aanderaa read-out device such as Display Unit models 3012 or 3017, and Sensor Scanning Unit models 3010 or 3110.

The Snow Depth Sensor 3212 utilizes an ultrasonic transducer which transmits an acoustic pulse to the snow surface. The time taken for the reflection of this pulse to return to the transducer is measured. Combined with the speed of sound in air this provides an accurate indication of the height above the snow. Subtracted from the previously calibrated distance between the transducer and the ground, this automatically gives the depth of snow below the sensor.



# SPECIFICATIONS FOR SNOW DEPTH SENSOR 3212

Receptacle seen from outside:  
(pin = ● , bushing = ○ )



- Range: 0.5 – 5m
- Accuracy: ±1 cm
- Resolution: 0.5 cm
- Temperature Range: -40 °C to +20 °C
- Supply Voltage: -9 Volts
- Supply Current: 10 mA
- Sensor Output: Aanderaa SR-10 Code
- Electrical Connection: Lemo 6-pin
- Material and Finish: Aluminium 6061T Anodized 20µ
- Weight: 275g
- Dimensions: ø50 x 134 mm
- Ultrasonic Frequency: 50 kHz
- Warranty: One year against faulty materials or workmanship.

## CALIBRATION

Serial No. ....

N is the raw data reading obtained when the sensor is used with Sensor Scanning Units 3010/3110, or Display Units 3012/3017.  
This gives the following coefficients in the formula:  $Snow\ Thickness = A + B \times N + C \times N^2 + D \times N^3$  (Meters)

|                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Reading N        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Height in Meters |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

A = ..... (Distance between sensor and ground)

C = .....

B = .....

D = .....

Date..... Sign. ....

Nesttun, 1 februar 1996

## ULTRA SONIC LEVEL SENSOR 3212 - FUNKSJONSBESKRIVELSE

1. Sensoren sender ut 50 kHz i 0,5ms burst.
2. Etter 0,5ms startes 32 kHz oscillator som sender pulser inn på mikro-controller som igjen teller disse pulsene. I tillegg er det lagt inn et tall i mikro-controller som skal kompensere for 0,5ms burst.
3. Etter 3ms switcher sensoren over til mottak modus.
4. Telling av 32 kHz stopper når sensoren mottar ekko fra flaten som det måles mot.
5. Den målte avstanden er da resultatet av hvor mange pulser mikro-controlleren har mottatt fra 32 kHz oscillatoren før ekko er mottatt fra 50 kHz burst.

32 kHz oscillatoren er temperatur kompensert for lydhastigheten i luft, som er gitt av ligningen  $V = 20,08 \times \sqrt{T}$  der  $V = \text{m/s}$  og  $T = \text{grader kelvin}$ . I oscillatoren er det lagt inn et PTC-element som gjør at oscillator frekvensen øker med temperaturen etter vist formel. PTC- elementet er limt til sensor body for god termisk kontakt.

$$V(T=273) = 332 \text{ m s}^{-1}$$

*Terje Moberg*  
Terje Moberg

# AANDERAA INSTRUMENTS



FANAVEIEN 13B  
5050 NESTTUN  
NORWAY  
TEL +47 5513 25 00  
FAX +47 5513 79 50 TLX 40048

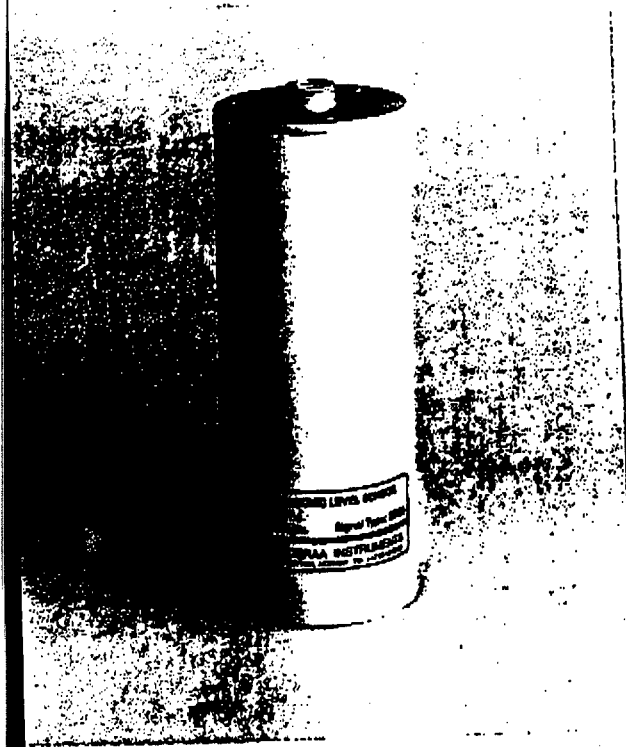
DATA COLLECTING INSTRUMENTS FOR LAND, SEA AND AIR

## ULTRASONIC LEVEL SENSOR 3600

*measures the distance from the sensor to a reflecting surface.  
Intended for use with Aanderaa Display or Scanning Units.*

### Fields of application:

- Flood warning systems.
- Sea level in ports and docks.
- Automatic surveillance of any changing physical level.
- Water level monitoring in ponds, dams and rivers.
- Snow depth measurements.



**PRELIMINARY**

### Field of application

Water level monitoring and snow depth measurements are very often required for numerous practical reasons. The Ultrasonic Level Sensor 3600 will, together with Aanderaa Display or Scanning Units measure this parameter at regular intervals. Data are stored on-site and/or conveyed in real-time to the user either via cable, VHF radio or telephone line.

### Consists of

The sensor is a rugged field device, cylindrically shaped, measuring 59 x 144mm. It has a six pin receptacle at one end and an ultrasonic transducer at the other end. The sensor incorporates necessary electronics to ensure ten bit digital signal output, SR10. The transducer is protected from physical damage by a screen. The sensor has also a built-in digital thermometer for automatic temperature compensation of the measured distances.

### Principle of operation

The sensor utilizes an ultrasonic transducer which transmits every second an acoustic pulse down to the surface. The

pulse is reflected back to the sensor and the time span between transmitting and receiving is measured. Since the temperature is known one can calculate the speed of sound in air and thereby find the distance between the sensor and the surface to be measured.

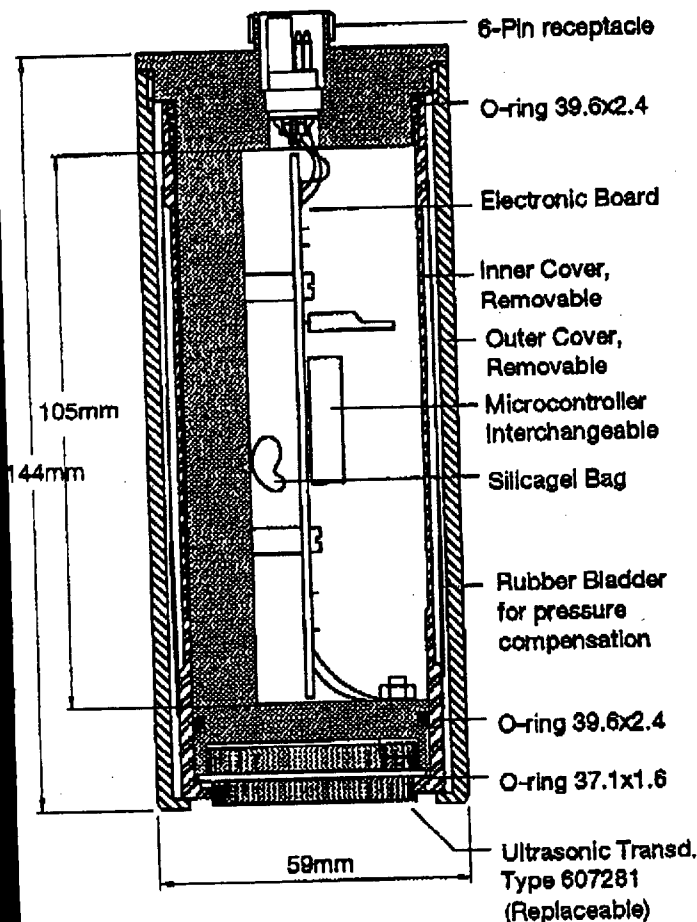
By subtracting the measured distance from the installation height of the sensor, the surface level is found. The measurements are averaged over the sampling interval and the resultant value is stored in a buffer ready to be clocked out by the Sensor Scanning Unit.

### Other useful information

The sensor must be mounted at least 0.5 m above ground or other surfaces, and should be directed downward and perpendicular to the surface to be measured. If the sensor does not receive an echo, it will show 1023. For snow depth measurements a tripod, part number 3313, is made for installation with an Automatic Weather Station 2700 or Road Weather station 4030, see illustration overleaf.



# SPECIFICATIONS FOR ULTRASONIC LEVEL SENSOR 3600

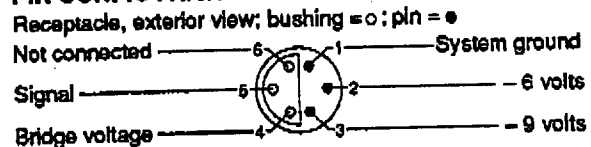


- Range:** 0.5-10 meters.
- Installation Height:** Minimum 0.5 meter above any reflecting surface.
- Accuracy:** ±1 % of reading.
- Resolution:** 1 cm.
- Operating Temperature:** -40 to +50°C.
- Supply Voltage:** 9-14V DC.
- Current Consumption:** 1mA.
- Ultrasonic Frequency:** 50 kHz.
- Sensor Output:** Aanderaa SR10 code (10-bit Shift Register).
- Electrical Connection:** Plug 2828 or Cable 2842, 10 m.
- Weight, Net:** 600 grams.
- Material and Finish:** Aluminum anodized 20µ.
- Warranty:** Two years against faulty materials and workmanship..

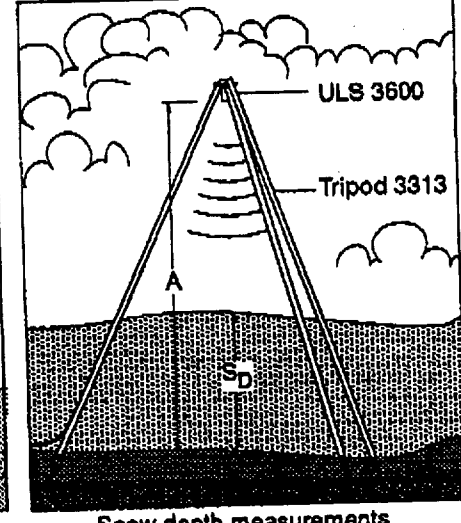
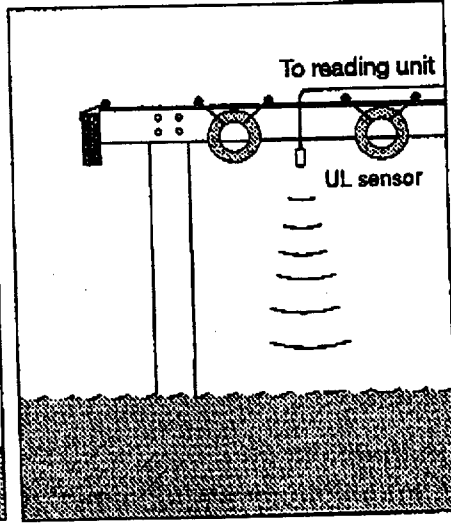
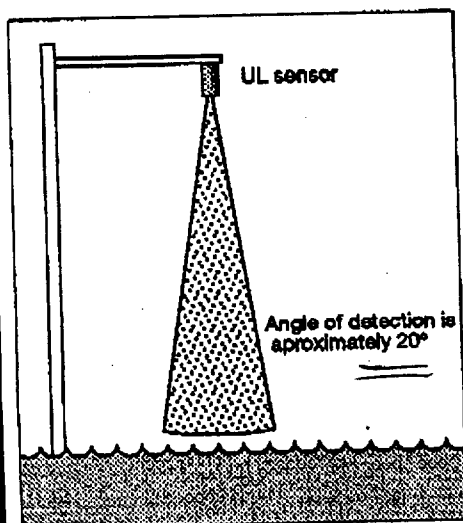
## SENSOR READING

The sensor has nominal calibration coefficients which are the same for all 3600 sensors. To convert the raw data reading (N) obtained by the Sensor Scanning Unit, use the formula:  
 $Water\ Level\ (S_w)\ cm = A + BN + CN^2 + DN$   
 where coefficient A = Sensor height above ground in cm, B = -1, C and D = 0.

## PIN CONFIGURATION



## APPLICATIONS



## Vedlegg 2

Driftsrapporter fra tilsynsmenn på Finse og Hovden.

### Snødybdemålinger på FINSE.

|    | Dato/tid   | avlest målestav (cm) | Været i øyeblikket | Nedbør siden sist | Fokk (siden sist)               | Overflatebeskaffenh | Kommentarer (eventuelle justeringer oa) |
|----|------------|----------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|---|
| 82 | 23/3       | 90                   | Pent Sol           | Nei               | Nei                             | Ingen endring       |   |
| 88 | 29/3 kl 11 | 89                   | Pent Sol           | Nei               | Nei                             | Ingen endring       |   |
| 90 | 3/3 kl 15  | 88                   | Pent Sol           | Nei               | Nei                             | Ingen endring       |   |
| 91 | 1/4 kl 17  | 87                   | Pent Sol           | Nei               | Nei                             | Ingen endring       |   |
| 93 | 3/4 kl 12  | 83                   | Øverstegott        | Lett Snø          | Sløtt vakkefokk vindstyrke 7.50 | Ingen endring       |   |
| 94 | 4/4 kl 12  | 83                   | Øverstegott        | Lett Snø          | Sløtt vakkefokk vindstyrke 6.70 | Ingen endring       |   |
| 96 | 6/4 kl 16  | 82                   | Pent Sol           | Nei               | Nei                             | Ingen endring       |   |
| 97 | 7/4 kl 10  | 81                   | Pent Sol           | Nei               | Nei                             | Ingen endring       |   |
| 98 | 8/4 kl 14  | 81                   | Sløtt skogott      | Nei               | Nei                             | Ingen endring       |   |

Snødybdemålinger på FINSE.

| Dato/tid | avlest målestav (cm)        | Været i øyeblikket | Nedbør siden sist | Fokk (siden sist)                  | Overflatebeskaffenhhet                        | Kommentarer (eventuelle justeringer oa) |
|----------|-----------------------------|--------------------|-------------------|------------------------------------|---|---|
| 99       | 9/4 kl 11 <sup>00</sup> 80  | Lettskyet          | Nei               | Nei                                | Ingen endring                                 |   |
| 105      | 15/4 kl 11 <sup>00</sup> 78 | Lettskyet          | Nei               | Nei                                | Ingen endring                                 |   |
| 108      | 18/4 kl 14 <sup>00</sup> 74 | Lettskyet          | Middels Småbyger  | Left Gattefokke vindstyrke 8.14    | Ingen endring                                 |   |
| 112      | 22/4 kl 10 <sup>00</sup> 70 | Overstytt          | Nei               | Nei                                | Ingen endring                                 |   |
| 117      | 27/4 kl 14 <sup>00</sup> 57 | Overstytt          | Regn              | Nei                                | Sammensyntening<br>Statist ut av<br>Stilling. |   |
| 118      | 28/4 kl 13 <sup>00</sup> 60 | Overstytt          | Middels snø       | Nei                                | Er justert på blom                            |   |
| 127      | 7/5 kl 12 <sup>00</sup> 65  | Overstytt          | Middels snø       | Left Gattefokke<br>vindstyrke 8.68 | Skispor under sensor                          |   |
| 131      | 14/5 kl 11 <sup>00</sup> 60 | Overstytt          | Left snø          |                                    | Ingen endring<br>Ingen endring                |   |

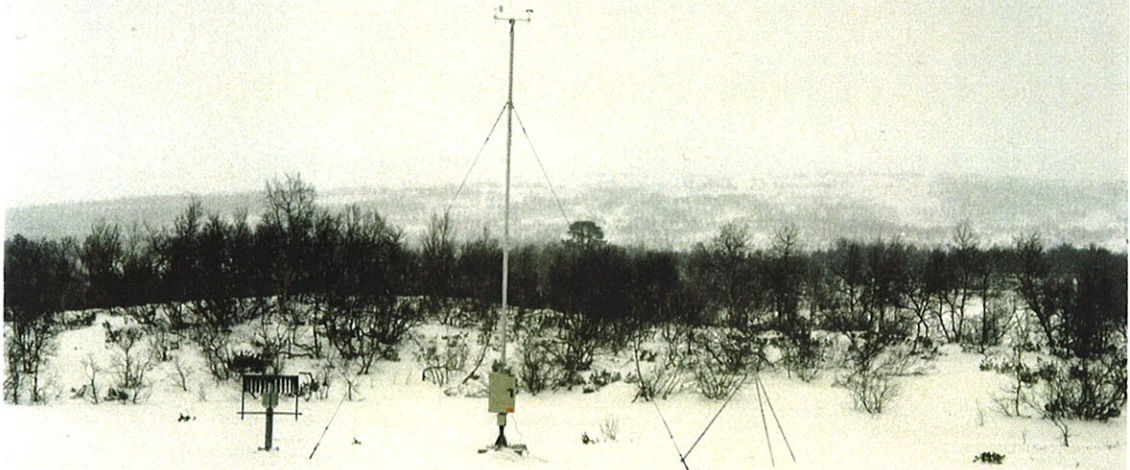
**Snødybdemålinger på HOVDEN.**

| Dato/tid      | avlest målestav (cm) | Været i øyeblikket | Nedtør siden sist | Fokk (siden sist) | Overflatebeskaffenhet | Kommentarer (eventuelle justeringer oa) |
|---------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|---|
| 83<br>25/3/76 | 30                   | Snøtt/skille 0°    | 1 mm Følger.      | Nei               | Ski spor og H Jorde   |   |
| 87<br>28/3    | 48                   | Oppklaring         | Middels snø torsk | Nei               |                       |   |
| 93<br>3/4     | 32                   | Overstyrt          | Nei               | Nei               | Nye ski spor under    |   |
| 100<br>10/4   | 14                   |                    | Nei               | Nei               | Uvit nye overflaten   | Skiftet vinkel<br>Sensor 10/4 76.       |
| 109<br>19/4   | 10 cm                | Regnvar            | Ja                | Nei               | Vann                  |   |
| 119<br>29/4   | 2 mm snø             |                    | Ja regn / skudd   | Nei               | Vann                  |   |
| 124<br>4/5    | Summ                 | Gratt              | Ja skudd          | Nei               | Følg                  |   |
| 126<br>6 mai  | 10 mm snø            | Vind               |                   | Nei               |                       | Snoen forsvant<br>i løpet av dagen      |

## Vedlegg 3

Fotografier av måleoppsettene på Hovden og Finse.

### Hovden

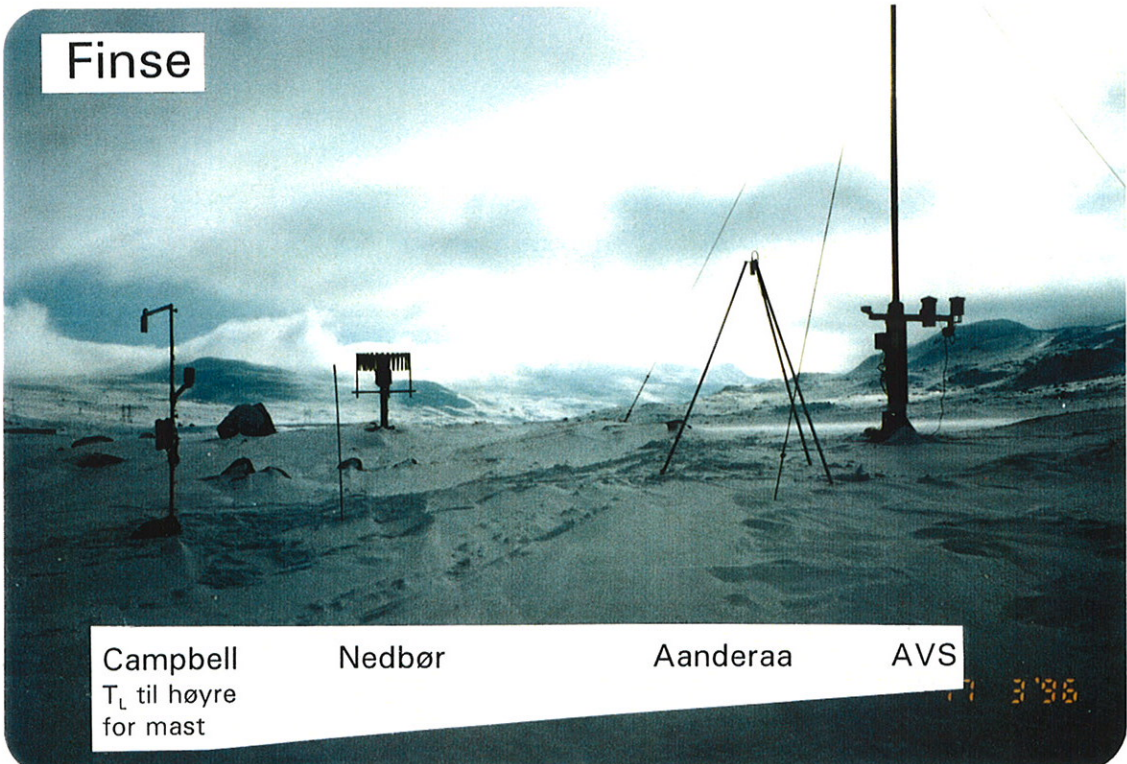


Nedbør

AVS

Snødybdemåler

### Finse



Campbell  
T<sub>L</sub> til høyre  
for mast

Nedbør

Aanderaa

AVS

17 3'96