

Programområde:

**Luft**

Miljöövervakningsmetod:

**Växthusgaser**

## Mål och syfte med miljöövervakningsmetoden

- att spåra eventuella långsiktiga förändringar av lufthalter av koldioxid i bakgrundsatmosfären
- att bidra till det globala nätverket av stationer som följer utvecklingen av strålningsaktiva ämnen
- att identifiera förändringar i strålningsbalansen i en region som kan spela en nyckelroll för Skandinavians klimat
- att ge underlag för modellstudier av kolets kretslopp

## Att tänka på

Mätningar av koldioxidhalt bör samordnas med övriga verksamheter av samma art i världen för att ge en kostnadseffektiv global täckning.

För att bidra till det globala nätverket är krävs en mycket noggrann kontinuerlig internationell interkalibrering av mätningarna.

För att öka förståelsen för orsakerna till variationer är det viktigt att komplettera den kontinuerliga mätserien med specialstudier som även omfattar isotopmätningar.

Veckovis flaskprovtagning (dubbelprover) med analyser gjorda på oberoende sätt rekommenderas som kontinuerlig kontroll av mätkvalitén.

## Strategi

Koldioxid varierar på tidskalor från timmar till decennier på grund av flera olika skäl som t.ex. luftmasseförändringar av synoptiska vädersystem och årstidsväxlingarna hos de naturliga källorna och sänkor och mellanårsvariationer i källor och sänkor. För att finna representativa värden för att studera långsiktiga trender är det nödvändigt att rådata har en hög tidsupplösning (minuter). Den höga tidsupplösningen behövs så att de naturliga variationerna på kortare tidsskalor kan elimineras i trendanalysen.

*Handledning för miljöövervakning  
Miljöövervakningsmetod*

## Statistiska aspekter

För att kunna uppfylla ovanstående syften är det av stor vikt att mätningarna bedrivs mycket långsiktigt. Koldioxidförändringar som människan skapar idag kommer att påverka atmosfärens sammansättning i hundratals år. Mellanårsvariationerna är naturligt stora och det krävs perspektiv på decennier för att kunna utläsa trender. Mellanårs variationerna är viktiga att kvantifiera för att kunna förstå processerna som styr den naturliga variabiliteten; insikt om dessa processer är nödvändig för att kunna förutsäga hur systemet kan reagera (och påverka atmosfärens koldioxidinnehåll) i framtiden.

## Variabler

Variabler i den form de anges i miljöövervakningens referensregister:

Koldioxidhalt (ppm(v)) i luft

$\delta^{13}\text{C}$  i koldioxid (‰) i luft

temperatur (°C) i luft

vindhastighet (m/s) i luft

relativ luftfuktighet (%) i luft

## Sammanställning av vad som skall mätas

Företeelse: luft

Frekvens: kontinuerligt

<i>Determinand</i>	<i>Enhet</i>	<i>Prioritet vid mätning *)</i>	<i>Provtagn. metod</i>	<i>Referens provt. metod.</i>	<i>Analysmetod</i>	<i>Referens anal. metod</i>
Koldioxid-koncentration	ppm(v)	1	kontinuerlig	1	NDIR	1
$\delta^{13}\text{C}$ i koldioxid	‰	1	glasflaskor	2	Masspektroskopi	2
temperatur	°C	2	kontinuerlig	3	termocoupe	3
vindhastighet	m/s	2	kontinuerlig	3	rosemount	3
relativ luftfuktighet	%	2	kontinuerlig	3	fukt-sensor	3

\*) Prioritet 1 mäts i första hand

## Bakgrundsinformation

Utvärdering av stationsplacering är gjord i referens 4. Se även bilagorna 1 och 2.

## Utvärdering

Alla kända lokala föroreningsepisoder bokförs. Data som är påverkat identifieras manuellt för att elimineras ur databehandlingen. Insamlade data har minutupplösning men redovisas som timmedelvärden. Detaljbeskrivning av utvärderingen ges i bilaga 2.

## Kvalitetssäkring

Daglig tillsyn av samtliga instrument görs på plats. Funktionen hos instrumenten kontrolleras dessutom dagligen via datorförbindelse för att kunna varsla personalen på plats vid driftstörningar.

Kalibrering av instrument sker i fält två gånger per år. Veckovis luftprovtagning görs med flaskprover som analyseras med ett helt oberoende system för koldioxidhalt.

## Rapportering, presentation

En årlig datasammanställning görs och rapporteras till Naturvårdsverket (referenser 5-8). Data publiceras regelbundet i den internationella litteraturen. Resultat presenteras även i dagspress och populärvetenskaplig litteratur (se "rekommenderad litteratur" nedan).

## Datalagring, datavärd

Samtliga data lagras sedan 1991 kontinuerligt via en dataförbindelse till mätstationen och finns tillgängliga vid MISU.

Bearbetade och kvalitetsgranskade data levereras till datavärden för nationell miljöövervakning som är SMHI.

## Kostnadsuppskattning

Beräknade kostnader 1996:

Fyllning, analys och transport av kalibreringstuber ca. 80 000 kr/år.

Resor till mätstationen för tillsyn av instrument och "fältkalibreringar" ca. 40 000 kr/år<sup>1</sup>.

Transport till, och kalibrering av standards i Boulder, Colorado ca. 20 000 kr/år.

Deltagande i internationell samordning av verksamheten ca. 20 000 kr/år.

Transport av glasprovflaskor för isotopstudier och koldioxidmätningar ca. 12 000 kr/år.

Driftkostnader i kalibreringslaboratoriet i Stockholm är ca. 25 000 kr/år.

Olika metoder för att minska förbrukningen av kalibreringstuber och därmed transportkostnaderna undersöks kontinuerligt. Ett minimerande av resor och transporter till mätstationen eftersträvas för att minska kostnaderna.

---

<sup>1</sup> Denna kostnad är gemensam med aerosolprogrammet

Kostnader för slutgiltig kontroll och validering av resultat samt sammanställning och presentation av data är inte inräknade.

## Rekommenderad litteratur

- Engardt, M., Holmén, K., Odh, S.-Å. and J. Heintzenberg, Short-term variations in atmospheric CO<sub>2</sub> at Ny-Ålesund, Svalbard during spring and summer, *Tellus*, 48B, 33-43.
- Holmén, K., Engardt, M. and S. Craig, Recent Dramatic Changes in the Carbon Dioxide Trends as Observed on Zeppelinfjellet on Spitsbergen, WMO Global Atmosphere Watch, WMO/TD-107, 1995.
- Holmén, K., (1996) Klimatforskare spår i kristallklar luft (in Swedish), *Forskning och Framsteg*, 1/96, 4-8.

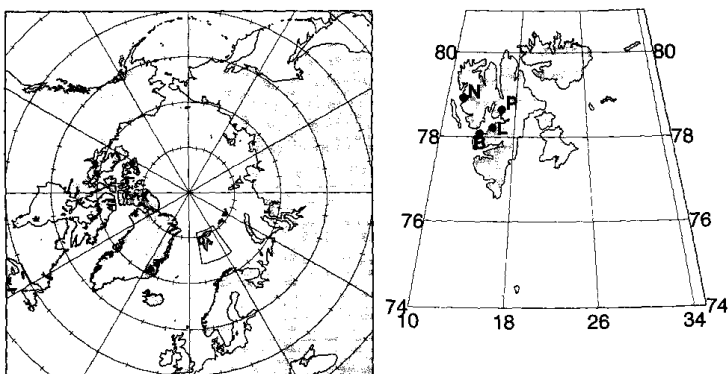
## Referenser

1. Holmén, K., Engardt, M., and S.-Å. Odh, The Carbon Dioxide Measurement Program at the Department of Meteorology at Stockholm University, Report CM-84, International Meteorological Institute in Stockholm, 38 pp., 1995.
2. Ciais, P., Tans, P. P., White, J. W. C., Trolier, M., Francey, R. J., Berry, J. A., Randall, D. R., Sellers, P. J., Collatz, J. G. and Schimel, D. S., Partitioning of ocean and land uptake of CO<sub>2</sub> as inferred by  $\delta^{13}\text{C}$  measurements from the NOAA Climate Monitoring and Diagnostics Laboratory Global Air Sampling Network. *Journal of Geophysical Research*, 100, D3, 5051-5070, 1995.
3. Heintzenberg, J., Ogren, J., Odh, S.-Å., Bäcklin, L., and T. Danielsen, The MISU baseline station, Report AA-2, International Meteorological Institute in Stockholm, Department of Meteorology, Stockholm University, 39 pp, 1991.
4. Heintzenberg, J., Bischof, W., Odh, S.-Å., and Moberg, B., An investigation of possible sites for a background monitoring station in the European Arctic, Report AP-20, IMI, Department of Meteorology, Stockholm University, 1983.
5. Heintzenberg, J., Holmén, K., Odh, S.-Å., and J. Ogren, Air Monitoring in the Arctic: 1980-90, Swedish Environmental Protection Agency, Rapport 3945, 46 pp, 1991.
6. Heintzenberg, J., Holmén, K., Odh, S.-Å., and M. Engardt, Air Monitoring in the Arctic, Swedish Environmental Protection Agency, Rapport 4094, 62 pp, 1991.
7. Heintzenberg, J., Engardt, M., Holmén, K., Leck, C., and S.-Å. Odh, Air Monitoring in the Arctic, Swedish Environmental Protection Agency, Rapport 4217, 1993.
8. Holmén, K., Leck, C., Engardt, M., and S.-Å. Odh, Air monitoring in the Arctic (1993), Swedish Environmental Protection Agency, Rapport 4404, 1995.

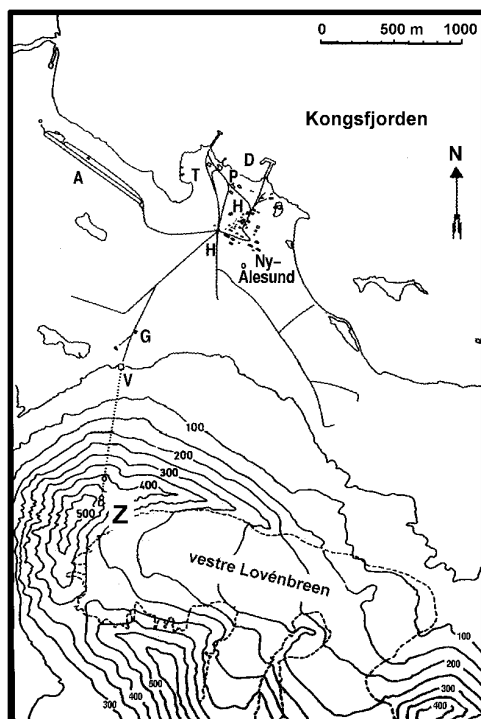
## Bilaga 1. Provtagningsmetoder

### Mätplats

Stationen är placerad på Zeppelinfjället (474 meter över havet) utanför Ny-Ålesund (78°54' N, 11°53' E) på Spetsbergen, Svalbard, Norge (se figur 1 och 2 nedan). Stationen är vald efter en omfattande utvärdering (referens 1). Platsen är lämplig för att kunna undvika varje form av lokal störning från industriella processer, transport system eller växtlighet.



Figur 1 Översiktsskarta över Arktis. Täckningen av kartan till höger är markerad i vänstra figuren. Detaljkartan visar läget för Ny-Ålesund (N) och de tre största källorna för lokalkontaminering dvs. samhällena Barentsburg (B), Longyearbyen (L) och Pyramiden (P).

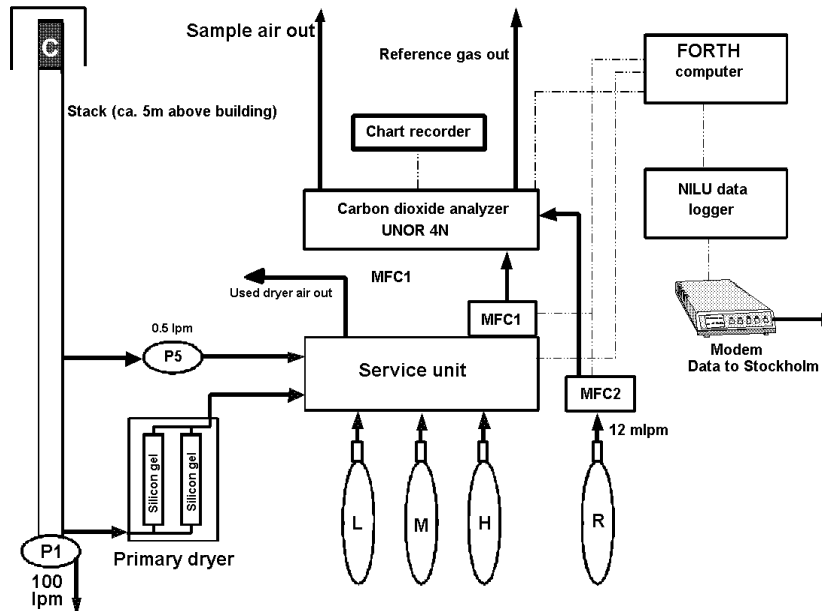


Figur 2 Översiktsskarta över området kring Ny-Ålesund. Z markerar Zeppelinstationen. V anger var dalstationen för linbanan är placerad. Ny-Ålesunds befolkning varierar mellan 10-150 invånare under året. Transporter görs av ca. 15 motordrivna fordon. Flyg landar på flygplatsen (A) 2-4 gånger per vecka. Varje sommar lägger det till ungefär 100 båtar (fiskefartyg och kryssningsbåtar) i hamnen (D). Några gånger om året förbränns det sopor (vid T). Helikopterlandningsplatser finns vid H markeringarna. Förutom nödvändiga besök vistas i princip inga personer närmare Zeppelinstationen än platsen för dalstationen (V).

## Mätutrustning

Figuren nedan visar nuvarande instrumentuppställning.

Se figurtexten nedan (tagen direkt ur referens 2) för detaljer samt även bilaga 2 för ytterligare information (på Engelska).



Schematic view of the MISU CO<sub>2</sub> analyzing system. P1 is a 1.1 kW Siemens fan. P5 is a Gast MOA pump. P5 is placed in a pump-room; the lines from the stack through P5 to the service unit are a total of ca. 15 m of Decabon tubing. All tubing is steel except for air-intake and reference gas lines which are Decabon. MFC are Brooks 5850E mass flow controllers. Flows are monitored with Brooks 5810N mass flow meters. L, M, H, and R are low, medium, high, and reference gas cylinders respectively. C (at the top of the stack) is a cyclone that separates out particles larger than one micrometer. Dashed lines indicate electrical connections.

## Provtagningsförfarande

Kontinuerlig mätning av CO<sub>2</sub> med UNOR 4N, med kyvett längd 60 mm (tillverkat av H. Maihak AG, Hamburg, Tyskland). Exakt beskrivning av hela provtagningsmetoden inklusive kalibreringsförfarandet i Stockholm finns i referens 2 tillgänglig från MISU. Instrumentering och kalibreringsförfarande skall anpassas till de nya WMO rekommendationerna (referens 3) under 1997.

## Referenser

1. Heintzenberg, J., Bischof, W., Odh, S.-Å., and Moberg, B., An investigation of possible sites for a background monitoring station in the European Arctic, Report AP-20, IMI, Department of Meteorology, Stockholm University, 1983.

*Handledning för miljöövervakning  
Miljöövervakningsmetod*

*Version 1: 1996-10-21*

2. Holmén, K., Engardt, M., and S.-Å. Odh, The Carbon Dioxide Measurement Program at the Department of Meteorology at Stockholm University, Report CM-84, International Meteorological Institute in Stockholm, 1995.
3. World Meteorological Organisation CO<sub>2</sub>-experts manual, WMO/TD-XXX, 1996, (tillgänglig från MISU).

## Bilaga 2.

Informationsfil som skickas till WMO vid leverans av datafiler med ytterligare detaljer om mätprogrammet

### **Introduction:**

The current files contains CO<sub>2</sub>, and selected meteorological data from the Zeppelinfjellet station, Ny-Ålesund, Spitsbergen (78.9 ° North, 11.9 ° East, 474 m above mean sea level).

The data are collected by the Department of Meteorology, Stockholm University.

Address: Arrhenius Laboratory, S-106 91 Stockholm, SWEDEN. Contact persons:

Magnuz Engardt (magnuz@misu.su.se), or Kim Holmén (kim@misu.su.se).

The Zeppelinfjellet station is located on a barren mountain ridge facing the bay of Kongsfjorden. It is surrounded by rocks and glaciers, there is no vegetation near the site. Due to the local topography, the wind is coming from South to South-East during almost 80% of the time. The annual mean temperature in Ny-Ålesund is ca. -6 degrees Celsius.

Prior to March 1990, all measurements were performed at the base of the mountain. This site was located ~1 km North of the current station with an elevation of ca. 50 m above mean sea level. The surroundings at the lower site is Arctic tundra. The hamlet Ny-Ålesund, is 1.5 km further North.

### **Sampling method:**

Continuous non-dispersive infrared analysis by a UNOR 4N, cuvette length 60 mm (H. Maihak AG, Hamburg, Germany). Ambient air and calibration gases are flowing through the measurement cell at 0.5 liters per minute (lpm). Flow through the reference cell was ~0.5\*0.001 lpm in the early measurements but has been ca. 15\*0.001 lpm since October 1992.

Ambient air and calibration gas are dried in a Nafion membrane dryer (Perma Pure model PD-625-12-PP, Perma Pure Products Inc., Farmingdale, NJ, USA), where the dry side of the membrane is flushed with dried air from a silica gel dryer. Prior to October 1992, however, the dry side was flushed with heated sample air.

The instrument on Spitsbergen is calibrated against 3 working standards every 3 hour. A linear interpolation of each calibration signal is performed between the calibration events if the 3 hour difference is below a prescribed threshold value (roughly 1 ppmv / 3 hours). A quadratic calibration curve, using all 3 interpolated calibration points, is used to calculate ambient mixing ratio of CO<sub>2</sub> every minute.

### **Calibration gases:**

All standards are CO<sub>2</sub> in natural air, the majority are in 50 liter aluminum cylinders.

The working standards in use at Spitsbergen should be calibrated against our primary standards at the laboratory in Stockholm, prior and after usage in the field, before they are finally calibrated. In the current data set (August 1996), data after November 7, 1994, are based on working standards not finally calibrated, and the reported values may be modified due to uncorrected drift of the working standards.



Version 1: 1996-10-21

Our primary standards are regularly calibrated against other laboratories. The latest calibration of our primary standards was performed in early 1994 at NOAA/CMDL. The current data (August 1996) are expressed in the X85 mole fraction scale.

**Data selection procedures:**

From January 1, 1991, data from Zeppelinfjellet have been retrieved electronically and hourly standard deviations have been calculated from the 1 minute averages that the CO<sub>2</sub>-instrument delivers. Hours (centered around HH:30) with a standard deviation less than, or equal, 0.2 ppmv are considered baseline-conditions and the 1 hour median and standard deviation are reported if at least 5 minutes of data exist.

Prior to 1991 (and for shorter periods afterwards) the data have been retrieved by manual examination of a strip chart. These data are considered representative for 1 hour after each instrumental calibration, but reported without an hourly standard deviation. Data through August, 1994 are reported in local standard time (LST); the more recent data are in UTC, where LST=UTC+1 hour.

**Flagging of data:**

The flag (F) reported for each hour, principally represents the statistical uncertainty ( $\pm 1$  standard deviation) of the calculated CO<sub>2</sub> mixing ratio traced from the uncertainty of the 3 working standards in use. An uncertainty (unc) of less than 0.1 ppmv results in F=1. (0.1 ppmv  $\leq$  unc < 0.2 ppmv gives F=2 etc.). F=9 represents unc  $\geq$  0.8 ppmv. In addition, any data that have been retrieved from the strip chart for the year 1991 onwards, are given a flag 5 units higher (i.e. an "uncertainty flag" of, say, 2 whilst the data have been retrieved from the strip chart yields F=7 (2+5)). All data for 1989 and 1990 are given the flag F=9 indicating the higher uncertainty of the standards together with a manual examination of the strip chart. Most of the data during these 2 years have however a (yet unquantified) uncertainty less than 0.8 ppmv. F=0 (zero) is used to indicate periods of suspicious data, most of which are due to instrumental problems.

**Data format:**

The data are given in 10 columns, see example below.

1996 01 01 00 362.92 0.03 2 -99 -9.9 -20.6

Year, month, day, hour, CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>-sd, CO<sub>2</sub>-flag, wind-dir., wind-speed, temp.

CO<sub>2</sub> hourly median and standard deviation are expressed in parts per million by volume (ppmv). Reported wind direction is the compass degree from where the wind is blowing (360 is wind from North, 90 is from East etc.). The wind-speed is given in meters per second. The temperature is given in degrees Celsius. Missing data in any of the above parameters are indicated by the number -99, except for the wind-speed where -9.9 is used.