

## Beskrivning av delprogram inom nationell miljöövervakning

# Beskrivning av delprogrammet Partiklar och klimatpåverkande ämnen på Svalbard

---

## 1 Övergripande beskrivning av delprogrammet, förutsättningar m.m.

I dagsläget står det klart att människans emissioner av växthusgaser påverkar vårt klimat och detta bidrar bl.a. till en snabbare avsmältning av de arktiska isarna (IPCC, 2018). Koncentrationen av dessa gaser (t.ex. koldioxid och metan) är stadigt ökande. Vid sidan av växthusgaserna emitteras aerosolpartiklar i atmosfären från både naturliga och antropogena processer. Dessa partiklar är intimt förknippade med atmosfärens strålningsbalans och hydrologiska cykel. Aerosolerna kan både värma och kyla klimatet och partiklar är en viktig del av klimatsystemet, framför allt då förekomst av partiklar är en nödvändighet för att moln skall bildas. De enskilda molndropparna började sina liv som aerosolpartiklar. Att förstå aerosol-moln-interaktioner i en ram av atmosfärisk dynamik och cirkulation är bland de viktigaste vetenskapliga utmaningarna. Även om kunskapen om att klimatförändringar är förestående finns, så råder det i dagsläget stor osäkerhet i bedömningen av hur mycket detta kommer påverka klimatsystemets olika komponenter.

Arktis är en unik miljö i många avseenden, och förs ofta fram som en särskilt känslig miljö med avseende på emissioner av klimatpåverkande ämnen. Detta gäller inte bara emissioner av växthusgaser, utan även partiklar påverkar den känsliga miljön i Arktis. Koncentration och storleksfördelning av aerosolpartiklar i Arktis visar en mycket stark upprepande säsongscykel kontrollerad av säsongens allmänna cirkulationscykel, med varierande styrka av naturliga och avlägsna antropogena källor och sist men inte minst genom att ändra effektiviteten av aerosolavlägsnande genom moln och nederbörd. De naturliga halterna av partiklar i Arktis är låga, vilket gör att även små förändringar i partiklarnas egenskaper och antal kan innebära en märkbar förändring av strålningsbalansen, molnegenskaper och därmed också det arktiska klimatet. Framförallt

anses de låga arktiska molnen vara extra känsliga för förändring av partikelantalet, och högre halter av partiklar medför att molnen bättre kan reflektera inkommande solstrålning och därmed bidra till en avkyllning under den solbelysta delen av det arktiska året. Under den mörka delen av året kan effekten vara den motsatta; ökas mängden kondensationskärnor ökar molnens återstrålning av utgående värmestrålning, och därmed deras växthusisolerande förmåga. Vidare så är det viktigt att följa utvecklingen av sot upp i Arktis. Då sot deponeras på snö och is behåller sotet sina absorberande egenskaper, vilket gör att albedo hos snö och is minskar, något som ytterligare påskyndar snö- och isavsmältningen.

Aerosolens påverkan på det arktiska klimatet är således komplicerad. Långa mätserier av för klimatet relevanta aerosolparameterar utgör en ovärderlig källa till kunskap om hur den arktiska miljön förändras och hur dessa förändringar i sin tur påverkar klimatet. De data som genereras underlättar såväl grundläggande processförståelse som validering av globala klimatmodeller.

Mätningarna bedrivs i en känslig bakgrundsmiljö där den antropogena påverkan bör vara minimal och bidrar därmed till en ökad förståelse för växthusgasers och partiklars roll för klimatet.

## 1.1 Kort beskrivning av delprogrammet

I detta delprogram ingår förutom CO<sub>2</sub> den totala antalskoncentrationen av partiklar, partiklarnas antalsstorleksfördelning, partiklarnas optiska egenskaper i form av ljusspridning och ljusabsorption samt mängd Elementärt Kol och Organiskt Kol (EC/OC). Koncentrationen av koldioxid mättes från 2014 i ett samarbete med Norsk Institutt for Luft Undersökelse (NILU), och från 2018 är det NILU som helt håller i mätningarna, SU bidrar med standards för datakvalitetssäkring och jämförbarhet bakåt i mätserien (se nedan i detta avsnitt samt i 2.2 för detaljer). Flaskprover av omgivningluft tas även en gång i veckan för oberoende analys av koldioxid vid National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), USA. Även analyser av koldioxid samt halter av andra växthusgaser genomförs inom detta samarbete. Koldioxidmätningarna på Svalbard har pågått sedan november 1988. Mätningarna med flaskprover finns från 1994 och samtliga resultat finns redovisade på webben via World Data Centre for Greenhouse Gases. Parallellt har mätningar av de atmosfäriska partiklarna, storleksfördelning, optiska egenskaper och EC/OC genomförts från början av 2000 talet. Dessa data finns rapporterade på EBAS (<http://ebas.nilu.no>).

Till en början bedrevs mätningarna nere i Ny-Ålesund men kom 1990 att flyttas upp till mätstationen som ligger ca 500 m över havet på Zeppelinfjället (78°54' N, 11° 53' E, 474 m över havet cirka 3 km söder om Ny-Ålesund, [www.aces.su.se/zeppelin](http://www.aces.su.se/zeppelin)). Av de få stationer som finns i Arktis är denna unik. Nära nog 17 års kontinuerliga mätningar av aerosolens storleksfördelning, 28 års partikelantalmätningar, tillsammans med dess optiska egenskaper (24 år av aerosolljusspridning och och 13 års mätningar av aerosolens ljusabsorption) ger svensk aerosolforskning i Arktis en särställning. Ny-Ålesund har dessutom utvecklats till en internationell forskningsby där ett tiotal länder nu utför både kort- och långsiktiga miljöstudier <http://nysmac.npolar.no/research/flagships/atmosphere.html>.

Observationer av klimatdrivande gaser och partiklar i den arktiska atmosfären är viktigare än någonsin förr. Den snabba förändringen av det arktiska klimatet motiverar starkt fortsatta forskningsaktiviteter, och längre mätserier på klimat-tidskala (>30 år), varför vi ämnar fortsätta mätningarna under lång tid om nödvändiga finansiella medel ställs till förfogande.

Ett nära samarbete sker inom ramen för delprogrammet med NILU och Norsk Polar Institutt (NP), både när det gäller utbyte av data men även kring praktiska detaljer på Zeppelinstationen. NP är ansvarig för byggnad, linbana och övrig service på stationen. Dubbleringen av provtagning för analyser av jonsammansättning (NILU dagliga prover, SU varannandags prover) har dock upphört. I dagsläget svarar alltså NILU för bestämning av partiklarnas jonsammansättning med en högre upplösning jämfört med SU:s tidigare mätningar. Jonsammansättningen analyseras av NILU. Filterproverna samlas off-line för att sedan analyseras med avseende på jonsammansättning (Törseth, 2000). SU har istället börjat med veckovis filterprovtagning för EC/OC analys.

## 1.2 Mål och syfte

Mätningarna som bedrivs på Zeppelifjället vid Ny-Ålesund på norra Spetsbergen syftar till:

- att spåra eventuella långsiktiga förändringar av aerosolpartiklarnas antal, storlek och sammansättning under förändring av det arktiska klimatet och med hänsyn till förändrade påverkan från naturliga och antropogena källor
- att ge underlag för att studera de processer som kontrollerar partiklarnas livscykel från bildning via omvandling och åldring till att slutligen deponeras
- att bidra till det globala nätverket av stationer som följer utvecklingen av strålningsaktiva ämnen och som utför kontinuerliga mätningar av atmosfäriska partiklar för att fastställa deras effekt för jordens strålningsbalans och inverkan på molnen och klimat
- att identifiera förändringar i strålningsbalansen i en region som sannolikt innehar en nyckelroll för Skandinavien klimat
- att ge underlag för modellstudier på olika skalor av den unika arktiska atmosfären och relaterade klimatförändringar på större skala, inklusive Skandinavien

Genom att fastställa status för koldioxid och partiklar i Arktis kan miljömålen *Begränsad klimatpåverkan*, *Frisk luft*, men även *Giffri miljö* sättas i ett vidare perspektiv. Möjligheten att uppnå dessa mål förstärks avsevärt genom att långa dataserier numera finns att tillgå. T.ex. så har partiklarnas storleksfördelning observerats av ACES (tidigare ITM) på Svalbard sedan 2000, vilket gör dessa mätningar till ett unikt bidrag till den globala datatäckningen av aerosolen. Vidare bidrar bredden hos mätinitiativet till möjligheten att skapa en mer integrerad bild av hur aerosolens fysikaliska och kemiska egenskaper ändras med tid, och vidare, vad detta har för konsekvenser för det arktiska klimatet.

Mätningarna utgör en viktig del av övervakningen av det snabbt förändrade arktiska

klimatet och är av mycket stort internationellt intresse och används t.ex. inom AMAP och IPCC och bidrar i betydande omfattning till flertalet andra forskningsinitiativ såsom e-science initiativet eSTICC (eScience tools for investigating Climate Change in Northern High Latitudes; <http://esticc.nilu.no>) och det arktiska nätverket IASOA (International Arctic Systems for Observing the Atmosphere; <http://www.esrl.noaa.gov/psd/iasoa/home2>). Aerosolmätningarna vid Zeppelin är också en del av det europeiska nätverket ACTRIS ([www.actris.eu](http://www.actris.eu)), och de utgör en nyckel-del i det planerade ACTRIS-Sverige-initiativet. Data över luftföroreningshalter och dess trender i Arktis har vidare även betydelse för förhandlingsarbetet om emissionsreduktioner inom EU och därmed för arbetet inom CLRTAP.

## 1.3 Styrdokument

### 1.3.1 Undersökningar/undersökningstyper

CO<sub>2</sub>-mätningarna utförs enligt WMO-GAW rekommendationer och regelbundna interkalibreringar i samarbete med NOAA för att data skall kunna jämföras med data från andra stationer inom WMO-GAW.

De partikelegenskaper som mäts genomförs inom ACTRIS ([www.actris.eu](http://www.actris.eu)). Samtliga mätningar görs enligt de interna standarder som har utvecklats inom EUSAAR/ACTRIS i samarbete med EMEP och GAW för att möjliggöra jämförelser över hela Europa.

### 1.3.2 Övriga styrdokument

Nedan anges några vetenskapliga publikationer som bygger på arbetet med att utveckla kvalitetshöjande standardisering av aerosolmätningar. Se vidare; [www.eusaar.net](http://www.eusaar.net) eller [www.actris.eu](http://www.actris.eu)

Cavalli, F., Viana, M., Yttri, K. E., Genberg, J., Putaud, J.-P. (2010). [Toward a standardised thermal-optical protocol for measuring atmospheric organic and elemental carbon: the EUSAAR protocol](#). *AMT*, 3, 79-89.

Collaud Coen, M., Weingartner, E., Apituley, A., Ceburnis, D., Fierz-Schmidhauser, R., Flentje, H., Henzing, J. S., Jennings, S. G., Moerman, M., Petzold, A., Schmid, O., and Baltensperger, U., (2010). [Minimizing light absorption measurement artifacts of the Aethalometer: evaluation of five correction algorithms: the EUSAAR protocol](#). *AMT*, 3, 457-474.

Wiedensohler, A., Birmili, W., Nowak, A., Sonntag, A., Weinhold, K., Merkel, M., Wehner, B., Tuch, T., Pfeifer, S., Fiebig, M., Fjåraa, A. M., Asmi, E., Sellegri, K., Depuy, R., Venzac, H., Villani, P., Laj, P., Aalto, P., Ogren, J. A., Swietlicki, E., Williams, P., Roldin, P., Quincey, P., Hüglin, C., Fierz-Schmidhauser, R., Gysel, M., Weingartner, E., Riccobono, F., Santos, S., Grünig, C., Faloon, K., Beddows, D., Harrison, R., Monahan, C., Jennings, S. G., O'Dowd, C. D., Marinoni, A., Horn, H.-G., Keck, L., Jiang, J., Scheckman, J., McMurry, P. H., Deng, Z., Zhao, C. S., Moerman, M., Henzing, B., de Leeuw, G., Löschau, G., and Bastian, S.: Mobility particle size spectrometers: harmonization of technical standards and data structure to facilitate

high quality long-term observations of atmospheric particle number size distributions, *Atmos. Meas. Tech.*, 5, 657-685, <https://doi.org/10.5194/amt-5-657-2012>, 2012.

Petzold, Andreas & Kramer, H & Schönlinner, M. (2002). Continuous Measurement of Atmospheric Black Carbon Using a Multi-angle Absorption Photometer. *Environmental Science & Pollution Research. Special Issue 4*. 78-82.

Petzold, A., Ogren, J. A., Fiebig, M., Laj, P., Li, S.-M., Baltensperger, U., Holzer-Popp, T., Kinne, S., Pappalardo, G., Sugimoto, N., Wehrli, C., Wiedensohler, A., and Zhang, X.-Y.: Recommendations for reporting "black carbon" measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, 13, 8365-8379, <https://doi.org/10.5194/acp-13-8365-2013>, 2013.

## 1.4 Beställare, ansvarig utförare samt styrning och förankringsprocesser

Delprogrammet utformades inom ett forskningsprojekt för NV under 1980-talet med syfte att övervaka den i jämförelse kraftiga ackumuleringen av luftburna partiklar i Arktis under våren. Denna s.k. Arctic Haze är ett fenomen som orsakas av långdistanstransport av luftföroreningar i kombination med låg intensitet och frekvens hos nederbörd i Arktis. Arctic haze når sitt maximum under mars-april, och aerosolens totala massa hos partiklar under 1µm är i medeltal ca 10 gånger så hög som under sommarmånaderna. Episodvis kan mycket höga koncentrationer av både totalmassa och absorberande aerosoler uppmätas. Instrumentering och provtagningsmetodik utformades och testades 1984–86 och placerades i Ny-Ålesund 1987–88 och har sedan dess ingått i miljöövervakningen. Rutiner, kvalitetsgranskning har uppdaterats enligt de krav som fastställts inom de internationella organisationerna WMO-GAW och EUSAAR/ACTRIS som samordnar och samlar in data för växthusgaser och atmosfäriska aerosoler.

Intresset för att följa klimatdrivande luftföroreningar har ökat kraftigt under de senaste åren som en följd av den snabba klimatförändring som observerats i Arktis. Mätningarna kommer troligen att inordnas i Svalbard Integrated Observatory System (SIOS) som är en omfattande europeisk infrastruktursatsning för att stödja all forskning på Svalbard inriktad på observationer och studier av allt från havsbotten till toppen av atmosfären. Efter en flera år lång förberedelsefas går SIOS för närvarande in i genomförandefasen (<https://sios-svalbard.org/>).

## 1.5 Finansiering och kostnad

Övervakningen på Svalbard genomförs i form av ett internationellt samarbete. Naturvårdsverket bidrar med 1200 kSEK per år under 2017–18. Hyreskostnaden täcks för tillfället av Norsk Polarinstitut från ett speciellt anslag från Norska Departementet för Klima och Miljö (KMD). Övriga kostnader och instrumentparkinvesteringar tas av ACES, SU.

## 1.6 Användare och användningsområden

Avnämare är myndigheter och andra organisationer som är intresserade av luftkvalitet och antropogen klimatpåverkan i Arktis, t.ex. olika länders miljömyndigheter, Nordiska rådet, European Environmental Agency, Arktiska rådet inkl. AMAP, GAW, EMEP, IGAC, AeroCOM, AGAGE, ICOS, SiOS, ACTRIS samt många internationella forskningsprojekt (e.g. MOSAIC 2019–2020 eller AC3 projekter i nära framtiden). Bland tidigare, nu avslutade program/avnämare som kan nämnas, finns IGBP.

## 1.7 Uppföljning av syfte

Se punkt 2.2 nedan.

# 2 Information som erhålls inom delprogrammet

## 2.1 Design och stationsnät

Omfattande undersökningar av olika mätplatser ligger till grund för valet av just Svalbard som Arktisk mätmiljö. Dessa undersökningar finns detaljerat beskrivna i Heintzenberg (1983). Zeppelin/Ny-Ålesund valdes på grund av den redan existerande infrastrukturen och tillgänglighet under hela året. Särskilt viktigt är dock det faktum att platsen ger oss möjlighet att studera aerosoler, moln och växthusgaser i en luftmiljö som är mycket känslig för förändring och därmed särskilt sårbar för antropogena emissioner. Zeppelinstationen i Ny-Ålesund är idag den enda platsen där arktiska moln och aerosol-molnkopplingar kan studeras in-situ på säsong- och lång sikt med tillräcklig logistik och instrumentuppbyggnad.

Då det för närvarande saknas avgörande antropogena källor till aerosoler inne i Arktis i dagsläget, så spelar lånväga transport en betydande roll för aerosolens observerade årstidsvariation. En del av föroreningarna som emitteras i det marknära skiktet över kontinentala källor transporteras till den fria troposfären och väl där kan det transporteras långt från källområdet. När antropogena föroreningar från Nordamerika och Eurasien når Arktis så innehåller luften kanske endast en tiondel så mycket sot som luften i källområdena, men miljön i Arktis är så pass känslig så det ger ett stort utslag. Albedot, som beskriver jordytans reflektionsförmåga, är mycket större i Arktis p.g.a. förekomsten av is och snö. Den reflekterande ytan åstadkommer en ökad optisk effekt hos aerosolen som kommer sig av att ljuset får fler chanser att interagera med partikarna, vilket beroende på meteorologiska förutsättningar och föroreningssituation både kan ha en uppvärmande och avkylande effekt.

Framtiden för den arktiska miljön är dessutom oviss. På grund av minskad istäckning, och prospekt om isfria sommarmånader diskuteras i dagsläget möjligheten till exploatering av ännu oåtkomliga gas- och oljeresurser samt nya farleder för sjötransport, vilket skulle introducera betydande antropogena källor av såväl partiklar som klimataktiva gaser inne i Arktis. Konsekvenserna av detta kan endast utredas mot bakgrund av dagens källor av spårämnen, deras transport och deposition. Ny-Ålesunds läge erbjuder också ett unikt tillfälle att observera övergång från polar miljö till mer marindominerade förhållanden, som kan dominera den stora delen av Arktis under de kommande årtiondena.

Eftersom trenderna i partiklarnas egenskaper speglar en förändring i antropogena emissioner bör således observationerna göras avlägset från direkta källor för att inte signalen ska döljas i brus på grund av närliggande källor. Stationen där mätningarna utförs är placerad på Zeppelifjället (474 meter över havet) utanför Ny-Ålesund (78° 54' N, 11° 53' E) på Spetsbergen, Svalbard, Norge. Ny-

Ålesunds unika ställning med dess utmärkta forskarmiljö gör att ett stort antal olika typer av observationer görs av olika grupper på en och samma plats (<http://nysmac.npolar.no/research/flagships/>). Detta ger goda möjligheter att jämföra olika typer av observationer. För mer information om Zeppelinstationen se också <http://www.kingsbay.no>.

Stationen har utvecklats under de senaste 10 åren för att ingå i nätverk som täcker hela Europa, ACTRIS (tidigare EUSAAR) <http://www.actris.eu/> som ett svar på det behov inom EMEP som bidrar med mätningar och utvärdering av luftkvaliteten i Europa för Convention on Long Range Transboundary Air Pollutants, CLRTAP. Utvecklingen har även som mål att kunna svara på klimatrelevanta mätbehov. Standardisering och hög datakvalitet är nödvändig för att kunna jämföra data spatialt och temporalt, speciellt över lång tid, och för att kunna utnyttjas i modeller. EUSAAR beskrivs väl i följande publikation;

Philippin, S., Laj, P., Putaud, J.-P., Wiedensohler, A., de Leeuw, G., Fjaeraa, A.M., Platt, U., Baltensperger, U., Fiebig, M. (2009). EUSAAR – An Unprecedented Network of Aerosol Observation in Europe, JAR, 24, 2, 78 – 83.

## 2.2 Variabler

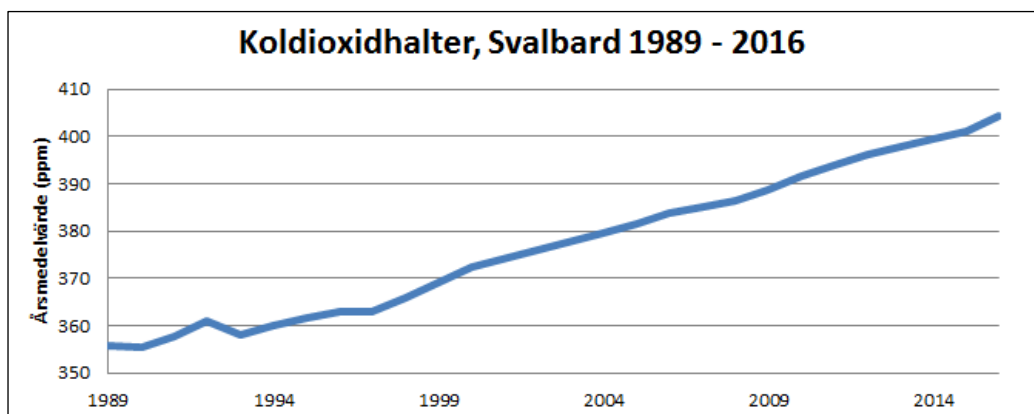
De variabler som mäts inom det svenska miljöövervakningsprogrammet på Zeppelinstationen på Svalbard beskrivs nedan. Samtliga parametrar är viktiga för validering av modeller.

Mätparameter	Instrument	Upplösning	Relevans
CO <sub>2</sub> -koncentration	Cavity Ring-Down Spectrometer (NILU)	Minuter	Dominerande växthusgas. Noggrann övervakning avgörande för åtgärdsarbete.
Aerosolens antals storleksfördelning	” Custom built” DMPS system	15 – 20 minuter	Transport/spridning av partiklar, strålningsberäkningar, deposition
Aerosolens antalskoncentration	CPC3010 + CPC3025	Minuter	Studier av nypartikelbildning, transport och dispersion
Aerosolens absorberande egenskaper	Multi Angle Absorption Photometer (MAAP)	15 – 60 minuter	Strålningsberäkningar, uppskattning av halt av sot
Aerosolens ljusspridande egenskaper	Ecotech Aurora	15 – 60 minuter	Atmosfärens strålningsbalans
Aerosolens BC/OC halt	Filter + termisk analys	Vecka	Absolut bestämning av Black Carbon och organisk kol



Koldioxidkoncentrationen i luften har mätts med en NDIR (Non-Dispersive InfraRed) gasanalysator från LICor fram till 2014. NDIR instrument baseras på den princip som gör att CO<sub>2</sub> fungerar som växthusgas – dess förmåga att absorbera infraröd ljus, dvs. värme. Denna metod är ingen absolut mätning av CO<sub>2</sub>-halten, utan kräver ett omfattande kalibreringsarbete med standards. De standarder som använts för detta direkt härledas till de primära WMO standarder som gör att man kan få globalt jämförbara CO<sub>2</sub> värden. Från 2014 har NILU börjat med mätningar med en s.k. Cavity Ring Down Spektrometer som ger absoluta mätningar och är mycket stabilare än NDIR tekniken. SU står för standards och bistår med utvärdering för att säkerställa jämförbarhet med andra CO<sub>2</sub>-mätningar.

Vikten av hög kvalitet och interkalibrering som möjliggör jämförelser över hela jorden under årtionde framgår av figuren nedan, som visar CO<sub>2</sub>-koncentrationen på Zeppelin, Svalbard. Halterna ökar med ca 1 ppm per år fram till 1997 och därefter med drygt 2 ppm per år. De senaste två åren är fortfarande preliminära eftersom den internationella jämförelsen inte är klar ännu. Minskningen beror troligen på en glidning i de lokala mätningarna och kommer troligen att ökas efter att en jämförelse med den internationella standarden är klar.

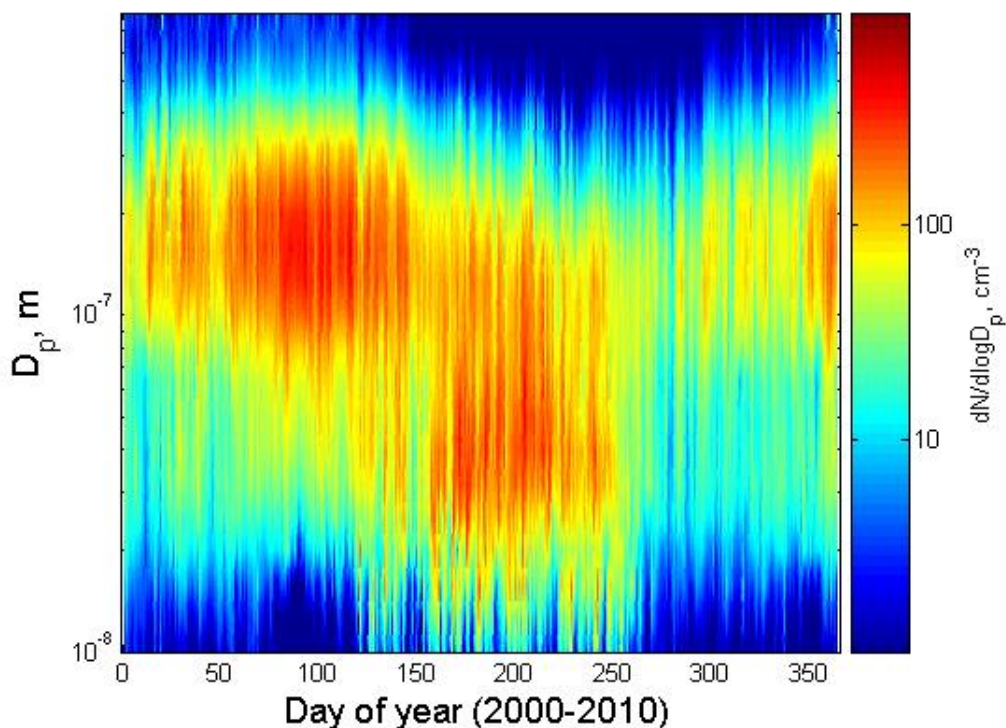


Figur. CO<sub>2</sub>-koncentrationen (ppm) på Zeppelin, Svalbard 1988 – 2016.

Det totala antalet partiklar per volymenhet mäts med två Condensation Particle Counter (CPC) på Zeppelin stationen. Modeller är TSI CPC3010 och TSI CPC3025 ([www.tsi.com](http://www.tsi.com)). TSI CPC3010 detekterar partiklar som har en diameter större än 10 nm och TSI CPC3025 detektera partiklar som har en diameter större än 3 nm. Mätningen sker kontinuerligt förutom ett par korta avbrott per månad för att kontrollera status hos instrumenten. Känsligheten hos dessa instrument är långt större än den naturliga variationen av partikelkoncentrationerna även i denna rena miljö.

Partiklarnas antals storleksfördelning i storleksintervallet 20 – 800 nm diameter görs med en twin-DMPS (Differential Mobility Particle Sizer, (Knutson, 1975; Keady, 1983; Jokinen, 1997)). Systemet utgörs av en kort DMA (Differential Mobility Analyzer) kopplat till en CPC TSI3025 för uppskattning av partiklarnas

storleksfördelning mellan ca 8–60 nm samt en medium-DMA kopplat till en CPC3010 för observationer av partiklar mellan 20-800nm. Detta system är nytt, och togs i full drift 2011. Systemet följer till fullo de mätrekommendationer som tagits fram inom EUSAAR/ACTRIS, och ger oss bättre möjlighet att studera bl.a. nypartikelbildning i Arktis. DMPS-systemet observerar aerosolens storleksfördelning var 15 min i nuvarande uppställning. Även för DMPS-systemet sker ett eller ett par korta avbrott per månad för att kontrollera status hos instrument och för att genomföra kalibrering. Sedan senvåren 2018 är optiskt baserade instrumentet PALAS-FIDAS installerat och mäter storleksfördelning utsträckt till observationer av stora partiklar upp till 20  $\mu\text{m}$ . Mätningarna är baserade på detektering av storleksberoende ljusspridning av partiklar, vilket medger att deras storlek kan härledas.



Figur: Partikelstorleksfördelning, årlig cykel

Partiklarnas ljusabsorberande förmåga observeras dels med en egenbyggd softfotometer (s.k. Particle Soot Absorption Photometer; PSAP) som utnyttjar den så kallade ”integrating plate”-metoden (Bond, 1999), och dels med ett 2014 inköpt instrument (Multi Angle Absorption Photometer; MAAP) som är ett kommersiellt instrument med förmåga till observation av absorption över tre olika våglängder. PSAP-instrumentet samlar partiklar kontinuerligt på ett filter. En ljuskälla delas upp i två ledare. Den ena belyser en del av filtret där partiklarna samlas, den andra belyser ett område på filtret utan partiklar. Ljuset som passerar filtret mäts med två detektorer, en för varje område. Förändringar i förhållandet i ljustransmissionen för de två områdena är den primära

observationen. Derivatet av förändringen relaterar till koncentration av absorberande material i luften. Observationen är kontinuerlig och medelvärdesintervallen kan väljas beroende på halterna i luften, men rapporteras nominellt som 1 timmes medelvärden. Ett kort avbrott två till fyra gånger per månad sker för att placera en ren filteryta ovanför detektorerna. Funktionen hos MAAP-instrumentet är snarlik, och bortsett från det faktum att tre våglängdsområden täcks, så sköts även korrigeringar automatiskt vilket medför minskad arbetsbörda vid dataanalys.

Partiklarnas ljusspridningsförmåga observeras med en Nephelometer från TSI (TSI 3563, Anderson (1998)). Instrumentet observerar ljusspridningsförmåga hos integralen av partiklar i provet vid tre olika våglängder. Mätningarna avbryts en gång i månaden för att kontrollera status hos instrumentet. Observationerna av ljusspridning har 2018 uppgraderats med ett nytt instrument, Ecotech AURORA 3000. Den nya nephelometern mäter ljusspridning vid tre våglängder (röd, blå och grön) med samma känslighet och bättre prestanda jämfört med tidigare instrument.

Partikelinstrumenten interkalibreras regelbundet genom ett samarbete med World Calibration Centre for Aerosol Physics som arbetar för World Meteorological Organizations Global Atmospheric Watch program (WMO-GAW) för att säkerställa funktion och kvalitet. Totalt kan osäkerhet i partikelmätningarna uppskattas till rund 10 %.

Ett nära samarbete sker med NILU och Norsk Polar Institutt (NP) både när det gäller utbyte av data men även kring praktiska detaljer på Zeppelinstationen. NP är ansvarig för byggnad, linbana och övrig service på stationen. Dubbleringen av provtagning för analyser av jonsammansättning (NILU dagliga prover, SU varannandags prover) har dock upphört. I dagsläget svarar alltså NILU för bestämning av partiklarnas jonsammansättning med en högre upplösning jämfört med SU's tidigare mätningar. Jonsammansättningen analyseras av NILU. Filterproverna samlas off-line för att sedan analyseras med avseende på jonsammansättning (Törseth, 2000). SU har istället börjat med veckovis filterprovtagning för EC/OC analys. Från och med 2016 observerar NILU aerosolsammansättning med ACSM-masspektrometer som levererar hög tidsupplösning mätningar av följande aerosolkomponenter: sulfat, nitrat, klorid, ammoniak och organiska ämnen.

### **2.3 Kringinformation som samlas in i delprogrammet**

Det har förekommit en rad fältkampanjer under de år som mätningar har skett i Ny Ålesund och på Zeppelin. Däribland 2011 det Formasfinansierade GRACE-projektet, inriktat på utbytet mellan hav och atmosfär av gaser och partiklar. Ett omfattande mätprogram inriktat på sotdeposition på snö har genomförts i samarbete med Norsk Polarinstitut. Under de kommande fem åren ska nuvarande aktiviteter i delprogrammet utvecklas tillsammans med nya ACES-projekt från Wallenbergstiftelsen (ACAS) och FORMAS (IWCAA). För vidare beskrivning

och resultat hänvisas till referenslistan eller hemsidan [www.aces.su.se/zeppelin](http://www.aces.su.se/zeppelin).

## **2.4 Information som krävs från andra delprogram**

Zeppelinstationens mätningar ingår i den världsomspännande övervakningen av CO<sub>2</sub> samt det europeiska nätverket för atmosfärisk aerosolforskning EUSAAR/ACTRIS vilket består av ett 20-tal bakgrundstationer som levererar data till EMEP och WMO/GAW. Mätningarna följer de standard och rekommendationer som gäller för dessa organisationer. Mätningarna genomförs i samarbete med Norsk Institutt for Luft Undersökelse (NILU) och Norsk Polar Institutt (NP).

# **3 Organisation och kvalitetsrutiner**

## **3.1 Ansvar för delprogrammets utformning samt administration och genomförande**

Delprogrammet är redovisat i detalj ovan. Institutionen för miljövetenskap och analytisk kemi, ACES, vid Stockholm Universitet ansvarar för provtagning, analys och redovisning.

## **3.2 Kvalitetsrutiner**

### *3.2.1 Provtagning och analys*

Provtagning och analys av de olika parametrar sker enligt de standarder och rekommendationer som rekommenderas av EMEP, EUSAAR/ACTRIS och NOAA.

### *3.2.2 Utvärdering och resultatredovisning*

Data rapporteras enligt de rekommendationer som ges inom respektive organisation. Utvärdering och sammanfattande resultat sker huvudsakligen i vetenskapliga publikationer i internationella peer-review tidskrifter.

### *3.2.3 Datalagring*

CO<sub>2</sub> rapporteras till Global Atmospheric Watch (GAW, World Data Centre for Greenhouse Gases, WDCGG) och partikeldata rapporteras till EBAS-databasen ([ebas.nilu.no](http://ebas.nilu.no)).

Rådata, bearbetade och kvalitetsgranskade data och övrig information kring mätningarna finns lagrade på dator med säkerhetskopior vid Institutionen för tillämpad miljövetenskap (Sektionen för Atmosfärvetenskap) Stockholms universitet. En ny interaktiv databas är under uppbyggnad, och kommer inkludera lagring, utökad åtkomst och avancerad rapportering av data som genererats och kommer genereras vid ACES Atmosfärssektion, då givetvis

inkluderat de mätningar som bedrivs i Arktis.

#### 3.2.4 Kvalitetskontroller

I kvalitetsrutiner för CO<sub>2</sub>-mätningar ingår ett kontinuerligt interkalibreringsarbete för att säkerställa att samtliga instrument som ingår i det världsomspännande nätverket korrigeras mot en gemensam standard.

Kvalitetsrutiner för partikelmätningarna inbegriper återkommande interkalibreringar vid WMO-GAW's World Calibration Center for Aerosol Physics, Institute for Tropospheric Research, Leipzig. Det anordnas årliga utbildningar och möten för personalen vid mätstationerna, kvalitets och datarapporteringsansvariga av EUSAAR/ACTRIS.

## 4 Resultatredovisning

### 4.1 Åtkomst av grunddata

Kvalitetsgranskade data finns dels på World Data Centre for Greenhouse Gases (<http://gaw.kishou.go.jp/wdcgg.html>) för CO<sub>2</sub> medan data angående atmosfäriska partiklarna, deras kemi, storleksfördelning och optiska egenskaper genomförts finns på EBAS (<http://ebas.nilu.no>).

### 4.2 Rapporter/Produkter

Nedan redogörs för publikationer av ACESs/ITMs forskare sedan 2007. De flesta är gjorda i samarbete med forskare från andra grupper.

Jung C.H., Y.J. Yoon, H.J. Kang, Y. Gim, B.Y. Lee, J. Ström, R. Krejci, P. Tunved: The seasonal characteristics of cloud condensation nuclei (CCN) in the arctic lower troposphere, *Tellus B: Chemical and Physical Meteorology*, 70:1, pp 1-13, <https://doi.org/10.1080/16000889.2018.1513291>, 2018

Nieminen, T., V.-M. Kerminen, T. Petäjä, P. Aalto, M. Arshinov, E. Asmi, U. Baltensperger, D.C.S. Beddows, J.P. Beukes, D. Collins, A. Ding, R.M. Harrison, B. Henzing, R. Hooda, M. Hu, U. Hörrak, N. Kivekäs, K. Komsaare, R. Krejci, A. Kristensson, L. Laakso, A. Laaksonen, W.R. Leitch, H. Lihavainen, N. Mihalopoulos, Z. Németh, W. Nie, C. O'Dowd, I. Salma, K. Sellegri, B. Svenningsson, E. Swietlicki, P. Tunved, V. Ulevicius, V. Vakkari, M Vana, A. Wiedensohler, Z. Wu, A. Virtanen and M. Kulmala: Global analysis of continental boundary layer new particle formation based on long-term measurements, *Atmos. Chem. Phys.*, Vol. 18, pp 14737-14756, <https://doi.org/10.5194/acp-18-14737-2018>, 2018

Zanatta, M., Laj, P., Gysel, M., Baltensperger, U., Vratolis, S., Eleftheriadis, K., Kondo, Y., Dubuisson, P., Winiarek, V., Kazadzis, S., Tunved, P., and Jacobi, H.-W.: Effects of mixing state on optical and radiative properties of black carbon in the European Arctic, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 14037-14057, <https://doi.org/10.5194/acp-18-14037-2018>, 2018

Schmeisser, L., Backman, J., Ogren, J. A., Andrews, E., Asmi, E., Starkweather, S., Uttal, T., Fiebig, M., Sharma, S., Eleftheriadis, K., Vratolis, S., Bergin, M., Tunved, P., and Jefferson, A.: Seasonality of aerosol optical properties in the Arctic, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 11599-11622, <https://doi.org/10.5194/acp-18-11599-2018>, 2018

Freud, E., R. Krejci, P. Tunved, R. Leaitch, Q.T. Nguyen, A. Massling, H. Skov, L. Barrie, Pan-Arctic aerosol number size distributions: Seasonality and transport patterns, *Atmos. Chem. Phys.*, 17, pp. 8101-8128, <https://doi.org/10.5194/acp-17-8101-2017>, 2017.

Dall'Osto M., D.C.S Beddows, P. Tunved, R. Krejci, J. Ström, H.-C. Hansson, Y.J. Yoon, Ki-Tae park, S. Becagli, R. Udisti, T. Onasch, C.D. O'Dowd, R. Simo, R.M. Harrison; Arctic sea ice melt leads to atmospheric new particle formation; *Scientific Reports* 7, Article number: 3318, 2017, doi:10.1038/s41598-017-03328-1, <https://www.nature.com/articles/s41598-017-03328-1>

Sinha, P. R., et al. (2017), Evaluation of ground-based black carbon measurements by filter-based photometers at two Arctic sites, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 122(6), 3544-3572, doi:10.1002/2016jd025843.

Croft, B., R. V. Martin, W. R. Leaitch, P. Tunved, T. J. Breider, S. D. D'Andrea, and J. R. Pierce (2016), Processes controlling the annual cycle of Arctic aerosol number and size distributions, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(6), 3665-3682.

Evangeliou, N., et al. (2016), Wildfires in northern Eurasia affect the budget of black carbon in the Arctic - a 12-year retrospective synopsis (2002-2013), *Atmospheric Chemistry and Physics*, 16(12), 7587-7604, doi:10.5194/acp-16-7587-2016.

Giamarelou, M., K. Eleftheriadis, S. Nyeki, P. Tunved, K. Torseth, and G. Biskos (2016), Indirect evidence of the composition of nucleation mode atmospheric particles in the high Arctic, *J. Geophys. Res.-Atmos.*, 121(2), 965-975, doi:10.1002/2015jd023646.

Lupi, A., et al. (2016), Multi-seasonal ultrafine aerosol particle number concentration measurements at the Gruebadet observatory, Ny-lesund, Svalbard Islands, *Rend. Lincei.-Sci. Fis. Nat.*, 27, 59-71, doi:10.1007/s12210-016-0532-8.

Heintzenberg, J., C. Leck, and P. Tunved (2015), Potential source regions and processes of aerosol in the summer Arctic, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(11), 6487-6502, doi:10.5194/acp-15-6487-2015.

Shinozuka, Y., et al. (2015), The relationship between cloud condensation nuclei (CCN) concentration and light extinction of dried particles: indications of underlying aerosol processes and implications for satellite-based CCN estimates, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(13), 7585-7604, doi:10.5194/acp-15-7585-2015.

Winiger, P., A. Andersson, K. E. Yttri, P. Tunved, and O. Gustafsson (2015), Isotope-Based Source Apportionment of EC Aerosol Particles during Winter High-Pollution Events at the Zeppelin Observatory, Svalbard, *Environ. Sci. Technol.*, 49(19), 11959-11966, doi:10.1021/acs.est.5b02644.

- Hansen, A. M. K., Kristensen, K., Nguyen, Q. T., Zare, A., Cozzi, F., Nojgaard, J. K., Skov, H., Brandt, J., Christensen, J. H., Strom, J., Tunved, P., Krejci, R., and Glasius, M.: Organosulfates and organic acids in Arctic aerosols: speciation, annual variation and concentration levels, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 14, 7807-7823, 10.5194/acp-14-7807-2014, 2014.
- Tunved, P., Strom, J., and Krejci, R.: Arctic aerosol life cycle: linking aerosol size distributions observed between 2000 and 2010 with air mass transport and precipitation at Zeppelin station, Ny-Alesund, Svalbard, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13, 3643-3660, 10.5194/acp-13-3643-2013, 2013.
- Rastak, N., Ekman, A., Silvergren, S., Zieger, P., Wideqvist, U., Strom, J., Svenningsson, B., Tunved, P., and Riipinen, I.: Modeling Aerosol Water Uptake in The Arctic Based on The kappa-Kohler Theory, in: *Nucleation and Atmospheric Aerosols*, edited by: DeMott, P. J., and Odowd, C. D., AIP Conference Proceedings, 702-705, 2013.
- Hoffmann, A., Osterloh, L., Stone, R., Lampert, A., Ritter, C., Stock, M., Tunved, P., Hennig, T., Bockmann, C., Li, S. M., Eleftheriadis, K., Maturilli, M., Orgis, T., Herber, A., Neuber, R., and Dethloff, K.: Remote sensing and in-situ measurements of tropospheric aerosol, a PAMARCMiP case study, *Atmospheric Environment*, 52, 56-66, 10.1016/j.atmosenv.2011.11.027, 2012.
- Kulmala, M. et al., General overview: European Integrated project on Aerosol Cloud Climate and Air Quality interactions (EUCAARI) - integrating aerosol research from nano to global scales, *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS* Volume: 11 Issue: 24 Pages: 13061-13143
- A. Asmi et al., Number size distributions and seasonality of submicron particles in Europe 2008–2009, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 5505-5538, 2011
- J.-P. Putaud, A European aerosol phenomenology – 3: Physical and chemical characteristics of particulate matter from 60 rural, urban, and kerbside sites across Europe, *Atmospheric Environment*, Volume 44, Issue 10, March 2010, Pages 1308-1320
- Yttri, K. E. et al., [Elemental and organic carbon in PM10: a one year measurement campaign within the European Monitoring and Evaluation Programme EMEP](#), *ATMOSPHERIC CHEMISTRY AND PHYSICS*, 7, 22, 5711-5725
- Weinbruch S., et al. Chemical composition and sources of aerosol particles at Zeppelin Mountain (Ny Ålesund, Svalbard): An electron microscopy study, *Atmos. Envir*, 49, 142-150, 2012.
- Lampert, A, et al., Inclined Lidar observations of boundary layer aerosol particles above the Kongsfjord, Svalbard. *Acta Geophys.*, doi:10.2478/s11600-011-0067-4, 2011.
- Kühnel, R., et al., 20 years climatology of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> wet deposition at Ny-Ålesund, Svalbard, *Advances in Meteor.* *Advances in Meteorology*, doi:10.1155/2011/406508, 2011.
- Aamaas, B, et al., Elemental carbon deposition to Svalbard snow from Norwegian settlements and long-range transport. *Tellus B*, 63, 340-351, 2011



Peters, W et al., Seven years of recent European net terrestrial carbon dioxide exchange constrained by atmospheric observations *Glob. Change Biol.*, 16, 4, 1317- 1337,2010.

Hirdman, D., Source identification of short-lived air pollutants in the Arctic using statistical analysis of measurement data and particle dispersion model output. *Atmos Chem. Phys.*, 10, 669-693, 2010.

Zieger, P., et al., Effects of relative humidity on aerosol light scattering in the Arctic., 2010. *Atmos. Chem. Phys.* 10, 3875-3890, 2010.

Khosrawi, F.et al. Particle formation in the Arctic free troposphere during the ASTAR 2004 campaign: a case study on the influence of vertical motion on the binary homogeneous nucleation H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>/H<sub>2</sub>O. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 1105-1120, 2010.

Ström, J., et al., On small particles in the Arctic summer boundary layer: observations at two different heights near Ny-Ålesund, Svalbard. *Tellus B*, 61, 473-482, 2009.

Forsström, S., et al., Elemental carbon distribution in Svalbard snow. *J. Geophys. Res.*, D19, 112, doi:10.1029/2008JD011480, 2009.

Engvall, A-C., et al., The radiative effect of an aged, internally-mixed Arctic aerosol originating from lower-latitude biomass burning. *Tellus vol. 61*, 677-684, 2009.

Engvall, A-C, et al., A. In-situ airborne observations of the microphysical properties of the Arctic tropospheric aerosol during late spring and summer. *Tellus B*, 60, 392- 404, 2008.

Behrenfeldt, U., et al., Chemical properties of Arctic aerosol particles collected at the Zeppelin station during the aerosol transition period in May and June of 2004. *Tellus B*, 60, 405-415, 2008.

Engvall, A, -C., et al., Changes in aerosol properties during spring-summer period in the Arctic troposphere. *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 445-462, 2008.

Stohl, A., et al., Arctic smoke-record high air pollution levels in the European Arctic due to agricultural fires in Eastern Europe in spring 2006. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 511-534, 2007.

Treffeisen, R., et al. Arctic smoke – aerosol characteristics during a record air pollution event in the European Arctic and its radiative impact. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 3035-3053, 2007.

Treffeisen, R., et al., Thomason Humidity observations in the Arctic troposphere over Ny-Ålesund, Svalbard based on 14 years of radiosonde data. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 2721-2732, 2007.

Tomasi, C., et al., Aerosols in Polar Regions: An Historical Overview on the Basis of Optical Depth and In-Situ Observations. *J. Geophys. Res. (D Atmos.)*, 112, D16205, doi:10.1029/2007JD008432. 2007.



### **4.3 Annan användning av delprogrammets resultat**

Zeppelin ger en unik möjlighet att studera luftkvalitet och klimatförändringar i Arktis, och hur partiklar, inklusive sot inverkar på klimatet, dels direkt och dels indirekt via påverkan på moln. Detta är en synnerligen aktuell frågeställning och det är av yttersta vikt hur klimatgaser och partiklar skall regleras för att undvika en snabb och möjligen katastrofal förändring av klimatet. Vårt arbete kommer därför troligen att intensifieras och utökas dels med mera långvariga mätningar och dels med kampanjer med specifika mål. De mätningar som pågår är nödvändiga som basdata och ger en möjlighet att sätta kortare mätningar i ett längre perspektiv.

## **5 Ytterligare dokumentation av delprogrammet**

Inget att rapportera

## Bilaga 1.

<b>Delprogrammets</b>	<b>Delprogrammets namn</b>		
<b>Mål</b>	Luft		
<b>Preciserat syfte</b>	Klimatpåverkande ämnen och växthusgaser		
<b>Undersökningar</b>	Partiklar och klimatpåverkande ämnen på Svalbard		
<b>Stationsnät</b>	Zeppelin. Ny-Ålesund, Spetsbergen		
<b>Variabler</b>	CO2-koncentration, Atmosfäriska partiklars kemi, storlek och optiska egenskaper.		
<b>Styrdokument</b>	<b>Undersökningstyper</b>	<i>Namn Aerosoler och växthusgaser i Arktis</i>	
		<i>Namn</i>	
	<b>Kvalitetsdeklaration</b> Följer kvalitetsrutiner enligt WMO/GAW/NOAA för koldioxid Enligt EUSAAR för partiklar	Versionsnr.:	
	<b>Övrigt</b>	Namn	
		Namn	
<b>Utvärderingsverktyg</b>			
<b>Underlag till nationella indikatorer</b>	Begränsad klimatpåverkan, Frisk Luft och Giftfri miljö		
<b>Dataleveranser</b>	<b>Nationellt</b>	<b>Internationellt</b>	
		WDCGG och EBAS	
<b>Rapporter/produkter</b>	Se beskrivning av delprogram		
<b>Ansvarig utförare år 2017</b>	<b>Organisation</b>	<b>Projektledare</b>	<b>Kvalitetsansvarig</b>
	ACES, Stockholms Universitet	Radovan Krejci	Peter Tunved