

# Atmosfærisk kvikksølvspesiering i Ny-Ålesund

Hvor pålitelig er den nåværende metoden?

**Hilde Valved**

Master i lærerutdanning med realfag

Oppgaven levert: Juni 2008

Hovedveileder: Torunn Berg, CHEM

Biveileder(e): Anne O. Steen, CHEM



## Forord

Arbeidet med denne masteroppgaven har vært utrolig lærerikt, men også krevende. Jeg har mottatt hjelp og støtte fra flere personer. En stor takk for støtte og veiledning går til professor Torunn Berg, som ga meg muligheten til å bli kjent med fagfeltet og forskningsmiljøet i Ny-Ålesund. Stipendiat Anne O. Steen har vært min største støttespiller i feltarbeidet. Vi har delt både glede og sorg over instrumentet på Zeppelin-fjellet. Din veiledning har gjort meg mer reflektert og kritisk til mine påstander.

En rekke personer ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) har bidratt med deling av felterfaring, vedrørende databehandlingsproblemer, og tilgjengeliggjøring av trajektorier. Andreas Richter ved Universitat Bremen har vart hjelpsom med plotting av trajektorier og BrO-kart. Norsk Polarinstitutt, Kings Bay og lokalbefolkningen i Ny-Ålesund har vart gjestfrie og hjelpsomme, noe som gjorde oppholdet i Ny-Ålesund helt fantastisk! Spesielt takk til de ansatte ved Sverdrupstasjonen som har hjulpet til med praktisk tilrettelegging og tilgjengeliggjøring av meteorologiske data.

Feltarbeidet til masteroppgaven har ikke vart mulig a gjennomfore uten okonomisk stotte. Tusen takk til: Miljo2015 (Prosjekt nr. 181924/S30), Svalbard Science forum, Elkems Forskningsfond, A/S M. H. Lundgreens Enkes Fond og Institutt for kjemi.

Til slutt vil jeg fa takke mine nermeste, venner og familie, for all stotte og oppmuntring.

Trondheim, juni 2008

Hilde Valved





## Sammendrag

I løpet av våren avsettes rundt 300 tonn kvikksølv i polare områder grunnet atmosfæriske kvikksølvfortynningsepisoder ("Atmospheric Mercury Depletion Events" (AMDEs)). Elementært gassfasekvikksølv ("Gaseous Elemental Mercury" (GEM)) blir oksidert til reaktivt gassfasekvikksølv ("Reactive Gaseous Mercury" (RGM)) som deretter kan festes til partikler i luft og danne partikkelbundet kvikksølv ("Particle-bound mercury" (PHg)).

Med instrumentene Tekran 2537A, Tekran 1130 og Tekran 1135 ble konsentrasjoner av henholdsvis GEM, RGM og PHg bestemt våren 2007 på Zeppelin-fjellet i Ny-Ålesund, Svalbard. Tidligere i Ny-Ålesund har spesieringsenheten (Tekran 1130 og Tekran 1135) kun vært benyttet våren 2003.

I perioden 17. april – 15. juni 2007 ble det observert 11 AMDEs. Ved synkende konsentrasjoner av GEM ble det registrert økende konsentrasjoner av RGM og PHg, opp til henholdsvis 38 og 47 pg/m<sup>3</sup>. Dette var lave konsentrasjoner i forhold til andre rapporterte data fra polare områder. Hovedårsaken til de lave konsentrasjonene av RGM og PHg antas å ikke skyldes instrumentelle svakheter med spesieringsenheten, men andre parametere som vindstyrke og isfri fjord. Svak vindstyrke ved langtransporterte AMDEs kan føre til lavere konsentrasjoner av PHg. En sentral halogenkilde til dannelsen av RGM kan være tapt ved en isfri fjord.

Oppstart av instrumentet etter skifte av denuder og kvartzfilter (quartz Regenerable Pack Filter (RPF)) kan medføre detektering av kontaminert luft. Det ble vurdert at ekskludering av en hel syklus etter oppstart av instrumentet bør være tilstrekkelig etter skifte av denuder og RPF. Det anbefales å skifte denuder etter to ukers bruk for å styrke påliteligheten av deteksjonene.

Utregningsmetoden for GEM ble vurdert. Det ble konkludert at ved minst 12 deteksjoner av GEM i en syklus kan den første deteksjonen inkluderes.

Det trengs datasett for flere år slik at det kan bli utført vurderinger av instrumentet basert på et større grunnlag. Utvikling av kalibreringsmetode for spesieringsenheten ville økt påliteligheten, men her ligger det utfordring i hva RGM og PHg består av.

### Stikkord

Kvikksølv, kvikksølvspesiering, AMDEs, atmosfæriske kvikksølvfortynningsepisoder, GEM, RGM, PHg, Arktis, Ny-Ålesund, Zeppelin-fjellet



## Innholdsfortegnelse

1 Innledning.....	1
1.1 Kvikksølv .....	1
1.2 “Atmospheric Mercury Depletion Events” (AMDEs) .....	2
1.3 Atmosfærisk kvikksølvspesiering og fraksjonering.....	4
1.4 Målet med oppgaven .....	7
2 Materiale og metode.....	8
2.1 Zeppelin.....	8
2.2 Instrument og prøvetaking.....	9
2.3 Programmet .....	11
2.4 Kalibrering .....	12
2.5 Vedlikehold .....	12
2.5.1 ”Coating” av denuder .....	13
2.5.2 Pakking av RPF .....	13
2.6 Andre bestemmelser .....	14
2.7 Definisjon av AMDE og deteksjonsgrense .....	14
3 Resultat og diskusjon .....	15
3.1 GEM .....	15
3.2 RGM og PHg.....	16
3.3 Trender ved AMDEs .....	16
3.3.1 RGM versus PHg .....	18
3.3.2 Vindstyrke .....	18
3.3.3 Vindretning.....	19
3.3.4 Temperatur .....	20
3.3.5. Trykk .....	21
3.3.6 Relativ luftfuktighet .....	22
3.3.8 BrO-kart og luftmassetrajektorier .....	23
3.3.9 Instrumentet.....	25
3.3.10 Oppsummert sammenligning av 2003 versus 2007 .....	26
3.4 Perioder uten AMDEs .....	27
3.5 Vedlikehold av denuder og RPF filter.....	28
3.6 Første GEM-deteksjon i syklus .....	30
4 Konklusjon og videre arbeid .....	31
5 Litteraturliste .....	33
Vedlegg .....	38



# 1 Innledning

## 1.1 Kvikksølv

Kvikksølv er et miljøproblem av global bekymring. Eksponering for elementet kan forårsake en rekke fysiske og psykiske skader som for eksempel nyresvikt, depresjon, og søvnløshet. Dersom eksponeringen er høy nok kan kvikksølv være dødelig (Manahan 2005:656). Metylkvikksølv akkumuleres kraftig i det marine økosystemet (Wheatly & Wheatly 2000), og det har blitt observert høye konsentrasjoner av kvikksølv i fisk, polarrev og isbjørn. Kvikksølv er en alvorlig fare for fauna og innfødte i de utsatte områdene som for eksempel i Arktis (Sheu & Mason 2001).

Både naturlige og antropogene kilder bidrar til kvikksølvutslipp. Naturlige utslippskilder kan for eksempel være saltvann med stor cinnabaravsetning (Ferrara et al. 2002) og vulkaner. Antropogene utslippskilder kan være blant annet forbrenning av fossilt brennstoff, industri og gruvedrift (Manahan 2005:656). Forbrenning av fossilt brennstoff er den dominerende kilden og utgjorde omlag 1460 tonn av det totale antropogene kvikksølvutslippet på omlag 2190 tonn i år 2000 (Pacyna et al. 2006). I følge felldata og modellsimuleringer er de antropogene og naturlige kvikksølvutslippene omtrent like store. Det må tas i betraktning at det er vanskelig å skille mellom naturlige kilder og reemmisjon av kvikksølv fra antropogene kilder (Martinez-Cortizas et al. 1999; Mason & Sheu 2002; Pacyna et al. 2006).

Lokale utslippskilder av kvikksølv i Arktis er industriell aktivitet og gruvedrift (Steffen et al. 2008). Kvikksølv kan bli langtransportert til Arktis grunnet at det eksisterer hovedsakelig som en inert gass. Et lavt kokepunkt, 357 °C (Manahan 2005:511), gir et relativt høyt damptrykk selv ved romtemperatur. Langtransportert kvikksølv til Arktis stammer hovedsakelig fra Asia og Europa, hvor Kina er antatt å være en økende utslippskilde (Zhu et al. 2008). I følge modellsimuleringer er direkte transport av inerte kvikksølvformer fra Europa til Arktis liten (Berg et al. 2001), men under de riktige meteorologiske forholdene kan kvikksølv bruke kun to til ti dager på å nå Arktis (Steffen et al. 2008). I løpet av vinteren og våren domineres sirkulasjonen i den nedre troposfæren av høyt trykk over kontinentene og lavt trykk over den nordlige delen av Stillehavet og Atlanterhavet. Dette gjør at luftmasser blir transportert fra Asia og Europa til Arktis, og med luftmassene følger kontaminering (AMAP 1997:103; AMAP 1998:859).



I polare områder vil levetiden til de inerte kvikksølvformene i troposfæren avhenge av årstiden. I løpet av våren skjer oksidasjon av inerte kvikksølvformer til reaktive former som lett avsettes på bakken (del 1.2). Data for de ulike kvikksølvformene vil øke forståelsen for skjebnen og innvirkningen kvikksølv har på miljøet (Aspmo et al. 2005a).

## 1.2 “Atmospheric Mercury Depletion Events” (AMDEs)

I 1995 ble kontinuerlige deteksjoner av den inerte kvikksølvformen, elementært gassfasekvikksølv (“Gaseous Elemental Mercury” (GEM)), innført i Alert, Canada. Dette førte til oppdagelsen av episodisk lave konsentrasjoner av GEM etter polar soloppgang (Schroeder et al. 1998). Betegnelsen for fenomenet er atmosfæriske kvikksølvfortynnings-episoder (“Atmospheric Mercury Depletion Events” (AMDEs)).

Ved AMDEs kan konsentrasjonen av GEM synke fra rundt  $1,7 \text{ ng/m}^3$  til under deteksjonsgrensa til instrumentet ( $0,1 \text{ ng/m}^3$ ). Flere har definert AMDE ved at GEM-konsentrasjonen synker til under  $1 \text{ ng/m}^3$  (Aspmo et al. 2005a; Kirk et al. 2006; Steffen et al. 2008). Fortynningen skjer ofte innen et døgn, ofte i løpet av et par timer. En AMDE kan vare fra noen timer opp til flere dager. Før oppdagelsen av AMDEs var den antatte levetiden til GEM 6-24 måneder og det var ventet lite variasjoner i den atmosfæriske konsentrasjonen (Schroeder & Munthe 1995).

AMDEs er et fenomen som forekommer i polare områder om våren. Det starter kort tid etter polar soloppgang etter flere måneder med total mørke, og avsluttes når det er temperaturer over  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  (Steffen et al. 2005). Fortynningen skjer i troposfæren. Det er vist å være mest aktivitet opp til de 100-200 første meterne over snøoverflata (Tackett et al. 2007). Parametere som går igjen ved AMDEs er lav temperatur, sol, og tilgang på halogener (Steffen et al. 2008).

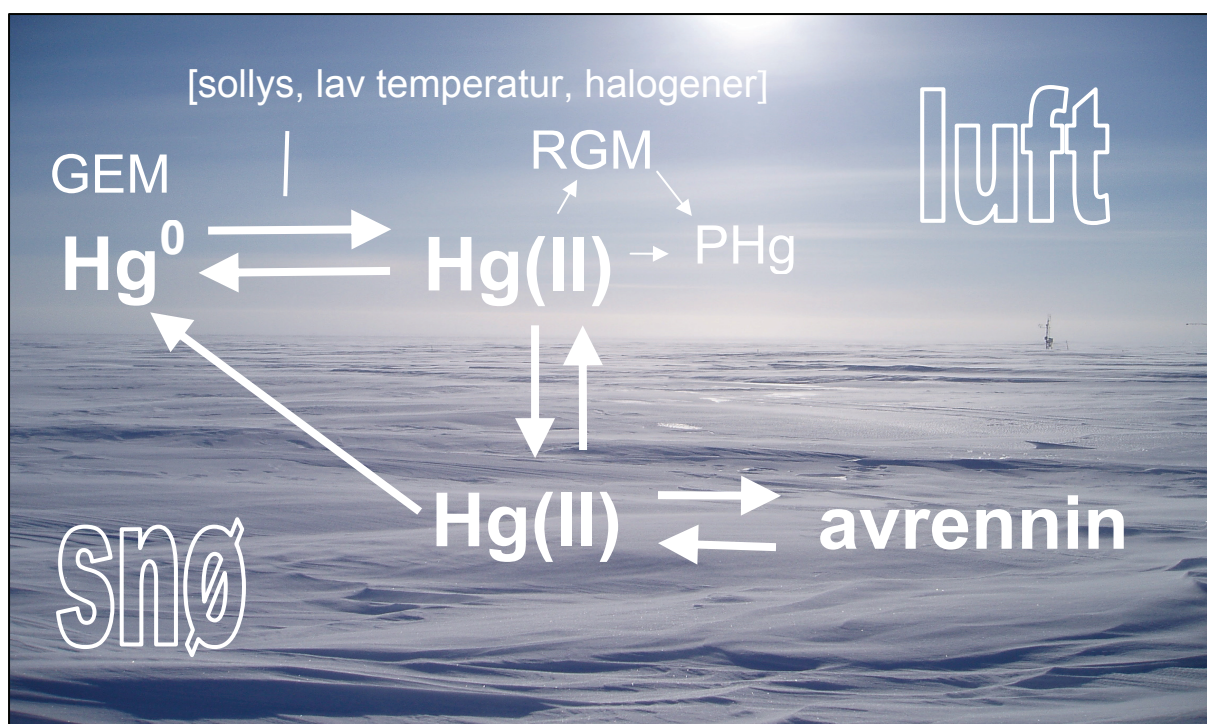
Ved AMDEs blir GEM oksidert til reaktiv gassfasekvikksølv (“Reactive Gaseous Mercury” (RGM)) (Lu & Schroeder 2004; Steffen et al. 2002). Det er antatt at reaktive halogenspesier, hovedsakelig bromatomer (Br-atomer) og bromoksid (BrO) radikaler, oksiderer GEM til RGM (Steffen et al. 2008). Kildene for halogen kan være ”frost flowers” (halogeniskrystaller som dannes på fersk sjøis) (Rankin et al. 2002; Simpson et al. 2007a; Simpson et al. 2007b). Dannelsen av ”frost flowers” skjer ved lave temperaturer ( $< 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) (Lu et al. 2001; Lindberg et al. 2002). Oksidasjon av GEM til RGM er en fotokjemisk reaksjon, og det er vist korrelasjon mellom økende RGM og maksimum UV-B stråling. Ved lav UV-B festes RGM på Br- og /eller Cl-aerosoler. Ved høyere UV-B vil aerosolen raskt brytes ned og RGM blir den dominerende spesien (Lindberg et al 2002).





AMDEs viser god korrelasjonen med fortykningsepisoder av ozon ("Ozone Depletion Events" (ODEs)) (Oltmans 1981; Oltmans & Komhyr 1986). Det er Br-atomer og BrO-radikaler som dominerer i nedbrytningen av ozon (Simpson et al. 2007a). Antagelsen om at AMDEs ble forårsaket av den samme kjemien som ODEs skyldes den gode korrelasjonen ( $R^2 \sim 0,8$ ) (Steffen et al. 2008).

RGM kan avsettes på snø, is eller bli festet til partikler i luft (PHg). PHg kan deretter avsettes på snø- eller isoverflater (Lindberg et al. 2002). Ikke mer enn omtrent 50 % av totalt GEM som blir oksidert blir værende i atmosfæren, resten blir avsatt øyeblikkelig på lokal snø eller is (Steffen et al. 2002). AMDEs er med på å gjøre Arktis til et sluk for 300 tonn kvikksølv hvert år (Ariya et al. 2004; Skov et al. 2004). Noe kvikksølv vil reemittere fra snøen tilbake til atmosfæren, men andelen er ikke i nærheten av det som blir avsatt (Steffen et al. 2008). I tillegg til avsetning og reemmisjon til/fra snø og is, vises de beskrevne overgangene mellom GEM, RGM og PHg i figur 1.1. GEM, RGM og PHg er kvikksølvformene som detekteres instrumentelt i atmosfæren, mens  $\text{Hg}^0$  og  $\text{Hg(II)}$  er de kjemiske formene (del 1.3).



Figur 1. 1. Skjematisk fremstilling av kvikksølvsyklusen i polare områder (modifisert fra Steffen et al. CACAR 2003).



Etter den første oppdagelsen av AMDEs ble det rapportert en rekke fortytningsepisoder i polare og sub-polare områder: Ny-Ålesund, Svalbard (Berg et al. 2003a), Barrow, Alaska (Lindberg et al. 2001), Station Nord, Grønland (Skov et al. 2004), Kuujjuarapik, Quebec (Poissant & Pilote 2003), Amderma, Russland (Steffen et al. 2005), Neumayer, Antarktis (Ebinghaus et al. 2002) og Andøya, Norge (Berg et al. 2008).

Fortytningsepisodene er ikke nødvendigvis lokale, det kan være langtransport av allerede fortyttnende luftmasser (Sproveri et al. 2005a; Gauchard et al. 2005; Lindberg et al. 2007). Det er forventet lavere konsentrasjoner av RGM enn PHg ved langtransporterte AMDEs grunnet kortere levetid for RGM (Gauchard et al. 2005). Lindberg et al. (2002) og Sprovieri et al. (2005a) har foreslått at nivåene av RGM og PHg påpeker alderen til luftmassen.

### 1.3 Atmosfærisk kvikksølvspesiering og fraksjonering

Spesiering / spesie angir formen et molekyl eller et ion forekommer på (Stumm & Morgan 1996:257). De tre viktigste kjente kvikksølvspesiene i miljøet er  $\text{Hg}^0$ ,  $\text{Hg(II)}$  og  $\text{MeHg}$  (tabell 1.1).

$\text{Hg}^0$  er en inert kvikksølvform.  $\text{Hg}^{2+}$  kan være mye mer løselig og har stor affinitet til mange uorganiske og organiske ligander, spesielt de som inneholder svovel.  $\text{MeHg}$  er kraftig akkumulert i levende organismer (Steffen et al. 2008).

Kvikksølvspesiering er en operasjonell separasjon av atmosfærisk kvikksølv. Bestemmelsen blir utført etter de ulike kjemiske og fysiske egenskapene til spesiene. Kvikksølv som blir detektert av instrumentet kalles GEM, RGM og PHg (tabell 1.2) (Lindberg et al. 2007).

**Tabell 1.1.** Dominerende kvikksølvspesier i miljøet.

$\text{Hg}^0$	Elementært kvikksølv
$\text{Hg}^{2+}$ $\text{Hg(II)}$	Toverdig uorganisk reaktiv kvikksølv
$\text{CH}_3\text{Hg}^+$ $\text{MeHg}$	Metylkvikksølv

**Tabell 1.2.** Detekterte atmosfæriske kvikksølvspesier.

GEM	Elementært gassfasekvikksølv "Gaseous Elemental Mercury" $\text{Hg}^0$ som detekteres med Tekran 2537A
RGM	Reaktiv gassfasekvikksølv "Reactive Gaseous Mercury" En samlegruppe av oksiderte spesier som detekteres med Tekran 1130
PHg	Partikkelbundet kvikksølv "Particle-bound mercury" En samlegruppe av partikkelbundetspesier som detekteres med Tekran 1130



GEM står for 95-99 % av den totale kvikksølvmengden i atmosfæren (Sommar et al. 1999). Bakgrunnskonsentrasjonen til GEM ligger rundt  $1,7 \text{ ng/m}^3$  på den nordlige halvkule, og  $1,3 \text{ ng/m}^3$  på den sørlige halvkule (Slemr et al. 2003; Ebinghaus et al. 2002). Konsentrasjonene til RGM og PHg i perioder uten AMDEs er vanligvis under deteksjonsgrensen. Ved AMDEs har det i Ny-Ålesund blitt rapportert verdier opp til  $300 \text{ pg/m}^3$  av både RGM og PHg (Aspmo et al. 2005a). Rapportering fra Ny-Ålesund har vist at konsentrasjonene av PHg har vært høyere eller på samme nivå med RGM-konsentrasjonene (Berg et al. 2003a; Aspmo et al. 2005b; Gauchard et al. 2005; Sprovieri et al. 2005a; Sprovieri et al. 2005b; Sommar et al. 2007). I Alert har konsentrasjonene av PHg vært høyere enn RGM (Steffen et al. 2008). I motsetning til Barrow hvor det som regel er rapportert høyere konsentrasjoner av RGM enn PHg (Aspmo et al. 2005b). Dette kan tyde på mer lokale AMDEs i Barrow enn i Alert og Ny-Ålesund (del 1.2).

RGM er en samlebetegnelse for uorganiske og vannløselige kvikksølvspesier, og PHg er uorganisk kvikksølv bundet til partikkeloverflater (Steffen et al. 2008). De har andre egenskaper enn GEM når det gjelder transport og avsetning til økosystemet, og har mange utfordringer når det gjelder deteksjon og bestemmelse grunnet rask avsetning. Det er også usikkerhet om hva som virkelig detekteres. Den kjemiske sammensetningen og den fysiske strukturen kan ikke identifiseres nøyaktig ved dagens metoder. De er operasjonelle bestemte kvikksølvspesier, og blir bestemt etter egenskapen og evnen de har til å bli prøvetatt (Munthe et al. 2001; Aspmo et al. 2005a). Dermed vil RGM og PHg bestå av flere kvikksølvspesier, og det er dermed heller en fraksjonering enn en spesiering (Stumm & Morgan 1996:257). Grunnet den ukjente kjemiske komposisjonen av de oksiderte kvikksølvfasene, finnes det ingen kalibreringsmetoder for bestemmelse av RGM og PHg (Aspmo et al. 2005a). For GEM finnes det derimot analysemetoder med kalibreringsmuligheter. Dette gir resultater med større troverdighet enn for RGM og PHg. For RGM og PHg er det behov for utvikling av metode, eventuelt vurdering av påliteligheten til metodene som allerede finnes.

I Ny-Ålesund er det rapportert manuelle og automatiske bestemmelser av RGM og PHg (tabell 1.2, s. 6). PHg ble prøvetatt på filter av glassfiber i den første kampanjen og i 2000. For RGM i 2000 ble det benyttet en Gardis monitor (Berg et al. 2001; Berg et al. 2003a). Påliteligheten til deteksjonen av RGM og PHg for disse årene ble regnet som lav (Berg, personlig meddelelse, 2008). Automatiske bestemmelser er utført med Tekran 1130 og Tekran 1135 (del 2.2). I tillegg til den pågående kampanjen som startet våren 2007, har Tekran 1130 og Tekran 1135 kun vært benyttet en gang tidligere i Ny-Ålesund (våren 2003). Automatisk



kontinuerlig deteksjon av atmosfærisk kvikksølv er relativt nytt, men er utført ved flere polare områder (tabell 1.3). Oversikten ble begrenset til breddegrader nord for polarsirkelen ( $>66^{\circ}\text{N}$ ), og i tillegg er Antarktis inkludert. Begrensningen ble gjort til tross for at det har blitt rapportert AMDEs i sub-polare områder (del 1.2). I tillegg er kun resultater fra publiserte artikler inkludert, selv om det er utført bestemmelser for flere år som ennå ikke er publisert (Steffen, personlig meddelelse, 2008).

**Tabell 1.2.** RGM og PHg rapportering (manuell og automatisk) i Ny-Ålesund.

Tid	RGM ( $\text{pg m}^{-3}$ )	PHg ( $\text{pg m}^{-3}$ )	Referanse	
april - juni 2007	<MDL-38	<MDL-47	Aktuelle masteroppgave	A
april - mai 2003	<MDL-200	<MDL-200	Gauchard et al. (2005)	A
	8-228	2-22	Sprovieri et al. (2005a)	A
	<MDL-300	<MDL-300	Aspmo et al. (2005a;b)	A
april - mai 2002	<2-95	<1-140	Berg et al. (2003b); Sommar et al. (2007)	M
mai 2000	<2-12	<1-47	Berg et al. (2003a)	M
jan. 1996 - jan. 1997	-	0,10-20	Berg et al. (2001)	M

M: manuell deteksjon, A: automatisk deteksjon. MDL (methods detection limit): metodens deteksjonsgrense. n/a (data not reported): ingen data er rapportert.

**Tabell 1.3.** Tekran 1130 og Tekran 1135 i andre polare områder.

Sted	Tid	RGM ( $\text{pg m}^{-3}$ )	PHg ( $\text{pg m}^{-3}$ )	Referanse
Alert 82°28'N, 62°30'W	feb. - juni 2005	44,4±49,8	102,6±124,9	Cobbett et al. (2007)
	april 2002	10,3-93,8	2,9-220	Steffen et al. (2003)
Barrow 71°19'N, 156°37'W	april - juni 2001	70±5	10±1	Lindberg et al. (2002)
	jan. - juli 2000	50,2±72,1	-	Lindberg et al. (2001)
Terra Nova 74°41'S, 164°07'E	nov. - des. 2000	10,5-334	-	Sprovieri et al. (2002)
		(116,2±77,8)		
Neumayer 70°39'S, 8°15'W	des. 2000- feb. 2001	5-300	-	Temme et al. (2002)
Nord Atlanterhavet 54°N - 85°N, 16°W -16°E	juni - aug. 2004	<MDL	<MDL	Aspmo et al. (2006)

MDL (methods detection limit): metodens deteksjonsgrense. n/a (data not reported): ingen data er rapportert.





## 1.4 Målet med oppgaven

Hovedmålet med oppgaven var å beregne automatiske kontinuerlige konsentrasjoner av GEM, RGM og PHg våren 2007 på Zeppelin-fjellet, Svalbard, og på grunnlag av resultatene vurdere påliteligheten til metoden for bestemmelse av RGM og PHg (spesieringsenheten).

For å svare på problemstillingen ble det sett nærmere på følgende:

- AMDEs
- Deteksjon av RGM og PHg
- Meteorologiske data
- BrO-kart og trajektorier
- Skifte av denuder og RPF
- Rapportering fra liknende kampanjer, med hovedfokus Ny-Ålesund 2003

Bimål med oppgaven var å vurdere utregningsmetoden for GEM.



## 2 Materiale og metode

Ved Zeppelin målestasjon ble det fra 17. april 2007 utført automatiske bestemmelser av GEM og RGM, og fra 23. april 2007 av PHg. I denne oppgaven har datasettet fra starten 17. april 2007 og frem til 15. juni 2007 blitt behandlet og vurdert. Videre har en tilleggsperiode frem til 31. august 2007 blitt studert for vurdering av enkelte faktorer. Det er bemerket i teksten hvor det er sett på tilleggsperioden. Masteroppgaven er en del av en større pågående kampanje innenfor Miljø 2015<sup>1</sup>, og kvikksølvspesieringen vil bli utført kontinuerlig i minst to år (Berg, personlig meddelelse, 2008).

### 2.1 Zeppelin

Zeppelin målestasjon (figur 2.1), Ny-Ålesund, ligger 474 meter over havet og er dermed over inversjonslaget. Ny-Ålesund (figur 2.2) er et lite tettsted ved sørsiden av Kongsfjorden på vestkysten av Spitsbergen (78°54' N, 11°53' E) som er den største øya på Svalbard. Kabelbane ble benyttet for transport til målestasjonen. Utendørsaktivitet ble loggført slik at eventuell kontaminering ble tatt hensyn til ved behandling av data. Bilder fra Ny-Ålesund er gitt i vedlegg H.



Figur 2.1. Målestasjonen på Zeppelin-fjellet (Foto: privat).



Figur 2.2. Kart over Svalbard (Sprovieri et al. 2005).

<sup>1</sup> Miljø 2015, Forskningsrådet. Prosjekt nummer 181924/S30: *Occurrence and fate of springtime atmospheric deposition of mercury in the Arctic*. Berg T., Institutt for kjemi, NTNU.

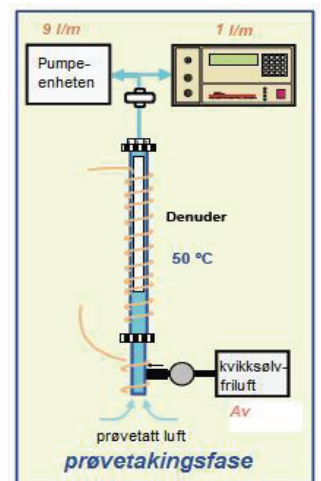


## 2.2 Instrument og prøvetaking

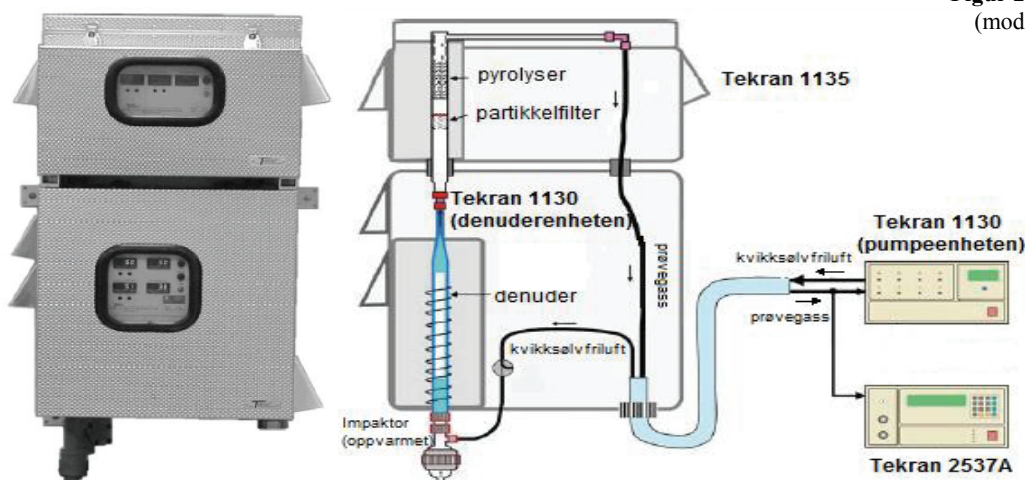
Det ble benyttet tre kombinerte instrumenter (figur 2.3) for bestemmelse av GEM (Tekran 2537A), RGM (Tekran 1130) og PHg (Tekran 1135). Tekran 1135 (partikkelenheten) var festet på oversiden av Tekran 1130 (denuderenheten), og instrumentene (spesieringsenheten) var montert på taket av målestasjonen (figur H.1 i vedlegg H). Tekran 2537A (basisenheten) og en pumpe (Tekran 1130, pumpeenheten) var plassert innendørs på målestasjonen.

Luften som ble prøvetatt ble definert som prøven. Prøven ble sugd inn igjennom en oppvarmet impaktor på undersiden av denuderenheten ved hjelp av pumpeenheten. Impaktoren hadde et filter på 2,5  $\mu\text{m}$ , og hindret dermed større partikler å komme inn i instrumentet. Åpningen for lufttilgang var omtrent 3 meter over snøoverflaten. Det var åpent fra alle retninger utenom oventil hvor instrumentkassen ga le. På vestsiden var det omtrent en meter til veggen av målestasjonen, betydningen av dette ble vurdert fra vindretningsdata.

Med argon som bæregass strømmet prøven videre igjennom en denuder. Denuderen var en sylinder laget av kvarts som var dekt innvendig ("coatet") med kaliumklorid (KCl). Temperaturen på denuderen var rundt 50 °C ved prøvetaking av RGM (figur 2.4). Prøven som var eliminert for RGM gikk videre til kvartsfiltret (quartz Regenerable Pack Filter (RPF)) i Tekran 1135. Her ble PHg prøvetatt. RPF bestod av to deler; partikkelfilter og pyrolyser. Partikkelfilterdelen bestod av kvartsull og en kvartsfiberplate (0,1  $\mu\text{m}$ ). Pyrolyseren var fylt med små kvartsbrikker som gjorde at det ble mest mulig kontakt med prøven. Øverst var det kvartsull som holdt brikkene på plass.



Figur 2.4. Prøvetakingsfase for RGM (modifisert fra www.tekran.com).



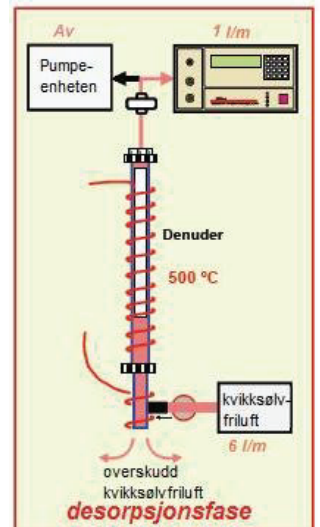
Figur 2.3. Utvendig (t.v.) og innvendig (t.h.) illustrasjon av Tekran 1130 og Tekran 1135. Illustrerer sammenhengen med pumpeenheten og Tekran 2537A (modifisert fra www.tekran.com).



Prøven som var eliminert for både RGM og PHg ble ført videre til Tekran 2537A hvor GEM ble detektert. GEM ble amalgamert på en av to gullfeller (figur 2.5). En gullfelle er en sylinderformet tube som inneholder ultrarent gull. Denne reaksjonen skjer øyeblikkelig. Samtidig som GEM ble amalgamert på den ene gullfellen ble den andre desorbert for det amalgamerte kvikksølv. RGM og PHg ble prøvetatt i løpet av tiden GEM ble desorbert og detektert. Metoden for deteksjon av GEM er atomfluorescencespektrofotometri (Cold Vapor Atomic Fluorescence Spectrophotometry (CVAFS)). Dette er den mest sensitive kjente deteksjonsmetoden av kvikksølv (Tekran Inc. 2006a:1-6).

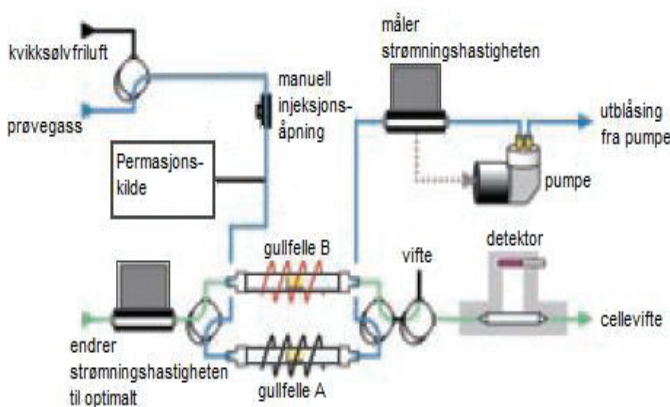
RPF ble oppvarmet til 850 °C for desorpsjon av PHg. PHg reagerte til GEM, og ble detektert av Tekran 2537A. Til slutt ble denuderen oppvarmet til 500 °C for desorpsjon av RGM (figur 2.6). RGM reagerte til GEM som ble detektert i Tekran 2537A.

Tekran 1130 og Tekran 1135 hadde hvert sitt varmeelement, og det ble utført individuell temperaturkontroll av denuder og RPF. Det ble i tillegg utført individuelle temperturkontroller innad i instrumentdelene. I RPF ble først pyrolyseren oppvarmet, og den fortsatte også når oppvarmingen av partikkelfilteret startet. RPF ble fortsatt oppvarmet under det første varmetrinnet av denuderen. Varmeelementene ga en rask oppvarming. Ved det andre varmetrinnet av denuderen startet avkjølingen for RPF.



**Figur 2.6.** Desorpsjon av RGM. (modifisert fra www.tekran.com)

En vifte ga rask avkjøling etter desorpsjonsperioden. Det ble i tillegg avkjølt av kvikksølvfri luft som ble sendt igjennom instrumentene. En hel prøvesyklus har blitt beskrevet, og en ny kunne starte når denuderen var blitt tilstrekkelig avkjølt.



**Figur 2.5.** Innvendig (t.v.) og utvendig (t.h.) illustrasjon av Tekran 2537A (modifisert fra www.tekran.com).





## 2.3 Programmet

Det benyttede instrumentprogrammet var 35-2L5 (Tekran Inc. 2006b:appendix A). En forenklet oversikt over programmet er gitt i tabell 2.1. Programmet har en syklus på to timer. En syklus inkluderer prøvetaking og detektering av GEM, RGM og PHg som beskrevet i del 2.2.

Det ble utført 12 sammenhengende prøvetakingsperioder à fem minutter for GEM. I løpet av denne tiden ble RGM og PHg prøvetatt på henholdsvis denuder og RPF (del 2.2). GEM-konsentrasjonen til en syklus ble regnet ut fra gjennomsnittet til deteksjonene hvor den første ble ekskludert. Det ble utført en vurdering om den første deteksjonen kunne inkluderes (del 3.6).

Videre var det 15 minutter med skylling av instrumentet med kvikksølvfri luft. Pyrolysen ble deretter oppvarmet, og etter fem minutter begynte oppvarmingen av partikkelfilteret. Oppvarmingen av RPF fortsatte, og var også oppvarmet de 10 første minuttene av RGM-oppvarmingen. Pyrolysen og partikkelfilteret hadde da totalt vært oppvarmet i henholdsvis 30 og 25 minutter. RGM ble fortsatt oppvarmet fem minutter etter oppvarmingen av RPF ble avsluttet. Denuderen og RPF ble vanligvis fullstendig desorbert innen to eller tre målesykluser à fem minutter. Mesteparten ble frigjort i løpet av de første minuttene, men RGM og PHg detekteringen fra alle desorpsjonssykluser ble henholdsvis addert for å oppnå en nøyaktig mengde.

Helt til slutt ble instrumentet avkjølt og skylt med kvikksølvfri luft i to ganger fem minutter. Registrert kvikksølv i løpet av denne perioden var en blindverdi som ble subtrahert fra bestemmelsene av RGM og PHg.

Utregningseksempel for GEM, RGM og PHg er gitt i vedlegg A. GEM, RGM og PHg ble prøvetatt i løpet av den første timen, men de utregnede bestemmelsene ble datert til sluttiden for syklusen. Betegnelsen *kontinuerlig* detektering blir benyttet i denne oppgaven. Dette stemmer ikke fullstendig grunnet det ikke blir prøvetatt i løpet av hele syklusen.

**Tabell 2.1.** Program 35-2L5.

deteksjon		
GEM	Prøvetaking av GEM, RGM og PHg	12*5 min
	skylling	3*5 min
PHg	pyrolyse oppvarming	1*5 min
	partikkel oppvarming	3*5 min
RGM	RGM oppvarming (I)	2*5 min
	RGM oppvarming (II)	1*5 min
	avkjøling	2*5 min



Denuderen, et kvartfilter og pyrolyser hadde en strømningshastighet på 9 L/min som ble innstilt på pumpeenheten. Tekran 2537A hadde en strømningshastighet på 1 L/min. Dermed ble det en total strømningshastighet på 10 L/min.

I tiden i forkant av PHg-deteksjon ble programmet 30-2L5 benyttet. Hovedforskjellen mellom programmene var at 35-2L5 inkluderte PHg-deteksjon. Dette gikk på bekostning av antall GEM-deteksjoner i en syklus, da antallet ble redusert fra 16 til 12. Dette førte til at prøvetakingsperioden for GEM og RGM ble redusert fra 80 til 60 minutter. Programendring ble utført etter en uke, dermed er det ikke vurderingsgrunnlag for om endringen kan ha innvirket på resultatene. Det er derimot antatt at programskiftet ikke har hatt betydning for resultatene.

Deteksjon fra ufullstendige sykluser ble ekskludert grunnet mindre prøvetakingsperiode. I tillegg ble sykluser hvor det ble utført vedlikehold (uten å slå av instrumentet) ekskludert grunnet mulig kontaminering.

## 2.4 Kalibrering

Ved kalibrering av Tekran 2537A ble det benyttet autokalibrering. Autokalibreringen ble innstilt på hver 25. time for å forsikre at det ikke forekom samme tid hver dag. Det ble tilsatt kvikksølv-gass fra en permasjonskilde (figur 2.5, s. 10). Kvikksølv-gassen hadde kjent volum, konsentrasjon og temperatur (50 °C). Instrumentet ble kalibrert med hensyn på den kjente kvikksølv-gassen. Kalibreringen ga et mål på påliteligheten til instrumentet. Samtidig ble nøyaktigheten bedre etter kalibrering, som følge av at instrumentet ble innstilt i forhold til kalibreringskonsentrasjonene.

## 2.5 Vedlikehold

I denne seksjonen ble det sett på den utvidete tidsperioden videre frem til 31. august 2007. Tabell 2.2 gir en oversikt over hvor ofte denuder i Tekran 1130 og RPF i Tekran 1135 ble skiftet ut. Ved utskifting ble denuderne ”recoatet” og partikkeldelen i RPF pakket på nytt. Oversikt over utstyr (tabell B.1) og kjemikalier (tabell B.2) som ble benyttet er gitt i vedlegg B. Pumpen ble skiftet ut en gang, 20. april 2007, og ”sodalime” en gang, 4. mai 2007.

**Tabell 2.2.** Datoer for RPF- og denuderskifte

Antall skifte	1	2	3	4	5	6
Denuder	17.04.07	21.04.07	09.05.07	25.05.07	25.06.07	18.08.07
RPF	23.04.07	29.04.07	09.05.07	19.08.07		



### **2.5.1 ”Coating” av denuder**

I følge laboratorieeksperimenter kan en denuder bli brukt i over hundre sykluser før den krever ny ”coating” (Tekran Inc. 2006b:1-1). Dermed kan en denuder vare i et par uker med kontinuerlige sykluser med det valgte programmet før det kreves ny ”coating”. ”Coating” av denuder ble utført etter Tekran brukermanual (2006b:8-3).

Denuderen ble først skylt og ristet gjentatte ganger med demineralisert vann for fjerning av KCl-rester. Deretter ble det skylt med metanol med etterfølgende tørking. Denuderen ble tørket ved gjennomstrømming av kvikksølvfri luft. Prosedyren med metanolskylling og tørking ble gjentatt to ganger.

Mettet KCl-løsning ble pumpet inn i denuderen, hvor den ble holdt i ett minutt. Denuderen ble tørket med kvikksølvfri luft. Bunnen av denuderen ble skylt med destillert vann. Alt vann ble fjernet, og deretter ble den tørket igjen med kvikksølvfri luft. Prosedyren med skylling og tørking ble utført for å fjerne kontaminering. I forkant av feltarbeid ble denudere ”coatet” i laboratorium ved NTNU. Disse ble desorbent på forhånd i ovn (30 minutter). ”Coatede” denudere i felt ble desorbent i instrumentet ved oppvarming til 500 °C.

### **2.5.2 Pakking av RPF**

Pakking av RPF ble utført etter Tekran brukermanual (2006c:4-3).

Det ble benyttet en metallstav for fjerning av kvartsull og kvartsfiberplate. Utsuging av kvartsullrester ble utført ved hjelp av generator for kvikksølvfri luft, og det ble deretter skylt med metanol. Ved hjelp av metallstaven ble ny filterbrikke og kvartsull lirket på plass. Kvartsullen ble pakket slik den ga stor overflate. For tett pakking ble unngått grunnet mulighet for tetting av systemet. For løs pakking ble unngått grunnet all belastning ville gått til kvartsbrikken, som ville raskt blitt tettet. Tetting av systemet kan føre til lavere deteksjon av kvikksølvkonsentrasjoner.



## 2.6 Andre bestemmelser

Data for ozon, UV-B stråling og meteorologi (lufttemperatur, vindstyrke, vindretning, luftfuktighet, lufttrykk) er hentet fra instrumenter eid av NILU (Norsk institutt for luftforskning). Luftmassetrajektorier ble beregnet fra FLEXTRA trajektoriemodell (NILU, nettside, 2008). Hver trajektorie varer i syv dager. BrO-konsentrasjoner i troposfæren er bestemt av instrumentet Sciamachy (satellitt) (Universität Bremen, nettside, 2008).

## 2.7 Definisjon av AMDE og deteksjonsgrense

En AMDE ble antatt å forkomme når konsentrasjonen av GEM sank til under  $1 \text{ ng/m}^3$  (del 1.2). I tillegg ble det krevd minst to sammenhengende bestemmelser.

Den instrumentelle deteksjonsgrensen for GEM er mindre enn  $0,1 \text{ ng/m}^3$  (Tekran Inc. 2006a:12-1). Metodens deteksjonsgrense ble beregnet ved  $t \times SD$  ( $t=1,650$ ,  $P=95 \%$ ,  $SD$ = standardavviket til konsentrasjonene av enten GEM, RGM eller PHg) i tidsperioden hvor det ikke var AMDEs (US-EPA 40 CFR). Definisjonene for AMDE og deteksjonsgrense har blitt benyttet av flere forfattere, og ble benyttet ved kampanjen i Ny-Ålesund i 2003 (del 1.2).

Alle tider har blitt oppgitt i universell tid UTC (Coordinated Universal Time). Denne tiden ligger én time etter norsk normal tid (to timer etter norsk sommertid).





### 3 Resultat og diskusjon

I løpet av perioden 17. april – 15. juni 2007 ble det detektert 11 AMDEs. Fortynningsepisodene ble referert til som AMDE1a, AMDE1b, AMDE1c, AMDE2, AMDE3a, AMDE3b, AMDE4, AMDE5, AMDE6, AMDE7 og AMDE8. GEM-, RGM- og PHg-bestemmelsene (vedlegg C) ble fremstilt grafisk (figur 3.1, s. 17). Det ble bestemt minimums-, maksimums- og gjennomsnittsverdier for GEM, RGM og PHg for alle AMDEs (tabell 3.1).

**Tabell 3.1.** Rapporterte AMDEs. Konsentrasjonsintervallene er vist med gjennomsnittskonsentrasjonen  $\pm$  ett standardavvik i parentes.

AMDE	AMDE tid	antall data	GEM (ng m <sup>-3</sup> )	PHg (pg m <sup>-3</sup> )	RGM (pg m <sup>-3</sup> )
1a	17. april 11:05 – 18. april 03:45	9	0,65 - 0,75 (0,69 $\pm$ 0,032)	n/a	12 - 19 (16 $\pm$ 2,4)
1b	18. april 09:45 – 22. april 08:20	44	<MDL - 0,99 (0,42 $\pm$ 0,31)	n/a	6,8 - 38 (16 $\pm$ 8,7)
1c	22. april 19:00 – 22. april 23:00	3	<MDL - 0,85 (0,50 $\pm$ 0,30)	n/a	13 - 33 (25 $\pm$ 11)
2	23. april 23:10 – 24. april 21:55	11	<MDL - 0,86 (0,46 $\pm$ 0,20)	14 - 47 (33 $\pm$ 11)	12 - 35 (20 $\pm$ 6,9)
3a	25. april 22:10 – 26. april 04:10	4	0,62 - 0,95 (0,80 $\pm$ 0,085)	17 - 29 (23 $\pm$ 4,8)	16 - 17 (16 $\pm$ 0,29)
3b	26. april 18:05 – 26. april 20:05	2	0,89 - 0,93 (0,91 $\pm$ 0,032)	38 - 40 (39 $\pm$ 1,0)	16 - 20 (18 $\pm$ 3,5)
4	27. april 08:05 – 27. april 20:45	8	0,73 - 1,0 (0,85 $\pm$ 0,074)	10 - 37 (18 $\pm$ 9,7)	16 - 26 (21 $\pm$ 3,7)
5	1. mai 05:20 – 1. mai 09:20	3	0,69 - 0,97 (0,79 $\pm$ 0,16)	<MDL	<MDL - 8,9 (7,8 $\pm$ 1,6)
6	4. mai 12:50 – 4. mai 16:50	3	0,56 - 0,87 (0,71 $\pm$ 0,15)	<MDL - 7,7 (6,0 $\pm$ 2,3)	6,9 - 18 (12 $\pm$ 5,9)
7	7. mai 20:50 – 8. mai 09:30	7	0,82 - 1,0 (0,93 $\pm$ 0,068)	<MDL	<MDL
8	26. mai 07:35 – 29. mai 04:00	21	0,49 - 0,91 (0,68 $\pm$ 0,12)	<MDL - 6,2 (<MDL)	<MDL - 26 (11 $\pm$ 9,1)

MDL (methods detection limit): metodens deteksjonsgrense. n/a (data not reported): ingen data er rapportert.

#### 3.1 GEM

GEM-konsentrasjonene ble detektert fra under deteksjonsgrensen til en maksimumsverdi på 2,3 ng/m<sup>-3</sup>. I perioder uten AMDEs ble GEM bestemt til 1,5 $\pm$ 0,19 ng/m<sup>3</sup>. Dette er noe lavere enn bakgrunnskonsentrasjonen for Arktis (1,7 ng/m<sup>3</sup>) (del 1.2). En forklaring på dette kan være periodens begrensning rundt den polare våren, hvor AMDEs forekommer (del 1.2). De synkende og stigende konsentrasjonene av GEM, i forkant og etterkant av AMDEs, er med på å gi et lavere gjennomsnitt.

Metodens deteksjonsgrense (MDL) for GEM ble beregnet til 0,31 ng/m<sup>3</sup>. Deteksjonsgrensen er langt under (~70 %) definisjonsgrensen for AMDE (1 ng/m<sup>3</sup>), og vil dermed ikke påvirke resultatene og diskusjonsgrunnlaget.

GEM viste god korrelasjon ( $R^2 = 0,74$ ) med ozon (vedlegg D). Dette har blitt observert i en rekke arktiske områder tidligere (Schroeder et al. 1998; Lindberg et al. 2001; Berg et al. 2003a; Skov et al. 2006). Korrelasjonen viser overensstemmelse med de tidligere rapporteringene for at ODEs og AMDEs blir forårsaket av samme kjemi (del 1.2).



### 3.2 RGM og PHg

Metodens deteksjonsgrense for RGM og PHg ble bestemt til henholdsvis 6,4 og 4,8 pg/m<sup>3</sup>. Det ble bestemt konsentrasjoner av RGM fra under deteksjonsgrensen til en maksimumsverdi på 38 pg/m<sup>3</sup>. PHg-konsentrasjoner ble bestemt fra under deteksjonsgrensen til en maksimumsverdi på 47 pg/m<sup>3</sup>. Konsentrasjonene av RGM og PHg blir nærmere diskutert ved AMDEs (del 3.3), og i perioder uten AMDEs (del 3.4).

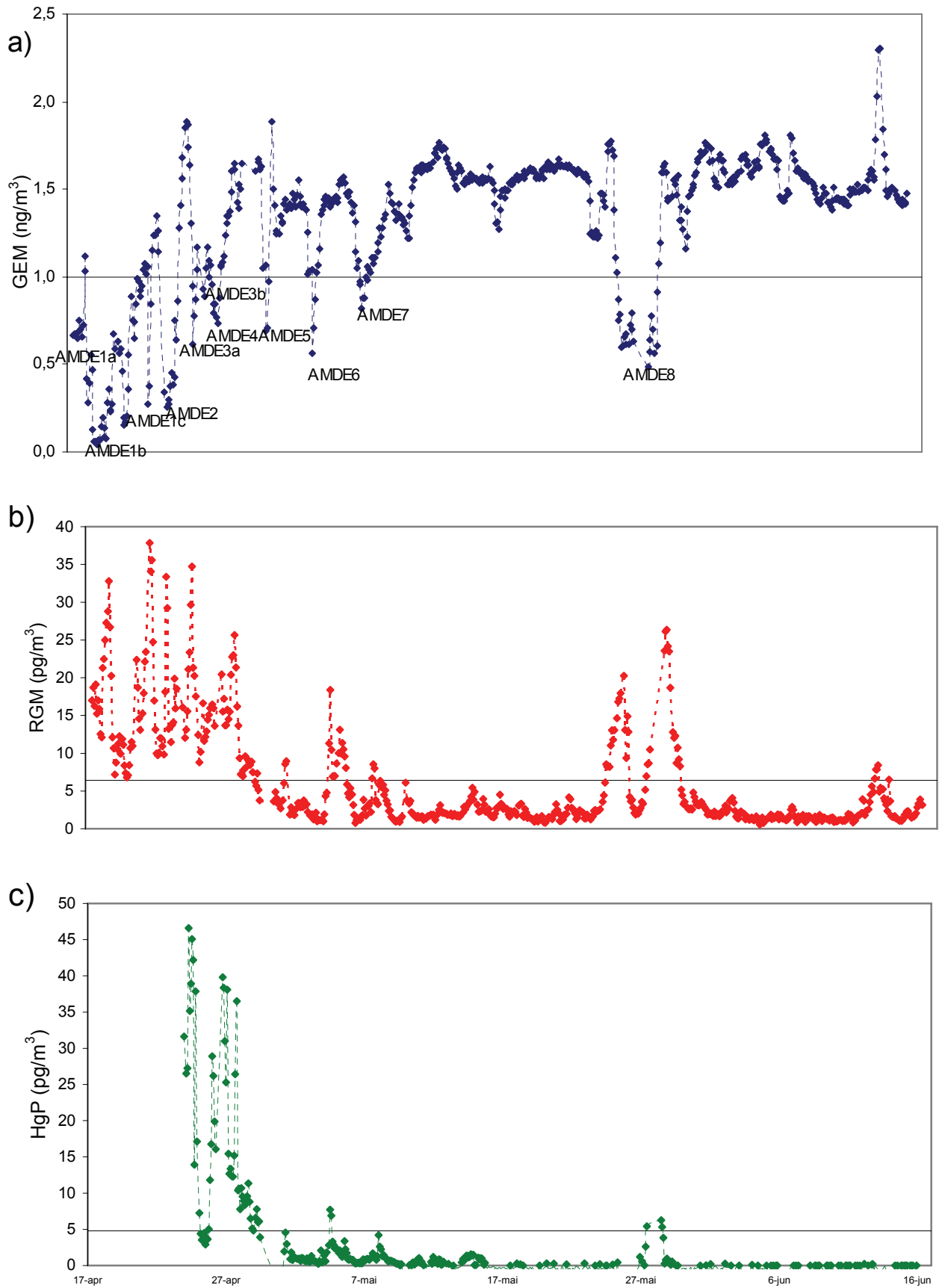
### 3.3 Trender ved AMDEs

Ved fortykning av GEM økte konsentrasjonene av RGM og PHg (figur 3.1, s. 17). I løpet av fortykningsepisodene i april ble det detektert RGM ( $19 \pm 7,6$  pg/m<sup>3</sup>) og PHg ( $28 \pm 12$  pg/m<sup>3</sup>). Ved AMDEs i mai var derimot flere av RGM-konsentrasjonene ( $9,2 \pm 7,6$  pg/m<sup>3</sup>) under deteksjonsgrensen ( $< 6,4$  ng/m<sup>3</sup>). Gjennomsnittet av PHg-konsentrasjoner i mai var under deteksjonsgrensen ( $< 4,8$  ng/m<sup>3</sup>). For AMDE7 ble det verken detektert RGM eller PHg. Ved AMDE8, i slutten av mai, var de høyeste detekterte konsentrasjonene av RGM tilsvarende det som ble registrert i april (tabell 3.1, s. 15).

Det var forventet økende konsentrasjoner av RGM og PHg ved AMDEs grunnet oksidering av GEM til RGM, som sammen med partikler kan danne PHg (del 1.2). Konsentrasjonene var likevel relativt lave i forhold til hva som tidligere har vært rapportert fra polare områder (del 1.3). Bortsett fra kampanjene i 1996 og i 2000 (Ny-Ålesund) hvor det ble henholdsvis bestemt lavere og liknende konsentrasjoner. Her ble det benyttet manuelle metoder som ga lav pålitelighet (del 1.3). Derfor blir ikke sammenligning med disse kampanjene vektlagt.

Det er utført en vurdering på hvordan meteorologiske forhold som vindstyrke (del 3.3.2), vindretning (del 3.3.3), lufttemperatur (del 3.3.4), lufttrykk (del 3.3.5), relativ fuktighet (del 3.3.6) og UV-B stråling (del 3.3.7) kan ha påvirket resultatene. I tillegg har BrO-kart og trajektorier blitt studert for drøfting av halogentilgang og opprinnelsen til langtransporterte luftmasser ved AMDEs (del 3.3.8).





**Figur 3.1.** Tidsserier av (a) GEM, (b) RGM og (c) PHg. Den horisontale linjen i (a) viser konsentrasjonsgrensen for definisjonen (del 2.7) av en AMDE. Den horisontale linjen i (b) og (c) er deteksjonsgrensen til metoden for henholdsvis RGM og PHg.



### 3.3.1 RGM versus PHg

For AMDE2, AMDE3a og AMDE3b var konsentrasjonene av PHg hovedsakelig høyere enn RGM. Konsentrasjonene av PHg var på det meste  $31 \text{ pg/m}^3$  høyere enn RGM. Motsatt trend ble registrert for AMDE4, AMDE5, AMDE6 og AMDE8. Her var konsentrasjonene av RGM hovedsakelig høyere enn PHg. Konsentrasjonene av RGM var på det meste rundt  $25 \text{ pg/m}^3$  høyere enn PHg. Høyere RGM enn PHg kan tyde på lokale AMDEs, mens høyere konsentrasjoner av PHg enn RGM kan indikere langtransporterte luftmasser (del 1.2). Tidligere i Ny-Ålesund har konsentrasjonene av PHg har vært høyere eller med samme nivå av RGM (del 1.3). Aspino et al. (2005b) omtaler lave konsentrasjoner av RGM og PHg rundt  $100 \text{ pg/m}^3$ , som er det dobbelte av denne kampanjens høyeste verdier. Avvikene mellom RGM og PHg ble regnet som små, men er reelle grunnet omtrent samme nivå som forhøyede konsentrasjoner av RGM og PHg. Til tross for små avvik, og forholdsvis lave konsentrasjoner av RGM og PHg, vil de forhøyede bestemmelsene bli diskutert i denne oppgaven.

### 3.3.2 Vindstyrke

I tillegg til figur 3.2, s. 19, er data for vindstyrke og grafisk fremstilling av resultatene gitt i henholdsvis tabell E.1 og figur E.1 i vedlegg E. Det ble registrert kraftigere vindstyrker ved AMDEs ( $2,6 \pm 1,7 \text{ m/s}$ ) enn når det ikke var fortytningsepisoder ( $1,9 \pm 1,3 \text{ m/s}$ ).

Maksimum vindstyrke ( $6,5 \text{ m/s}$ ) i løpet av AMDEs ble registrert 24. april (AMDE8). De kraftigste vindstyrkene ble registrert i AMDE3b ( $5,5 \pm 0,0 \text{ m/s}$ ), AMDE7 ( $3,7 \pm 1,2 \text{ m/s}$ ) og AMDE8 ( $3,6 \pm 1,8 \text{ m/s}$ ). I løpet av fortytningsepisodene med de sterkeste vindstyrkene varierte konsentrasjonene av RGM og PHg fra under deteksjonsgrensen og opp til henholdsvis  $26$  og  $39 \text{ pg/m}^3$ . Det ble registrert forhøyede konsentrasjoner av RGM ved svake vindstyrker i løpet av AMDE1a ( $0,9 \pm 0,6 \text{ m/s}$ ) og AMDE1b ( $1 \pm 0,7 \text{ m/s}$ ). Ved økende vindstyrker i løpet av AMDE8 ble det både detektert RGM under MDL og forhøyede konsentrasjoner. For hele perioden er de forhøyede konsentrasjonene av RGM hovedsakelig bestemt ved svak vind ( $< 4 \text{ m/s}$ ) (figur 3.2, s.19). PHg viser også forhøyede konsentrasjoner ved svak vind ( $< 3,5 \text{ m/s}$ ), med unntak av AMDE1b (figur E.1b i vedlegg E). Det ble her detektert forhøyede konsentrasjoner ved økende vindstyrke ( $5,5 \pm 0,0 \text{ m/s}$ ). Det må bemerkes at AMDE1b består kun av to deteksjonsdata.

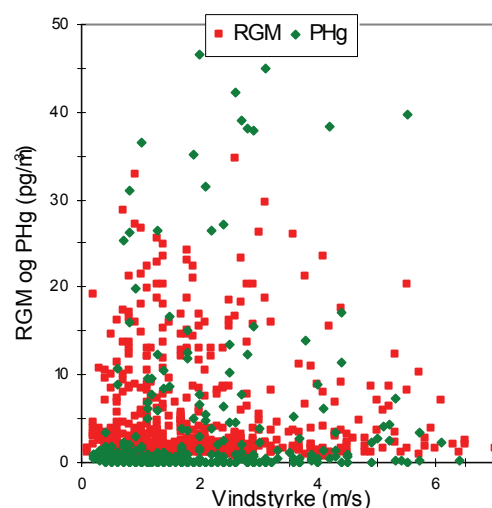
De observerte vindstyrkene var relativt lave. Ved langtransporterte AMDEs kunne muligens høyere konsentrasjoner av RGM og PHg vært oppnådd ved kraftigere vind. Transporttiden til





de fortynnede luftmassene ville vært kortere ved kraftigere vindstyrke. Dette ville gitt muligheter for høyere konsentrasjoner av RGM og PHg grunnet deres korte levetid. Dette ville vært mest tydelig for PHg som har lengre levetid enn RGM (del 1.2). I 2003 ble det registrert sammenheng mellom laber/ frisk bris (opp til 10 m/s) og høye konsentrasjoner av PHg (Aspmo et al. 2005b). Sprovieri et al. (2005a; 2005b) viste sammenheng mellom AMDEs og innkommende luftmasser fra det arktiske hav med stigende vindstyrker (rundt 10 m/s de første timene). Dermed kan muligens lave vindstyrker ved langtransporterte AMDEs ha forårsaket lave konsentrasjoner av PHg.

Forhøyede konsentrasjoner av RGM ved svak vind (<4 m/s) er derimot samme trend som tidligere rapportert. Høye konsentrasjoner av RGM har tidligere blitt observert ved svak vind, både tidligere i Ny-Ålesund (< 4m/s), i Barrow og i Alert (< 3 m/s) (Aspmo et al. 2005b; Lindberg et al. 2002; Cobbett et al. 2007). Dermed antas det at de lave konsentrasjonene av RGM skyldes andre faktorer enn vindstyrken.



**Figur 3.2.** Vindstyrke sammenlignet med konsentrasjoner av RGM og PHg.

### 3.3.3 Vindretning

Data for vindretning og grafisk fremstilling av resultatene er gitt i tabell E.1, figur E.2 og figur E.3 i vedlegg E. Vinden ble fraktet til Zeppelin-fjellet hovedsakelig fra to retninger; fra nordvest (270-340°) og fra sør-sørøst (135-200°). Målestasjonens funksjon som le-vegg ble forkastet grunnet hyppige observasjoner fra nordvest. Det blåste mest fra sørøst, men de forhøyede konsentrasjonene av RGM og PHg oppstod hovedsakelig når vinden ble fraktet fra nordvest. Dette ble til sammenligning også observert i 2003 (Aspmo et al. 2005b). I retningen



hvor de forhøyede konsentrasjonene av RGM og PHg ble observert er Kongsfjorden, og noe lengre ut er det Arktiske hav. Kongsfjorden var ikke igjenfrosset, som den derimot har vært ved tidligere kampanjer i Ny-Ålesund (Berg, personlig meddelelse, 2008). Både i 2002 og i 2003 ble det rapportert høyere verdier av RGM og PHg (del 1.3). Sjøisen kan bidra med halogenkilder, som videre kan trigge oksidasjon av GEM til RGM (del 1.2). Dermed blir det antatt at en åpen Kongsfjord har hatt innvirkning på at det ble detektert lavere konsentrasjoner av RGM og PHg i 2007. I tillegg til transport av halogener kan allerede fortynnete episoder også blitt fraktet fra denne retningen. Dette ble studert nærmere med trajektorier (del 3.3.8).

Registrerte AMDEs fra sørvest var neglisjerbart, og ingen AMDEs ble registrert med vind fra nordøst (0-90°). Dette forklares med at det blåste sjeldent fra disse retningene.

### 3.3.4 Temperatur

I tillegg til figur 3.3, s. 21, er data for lufttemperatur og grafisk fremstilling av resultatene gitt i henholdsvis tabell E.1 og figur E.4 i vedlegg E. Temperaturen varierte med en minimumsverdi på  $-19\text{ °C}$  til en maksimumsverdi på  $1,8\text{ °C}$ . Ved AMDEs var temperaturen ( $-12\pm 3,1\text{ °C}$ ) nesten tre ganger lavere enn når det ikke var fortynningsepisoder ( $-4,4\pm 3,6\text{ °C}$ ). Maksimumsverdien ved AMDEs var  $-6,8\text{ °C}$ . Alle fortynningsepisodene ble detektert i april og mai, men det ble sett på data frem til 15. juni. Varmere klima mot sommeren har trolig påvirket den store temperaturforskjellen mellom AMDEs og perioder uten fortynningsepisoder. For å oppnå grunnlag til bedre vurdering, ble perioden uten AMDEs konsentrert fra 17. april til 15. mai. Det bekreftet høyere temperaturer i perioder uten AMDEs ( $-7,3\pm 3,2\text{ °C}$ ).

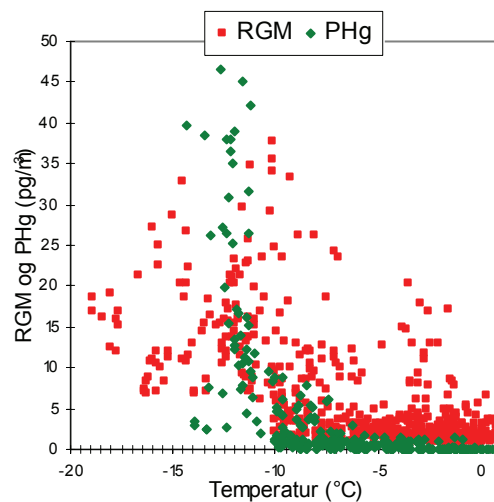
AMDEs har tidligere blitt registrert ved fallende temperatur (del 1.2). Resultatene fra 2007 bekrefter ytterligere at lave temperaturer er gjennomgående ved AMDEs. Temperaturene ved fortynningsepisodene var fra  $-19\text{ °C}$  opp til  $-6,8\text{ °C}$ .

Deteksjon av PHg ble registrert ved temperaturer fra  $-11\text{ °C}$  ned til  $-14\text{ °C}$ . Hele 85 % av den detekterte PHg ble observert i dette intervallet. Det har tidligere vært rapportert sammenheng mellom økende PHg-konsentrasjoner og lave temperaturer ( $<-20\text{ °C}$ ) i Alert (Cobbett et al. 2007). Forhøyede konsentrasjoner av RGM ble hovedsakelig detektert i temperaturintervallet  $-8\text{ °C}$  ned til  $-17\text{ °C}$ . Trenden for RGM var ikke like fremtredende som sammenhengen for PHg. I Alert har Cobbett et al. (2007) observert høye RGM-konsentrasjoner ved temperatur over  $-10\text{ °C}$ . I Alert ble det antatt at de ulike fremtredende trendene for RGM og PHg skyldes



ulik dannelsesmekanisme, men at begge er knyttet til temperatur. Resultatene observert i Ny-Ålesund våren 2007 viser ikke samme betingelsene som ble observert i Alert. Dette kan skyldes ulike lokaliteter, og at Alert har gjennomgående lavere temperaturer.

Det ble vurdert om høyere konsentrasjoner av RGM og PHg ville vært oppnådd dersom det hadde vært lavere temperaturer i Ny-Ålesund 2007. I 2003 var det tilsvarende temperaturer, og det ble da oppnådd høyere konsentrasjoner. Dermed antas temperaturen ikke å være en hovedfaktor for hvorfor det ikke ble detektert høyere konsentrasjoner av RGM og PHg.



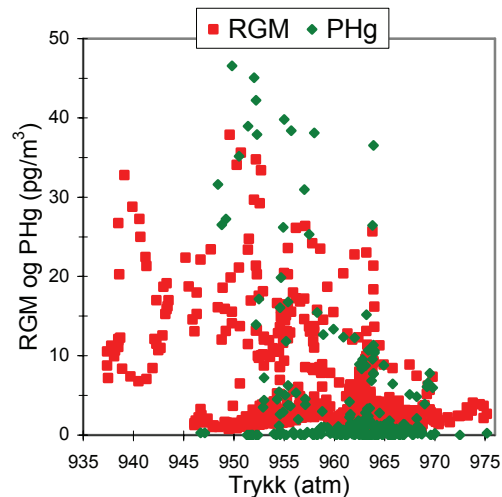
**Figur 3.3.** Temperatur sammenlignet med konsentrasjoner av RGM og PHg.

### 3.3.5. Trykk

I tillegg til figur 3.4, s, 22, er data for lufttemperatur og grafisk fremstilling av resultatene gitt i henholdsvis tabell E.1 og figur E.5 i vedlegg E. Ved fortyningsepisodene ble det registrert fallende trykk (figur E.5a i vedlegg E). Det lave trykket gjør at luftmasser kan bli transportert fra Asia og Europa til Arktis (del 1.1). Halogener kan bli fraktet med luftmassene som kan føre til lokal AMDE i Arktis. Allerede fortynnede episoder kan også bli fraktet med luftmassene.

Forhøyede konsentrasjoner av RGM ble registrert ved trykk mindre enn 965 atm, og konsentrert rundt 950 atm. Forhøyede verdier av PHg ble detektert i intervallet 948-965 atm., og konsentrert rundt 952 atm.

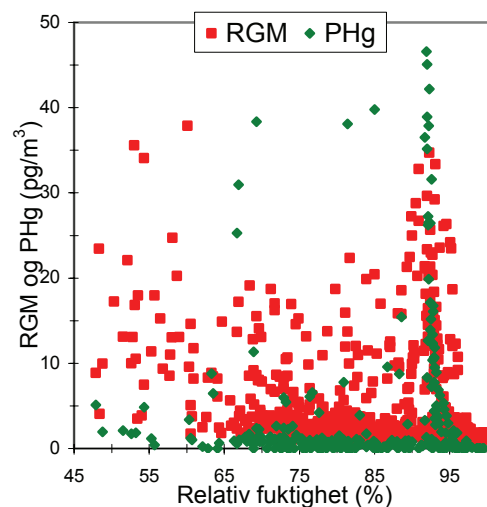




**Figur 3.4.** Trykk sammenlignet med konsentrasjoner av RGM og PHg.

### 3.3.6 Relativ luftfuktighet

Det ble ikke detektert signifikante forskjeller mellom relativ fuktighet ved AMDEs og uten AMDEs (tabell E.1 i vedlegg E), men tendensen var synkende relativ luftfuktighet under fortykningsepisodene (figur E.6a i vedlegg E). Dette følger av at fuktighet i atmosfæren synker med synkende temperatur (Cobbett et al. 2007) som gitt i tabell E.4a og E.6a i vedlegg E. Dette samsvarer med flest rapportert AMDEs ved lav temperatur (del 3.3.4). Derimot ble det ved høy relativ fuktighet (~93 %) observert forhøyede konsentrasjoner av PHg (figur 3.5). Ved samme prosentdel av relativ fuktighet ble det også observert forhøyede konsentrasjoner av RGM, men forhøyede konsentrasjoner av RGM ble i tillegg observert ned til 47 %.



**Figur 3.5.** Relativ fuktighet sammenlignet med konsentrasjoner av RGM og PHg.





### 3.3.7 UV-B stråling

Data for UV-B stråling er oppsummert i tabell E.1 i vedlegg E. Stråling av UV-B økte jevnt fra begynnelsen ( $\sim 0,2 \text{ W/m}^2$ ) til slutten av perioden ( $\sim 0,6 \text{ W/m}^2$ ) (figur E.7a i vedlegg E). Døgndatasett for UV-B stråling viste maksimum midt på dagen og minimum om natten. Det ble sett på døgnvariasjonene i samsvar med RGM og PHg ved flere av fortynningsepisodene (figur E.7b;c;d i vedlegg E).

Tendenser viser at konsentrasjonene av RGM varierer i korrelasjon med UV-B. Et unntak for trenden er den andre dagen (19. april) i AMDE1b, her korrelerer ikke RGM med UV-B strålingen (figur E.7b i vedlegg E). Det ble ikke registrert endringer i meteorologiske data som kan forklare dette (vindretning ble ikke studert, da data ikke var rapportert for denne perioden). Sammenhengen mellom UV-B og RGM har tidligere blitt vist i Barrow (del 1.2).

Det ble vurdert om høyere konsentrasjoner av RGM kunne vært oppnådd dersom UV-B konsentrasjonen hadde vært høyere. Dette ble forkastet da høye konsentrasjoner av RGM ( $\sim 350 \text{ pg/m}^3$ ) har blitt rapportert tidlig om våren (mars) ved forholdsvis lavere UV-B konsentrasjoner ( $< 1,5 \text{ cW/m}^2$ ) (Lindberg et al. 2002). Dette ble rapportert fra Barrow, men det viser det ikke er konsentrasjonene av UV-B i Ny-Ålesund våren 2007 som er begrensningen for at høyere RGM-konsentrasjoner kunne blitt oppnådd.

### 3.3.8 BrO-kart og luftmassestrajektorier

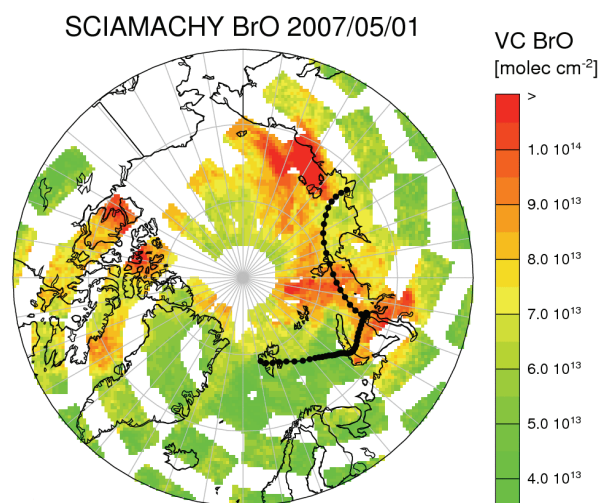
BrO-kart og luftmassestrajektorier ble studert for hele perioden. Ved dager uten AMDEs var det lave BrO-konsentrasjoner ( $< 8,0 \cdot 10^{13}$  molekyler/cm<sup>2</sup>) i luftmassene over Svalbard. Et eksempel fra perioden uten AMDE vises i figur F.1 i vedlegg F. Derimot, ved de fleste AMDEs, var det høye konsentrasjoner av BrO ( $> 8,0 \cdot 10^{13}$  molekyler/cm<sup>2</sup>). Dette gjaldt for AMDE1a (figur F.2 i vedlegg F), AMDE1b, AMDE1c, AMDE2, AMDE3a, AMDE3b, AMDE4 og AMDE8. Dette er de samme fortynningsepisodene som hadde de høyeste konsentrasjonene av RGM og/eller PHg. BrO kan oksidere GEM til RGM, som kan festes på partikler og danne PHg (del 1.2). Ved tilgang på BrO er det derfor mulighet for lokale AMDEs, men langtransport kan likevel ikke utelukkes. Grunnet de lave konsentrasjonene av RGM og PHg antas det at fortynningen ikke skjer lokalt ved målestasjonen. Luftmassene er trolig transportert fra nærmere områder enn når det ikke er detektert RGM og PHg, og ved mangel på BrO i området.



Forekomst av AMDEs ved lave konsentrasjoner av BrO antas å være langtransporterte. Det var lave konsentrasjoner av BrO ved AMDE5, AMDE6 og AMDE7. Konsentrasjonene var på samme nivå som når det ikke var AMDEs. Ved disse fortykningsepisodene ble det registrert konsentrasjoner av RGM og PHg under eller rett over deteksjonsgrensen. Unntaket var AMDE6 med noe høyere konsentrasjoner av RGM ( $12 \pm 5,9 \text{ pg/m}^3$ ).

AMDE5 (figur F.3 og figur F.4 i vedlegg F og figur 3.6) og AMDE7 (figur F.7 og figur F.8 i vedlegg F) har trajektoriebaner fra den russiske Arktis, som har høye konsentrasjoner av BrO for nesten hele kampanjeperioden (avtas i juni). Ved AMDE6 (figur F.5 og figur F.6 i vedlegg F) har luftmassene kommet fra et havområde med høye BrO-konsentrasjoner like nord for Ny-Ålesund. Dermed antas det at AMDE6 har blitt transportert en kortere distanse enn AMDE5 og AMDE7. Dette kan forklare de detekterte konsentrasjonene av RGM i AMDE6. Mangel på PHg-deteksjon kan skyldes lite partikler i luften. Dette blir ikke diskutert nærmere grunnet aerosoldata ikke har blitt studert.

AMDE5, AMDE6 og AMDE7 varte alle mindre enn et døgn. Ved disse fortykningsepisodene ble det vist mangel på BrO-kilder i Ny-Ålesund, og trajektorier viser luftmassetransport fra områder med høye BrO-konsentrasjoner. Dette forklarer de neglisjerbare konsentrasjonene (med unntak av RGM for AMDE6 som tidligere diskutert).



**Figur 3.6.** BrO-kart fra 1. mai og trajektorie som ender i Ny-Ålesund 8. mai (AMDE5) (Plottet av Richter, 2008).



### 3.3.9 Instrumentet

En ekstra spesieringsenhet ved samme lokalitet kan muligens avdekke instrumentelle svakheter, men det ville fortsatt ikke vært en garanti for riktig deteksjon. Dette er kostbart, men kan konsentreres i kampanje om våren. En ekstra Tekran 2537A (tilhørende NILU), er tilgjengelig på Zeppelin-fjellet. Denne kunne vært benyttet sammen med en ekstra spesieringsenhet. Parallell deteksjon av RGM og PHg på Zeppelin-fjellet ble utført i 2003, men da mellom automatiske og manuelle bestemmelser (Aspmo et al. 2005a).

Deteksjon av GEM, RGM og PHg i løpet av fortykningsepisoder oppnår ikke den detekterte verdien av TAM (Total Atmospheric Mercury) (Aspmo et al. 2005b; Steffen et al. 2002). Derimot har den tilnærmete verdien blitt oppnådd når det ikke var AMDEs (hvor RGM og PHg er <MDL). TAM er pyrolysering av atmosfærisk kvikksølv. Det er antatt at summen av GEM, RGM og PHg vil gi TAM. Dette blir ikke oppnådd i løpet av AMDEs, og det antas derfor at ikke alle kvikksølvspesier blir detektert med spesieringsenheten (Aspmo et al. 2005b). I 2007 ble det ikke utført bestemmelser av TAM. Et mulig avvik mellom TAM og summen av GEM, RGM og PHg kan skyldes instrumentet, men RGM- og PHg-konsentrasjonene i kampanjeperioden for denne oppgaven var lave i forhold til tidligere bestemmelser. Dermed kan ikke de lave deteksjonene for 2007 hovedsakelig skyldes dette.

Det ble ikke utført manuell injeksjon ved kalibrering av Tekran 2537A. I ettertid sees det at dette burde vært utført i tillegg til autokalibreringen for å oppnå sikrere resultater.

Siden den kjemiske sammensetningen til RGM og PHg ikke er kjent og ikke har kjente kalibreringsstandarder (del 1.3) ble det begrenset hvor vid grad en kan tolke bestemmelsene og skjebnen til kvikksølv i atmosfæren i polare områder om våren. Konsentrasjonene som diskuteres i denne oppgaven kan derfor ikke bli betraktet som absolutte.



### 3.3.10 Oppsummert sammenligning av 2003 versus 2007

En sammenligning av kvikksølvkonsentrasjoner og meteorologiske parametere mellom Ny-Ålesund i 2003 og 2007 er gitt i tabell 3.2. Her er bestemmelsene fra 2007 begrenset til perioden 17. april til 15. mai for å gi et mulig sammenligningsgrunnlag mot kampanjen i 2003 som strekte seg fra midten av mai til midten av april. Deteksjon av RGM og PHg var lavere i 2007, i tillegg til at vindstyrken ikke oppnådde tilsvarende hastighet som rapportert fra 2003. Bortsett fra dette er de meteorologiske forholdene relativt like.

Spesieringsenheten har vært benyttet to vårer på Zeppelin-fjellet. To år gir dårlig sammenligningsgrunnlag. Flere data trengs, og det blir nå oppnådd med Miljø2015. Selv om det blir detektert RGM og PHg ved samme lokalitet må det også bemerkes at ulike luftmasser blir detektert, noe som kan gi ulike data fra år til år.

**Tabell 3.2.** Sammenligning av de to kampanjene med spesieringsenheten i Ny-Ålesund.

		2003	2007	
Kvikksølvspesieringsdata	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	maksimumsverdi	2,08	1,89
		gjennomsnittsverdi	1,39	1,15
		minimumsverdi	<MDL	<MDL
	Andel AMDEs (i timer)	106/512	188/578	
	Antall AMDEs	5	10	
	Lengste AMDEs (i timer)	48	88	
	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	maksimumsverdi	300	38
		gjennomsnittsverdi	90	8,5
		minimumsverdi	<16	<MDL
	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	maksimumsverdi	300	47
		gjennomsnittsverdi	40	4,9
		minimumsverdi	<7	<MDL
Lokal meteorologi	Lufttemperatur (°C)	maksimumsverdi	3,2	-0,3
		gjennomsnittsverdi	-7,1	-8,8
		minimumsverdi	-21	-19
	Vindstyrke (m/s)	maksimumsverdi	10	6,5
		gjennomsnittsverdi	3,0	2,0
		minimumsverdi	stille	stille
	Rel. luftfuktighet (%)	maksimumsverdi	100	97
		gjennomsnittsverdi	75	83
		minimumsverdi	54	45





### 3.4 Perioder uten AMDEs

I perioder uten AMDEs var konsentrasjonene til RGM og/eller PHg under deteksjonsgrensen til metoden. Dette stemte for 93,5 % av deteksjonene. Detektert RGM og PHg i perioder uten AMDEs befant seg hovedsakelig like før eller etter definerte fortynningsepisoder.

Et unntak fra denne trenden var 12. og 13. juni hvor det ble registrert konsentrasjoner av RGM over deteksjonsgrensen. Dette til tross for at det ikke ble registrert endringer i GEM-konsentrasjonene ( $\sim 1,5 \text{ ng/m}^3$ ). De detekterte konsentrasjonene av RGM ( $6,6 - 8,4 \text{ pg/m}^3$ ) var like over deteksjonsgrensen ( $6,4 \text{ pg/m}^3$ ). Den nærmeste fortynningsepisoden i forkant var 14 dager tidligere, og i etterkant var det ikke registrert flere AMDEs frem til datasettes ende, 15. juni. I fem sykluser var det konsentrasjoner av RGM over deteksjonsgrensen, hvorav fire var etterfølgende. Den femte var fraskilt med åtte sykluser. Det ble observert vindretning som varierte fra  $138-343^\circ$  i løpet av disse konsentrasjonene. Ingen andre endringer ble registrert hos de meteorologiske dataene når dette inntraff.

Det var i tillegg lave BrO-konsentrasjoner ( $< 6,0 \cdot 10^{-13} \text{ molekyl/cm}^2$ ) over hele den nordlige halvkulen. Konsentrasjonene ble detektert midt på dagen ved høyest UV-B stråling. Dette antas å være gjeldende grunnet trenden med økende RGM-konsentrasjoner ved økende UV-B stråling (del 3.3.7).

I løpet av AMDE7 ble det ikke registrert konsentrasjoner av RGM eller PHg over deteksjonsgrensen. Det ble derimot registrert tre sykluser med konsentrasjoner av RGM rett over deteksjonsgrensen fra åtte timer før fortynningsepisoden startet, og til den inntraff. Vindretningen varierte fra  $114-159^\circ$  i løpet av disse observasjonene. I tillegg var vindhastigheten økende ( $1,0 \text{ m/s} - 4,1 \text{ m/s}$ ). Det ble ikke registrert endringer av andre meteorologiske parametere når dette inntraff.

Konsentrasjonene av GEM sank i samsvar med de økende konsentrasjonene av RGM. De detekterte konsentrasjonene av RGM ( $6,7 - 8,0 \text{ pg/m}^3$ ) var rett over deteksjonsgrensen ( $6,4 \text{ pg/m}^3$ ). Detekteringen av RGM ble registrert midt på dagen med høyest UV-B stråling. I tillegg ble det observert høye konsentrasjoner av BrO ( $> 8,0 \cdot 10^{-13} \text{ molekyl/cm}^2$ ). Dette er i forkant av AMDE og det ble detektert GEM ned til  $1,046 \text{ ng/m}^3$ . AMDE7 inntraff om natten med lave UV-B konsentrasjoner og i tillegg var det da lave BrO-konsentrasjoner ( $< 6,0 \cdot 10^{-13} \text{ molekyl/cm}^2$ ). Dette blir antatt har påvirket mangelen av RGM deteksjon i løpet av AMDE7.



### 3.5 Vedlikehold av denuder og RPF filter

RGM-konsentrasjoner i perioder uten AMDEs ble vurdert i forhold til når skifte av denuder og RPF ble utført (figur 3.7, s. 30 ). Dette er brukt for vurdering av hvor mange sykluser som bør ekskluderes etter skifte av denuder og RPF. Her ble summen av de tre deteksjonene av RGM i en syklus benyttet uten subtrahering av blindverdien. Konsentrasjonene av RGM var forventet å være under deteksjonsgrensen i perioder uten AMDEs (del 1.2). Skifte av denuder eller RPF med følgende detektering av RGM kan skyldes kontaminering i instrumentet i forbindelse med vedlikeholdet, og blir derfor diskutert.

Det ble unngått skifting av denuder og RPF under AMDEs. Grunnet installasjon av instrument ble RPF1, denuder1 og denuder2 installert under fortynningsepisoder. Dermed mangler de vurderingsgrunnlag. Ved installasjon av RPF2 sank først RGM-konsentrasjonene til under deteksjonsgrensen, for deretter å stige igjen. Detektert RGM var like før eller etter AMDEs, og forklares på grunnlag av det. Vurdering av om en andel av deteksjonen skyldes kontaminering etter skifte er dermed vanskelig.

I den første syklusen med denuder3/ RPF3 ble det detektert RGM ( $8,6 \text{ pg/m}^3$ ) over deteksjonsgrensen. Etterfølgende fulgte en lengre periode med konsentrasjoner under deteksjonsgrensen. Det antas at den første hele syklusen etter installering av denuder3 burde vært ekskludert.

Ved slutten av denuder3 steg RGM-konsentrasjonene. Det ble skiftet til denuder4 like før en definert fortynningsepisode. RGM-konsentrasjonene fortsatt å stige i begynnelsen av denuder4. Etter fortynningsepisoden sank verdiene raskt til under deteksjonsgrensen. Vurderingsgrunnlaget for denuder4 ble svekket grunnet stigende konsentrasjoner før skifte, og en definert AMDE i etterkant.

RGM-konsentrasjonene var under deteksjonsgrensen i starten ved denuder5 og for hele perioden av denuder 6/ RPF4. Dermed viser disse denuderne ikke nødvendighet for ekskludering av hele sykluser.

Det ble etter alle skiftene av denuder og RPF startet med en ufullstendig syklus. Ufullstendige sykluser har blitt ekskludert (del 2.3). Det ble for denuder3 vist behov for ekskludering av en hel syklus i tillegg. Dette viser at ekskludering av mer enn en hel syklus etter skifte av denuder og/eller RPF er unødvendig.



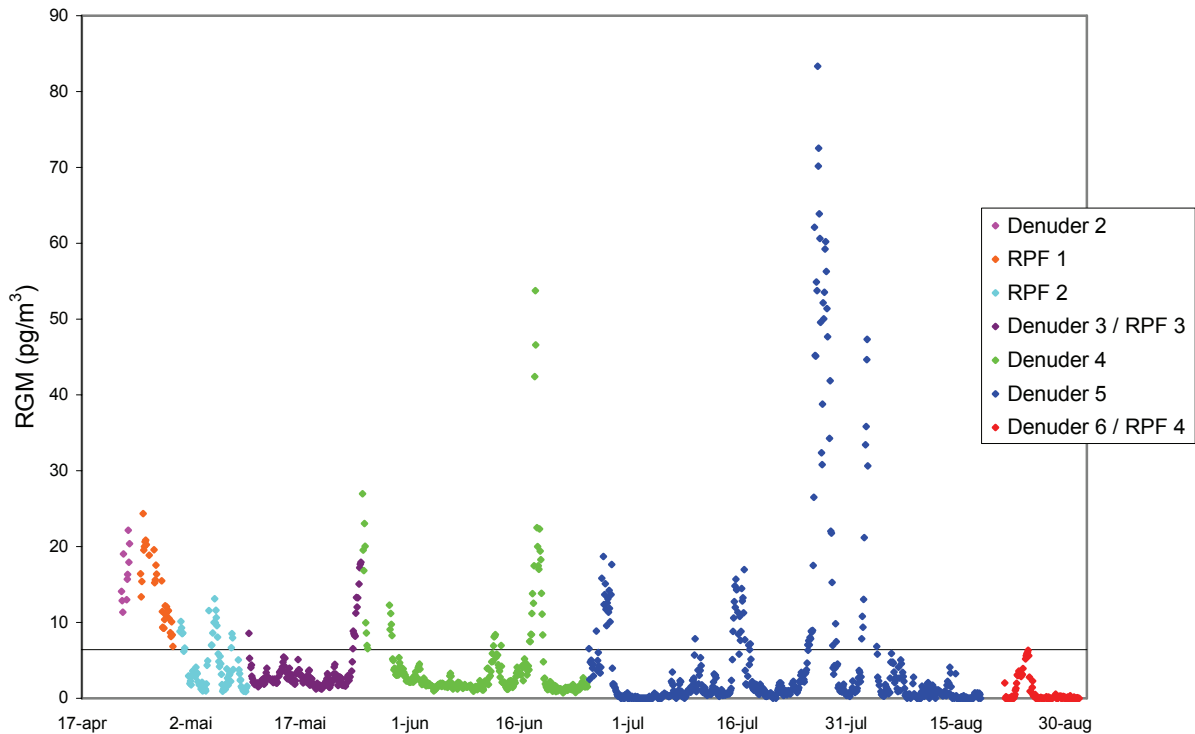
Alle RPFene og denuder1, denuder2, denuder3 og denuder4 ble ”coated” i laboratorium på fastlandet. Denuderene ”coated” på fastlandet ble desorbent (30 minutter) på forhånd etter brukermanualen (Tekran Inc. 2006b:8-3). Denuder5 og denuder6 ble ”coated” i felt. De ble desorbent i Tekran 1130. Det ble vist at denudere i felt ikke trengte eksklusjon av flere sykluser etter installering. Dette viser at 15 minutter desorpsjon som ble benyttet for denuder i det gjeldende programmet var tilstrekkelig. Det burde vært et større sammenligningsgrunnlag for å trekke endelig konklusjon grunnet mangel av vurderingsgrunnlag for enkelte av denuderne. Bortsett fra desorpsjonen ble denuderne antatt å være like på forhånd, det samme ble RPFene. Dette for å oppnå et mulig sammenligningsgrunnlag.

Det sees i ettertid at ”Blanking the Denuder in Situ using the Modell 1130” burde vært utført (Tekran 2006b:8-6). Dette innebærer å sende kvikksølvfri luft igjennom denuderen under desorpsjon. Dersom dette hadde blitt gjort kunne en vurdert disse konsentrasjonene. En vurdering ville da vært enklere grunnet konsentrasjonene ved kvikksølvfri luft da burde vært minimale. Ved vurdering av RGM-konsentrasjonene som ble utført i denne oppgaven til dette formålet, finnes det usikkerhet om det er reelle konsentrasjoner i luften som blir detektert eller kontaminering i instrumentet.

Tiden en denuder og RPF ble benyttet varierte. I begynnelsen var det hyppige skift, mens mot sommeren ble en denuder og RPF benyttet på det meste henholdsvis rundt to og tre måneder. I begynnelsen ble det skiftet med intervall på to til tre uker. To uker er det Tekran forsikrer denuderen vil være optimal før den trenger ny ”coating” (del 2.5.1). Anbefalingen er basert på antall desorberinger av denuderen. Ved svekket denuder blir det antatt at RGM ikke festes til KCl, og det blir dermed detektert lavere konsentrasjoner. Detektering av forhøyede RGM-konsentrasjoner med en måned gammel denuder indikerer at RGM kan fortsatt prøvetas på denuderen. Det kan derimot ha påvirket konsentrasjonen av RGM som blir detektert, noe som muligens kan ha en innvirkende faktor på deteksjon av lave verdier. Det sees derfor at anbefalingen til Tekran burde vært fulgt for å få forsikret optimal denuder.

”Sodalime” og pumpeskifte viste ingen endringer, men ble kun utført en gang hver, og mangler dermed vurderingsgrunnlag. I 2003 ble det benyttet flere Tekran 2537A, og det ble testet med og uten ”sodalime”. Der ga instrumentet med ”sodalime” høyere deteksjon av GEM, noe som ikke var forventet (Aspmo et al. 2005a). I denne oppgaven ble det benyttet ”sodalime” hele tiden.





**Figur 3.7.** Endringen av RGM-konsentrasjoner ved perioder uten AMDEs i forhold til denuder og RPF-skifte.

### 3.6 Første GEM-deteksjon i syklus

Ved databehandling av GEM har blant annet Landis et al. (2002) og Aspmo et al. (2005a) ekskludert den første GEM-deteksjonen i en syklus. I denne oppgaven ble det utført en vurdering av nødvendigheten til dette.

Gjennomsnittet for alle 12 GEM-deteksjonene i en syklus ble sammenlignet med gjennomsnittet hvor den første deteksjonen ble ekskludert (11 GEM-deteksjoner). Denne sammenligningen ble utført på sykluser for perioder uten AMDEs. Sammenligningen viste en ekstrem god korrelasjon ( $R^2 = 0,9996$ ) (figur G.1 i vedlegg G). Dersom det er 12 GEM-deteksjoner eller flere i en syklus har det dermed ingen betydning ved inkludering eller ekskludering av den første deteksjonen.

En sammenligning ble utført av den første GEM-deteksjonen mot den andre i syklusene. Den første var i 89 % av syklusene lavere enn den andre (figur G.2 i vedlegg G). Dermed bør det ved mindre enn 12 GEM-deteksjoner i en syklus vurderes om den første deteksjonen kan inkluderes.





## 4 Konklusjon og videre arbeid

I løpet av våren 2007 ble det observert 11 AMDEs på Zeppelin-fjellet, Svalbard. Ved AMDEs økte konsentrasjonene av RGM og PHg fra under deteksjonsgrensen opp til henholdsvis 38 og 47  $\text{pg}/\text{m}^3$ . Dette var forholdsvis lave konsentrasjoner i forhold til tidligere rapportering fra polare områder. Metodens deteksjonsgrense for RGM og PHg ble henholdsvis bestemt til 6,4 og 4,8  $\text{pg}/\text{m}^3$ .

Hovedårsaken til de lave konsentrasjonene av RGM og PHg antas ikke å skyldes instrumentelle svakheter med spesieringsenheten, men andre parametere som vindstyrke og isfri fjord. I løpet av perioden var vindhastigheten lav ( $2,0 \pm 1,3$  m/s), noe som kan ha ført til lave PHg-konsentrasjoner. I tillegg kan sjøismangel på Kongsfjorden ha innvirket på de lave detekterte konsentrasjonene av RGM og PHg grunnet en forholdsvis nærme halogenkilde har da vært fraværende. Andre metrologiske parametere som lufttemperatur, lufttrykk, relativ fuktighet og UV-B stråling antas ikke å ha påvirket de lave konsentrasjonene av RGM og PHg i Ny-Ålesund 2007.

Oppstart av instrumentene etter skifte av denuder og RPF kan medføre detektering av kontaminert luft. Det ble vurdert at ekskludering av en hel syklus etter oppstart av instrumentet bør være tilstrekkelig. Dette gjelder både for denudere desorbert på forhånd, og denudere som blir desorbert i spesieringsenheten. Nærmere undersøkelser bør utføres. Det anbefales å sende kvikksølvfri luft igjennom denuderen ved desorbsjon for å gi en bedre vurdering. Anbefalingen om to ukers bruk av en denuder ble ikke fulgt. Dette kan ha ført til at lavere konsentrasjoner enn reelt ble detektert.

I tillegg til spesieringsvurdering ble utregningsmetoden for GEM vurdert. Det ble konkludert at ved minst 12 GEM-deteksjoner i en syklus kan den første deteksjonen inkluderes. Det må gjøres grundigere undersøkelse for sykluser med mindre enn 12 deteksjoner av GEM.

Lave blindverdier er med på å øke troverdigheten til spesieringsenheten. Utfordringene ligger i uvissheten om hva som bestemmes, og kalibrering av instrumentene. Det trengs datasett for flere år for å danne grunnlag til signifikante vurderinger. Større datagrunnlag blir nå oppnådd med prosjektet Miljø 2015.

I tillegg til større datamateriale kunne det blitt benyttet parallelle spesieringsenheter. Det ville testet repeterbarhet til instrumentene i mellom, og ville gitt et bedre inntrykk av hvor pålitelig



deteksjonene er. Dette alternativet kan være vanskelig å gjennomføre grunnet den store kostnaden et ekstra instrument vil medføre. En mulighet ville vært å ha et ekstra instrument begrenset til en vårkampanje.

Det er klart at mer forskning og videre undersøkelser må gjøres for å sikre påliteligheten til Tekran 1130 og Tekran 1135. Ved å avdekke hva RGM og PHg består av ville det vært enklere å finne en kalibreringsmetode. En kalibreringsmetode ville indikert påliteligheten til instrumentet.



## 5 Litteraturliste

- AMAP, 1997: Arctic pollution issues: state of the Arctic Environment. Arctic Monitoring and Assessment Program, Oslo.
- AMAP, 1998: AMAP Assessment report: Arctic Pollution Issues. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway.
- Ariya P., Dastoor A., Amyot M., Schroeder W., Barrie L., Anlauf K., Raofie F., Ryzhkov A., Davignon D., Lalonde J., & Steffen A., 2004: The Arctic: A sink for mercury, *Tellus B* 56, 5, 397–403.
- Aspmo K., Gauchard P.-A., Steffen A., Temme C., Berg T., Bahlmann E., Banic C., Dommergue A., Ebinghaus R., Ferrari C., Pirrone N., Sprovieri F., Wibetoe G., 2005a: Measurements of atmospheric mercury species during an international study of mercury depletion events at Ny-Ålesund, Svalbard, spring 2003. How reproducible are our present methods?, *Atmospheric Environment* 39, 7607-7619.
- Aspmo K., Steffen A., Berg T., Pirrone N., Sprovieri F., Wibetoe G., 2005b: Simultaneous measurements of total airborne mercury and atmospheric mercury fractions during Polar spring. Manuscript i Speciation of atmospheric mercury in the Arctic, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Oslo, No. 490. ISSN 1501-7710.
- Aspmo K., Temme C., Berg T., Ferrari C., Gauchard P.A., Fain X., Wibetoe G., 2006: Mercury in the Atmosphere, Snow and Melt Water Ponds in the North Atlantic Ocean during Arctic Summer, *Environmental Science & Technology* 40, 4083-4089.
- Berg T., Bartnicki J., Munthe J., Lattila H., Hrehoruk J., Mazur A., 2001: Atmospheric mercury species in the European Arctic: measurements and modelling, *Atmospheric Environment* 35, 2569-2582.
- Berg T., Sekkesæter S., Steinnes E., Valdal A.K., Wibetoe G., 2003a: Springtime depletion of mercury in the European Arctic as observed at Svalbard, *Science of the Total Environment* 304, 43-51.
- Berg T., Sommar J., Wangberg I., Gardfeldt K., Munthe J., Schroeder B., 2003b: Arctic mercury depletion events at two elevations as observed at the Zeppelin Station and Dirigibile Italia, Ny-Alesund, spring 2002, *Journal de physique IV*, 107, 151-154.
- Berg T., Aspmo K., Steinnes E., 2008: Transport og Hg from Atmospheric mercury depletion events to the mainland of Norway and its possible influence on Hg deposition, *Geophysical Research Letters* 35, L09802, doi:10.1029/2008GL033586.
- Cobbett F.D., Steffen A., Lawson G., Van Heyst B.J., 2007: GEM fluxes and atmospheric mercury concentrations (GEM, RGM and Hg<sup>p</sup>) in the Canadian Arctic at Alert, Nunavut, Canada (February-June 2005), *Atmospheric Environment* 41, 6527-6543.
- Ebinghaus R., Kock H.H., Temme C., Einax J.W., Löwe A.G., Richter A., Burrows J.P., Schroeder W.H., 2002: Antarctic Springtime Depletion of Atmospheric Mercury, *Environmental Science & Technology* 36, 1238-1244.



- Ferrara R., Mazzolai B., Lanzillotta E., Nucaro E., Pirrone N., 2000: Temporal trends in gaseous mercury evasion from the Mediterranean seawaters, *Science of the Total Environment* 259, 183-190.
- Gauchard P.A., Aspö K., Temme C., Steffen A., Ferrari C., Berg T., Ström J., Kaleschke L., Dommergue A., Bahlmann E., Magand O., Planchon F., Ebinghaus R., Banic C., Nagorski S., Baussand P., Boutron C., 2005: Study of the origin of atmospheric mercury depletion events recorded in Ny-Ålesund, Svalbard, spring 2003. *Atmospheric Environment* 39, 7620-7632.
- Kirk J.L., St. Louis V.L., Sharp M.J., 2006: Rapid reduction and reemission of mercury deposited into snowpacks during atmospheric mercury depletion events at Churchill, Manitoba, Canada, *Environmental Science and Technology* 40, 7590-7596.
- Landis M.S., Stevens R.K., Schaedlich F., Prestbo E.M., 2002: Development and Characterization of Annular Denuder Methodology for the Measurement of Divalent Inorganic Reactive Gaseous Mercury in Ambient Air, *Environmental Science & Technology* 36, 3000-3009.
- Lindberg S.E., Brooks S.B., Lin C.J., Scott K., Meyers T., Chambers L., Landis M., Stevens R.K., 2001: Formation of reactive gaseous mercury in the Arctic: evidence of oxidation of  $Hg^0$  to gas-phase Hg-II compounds after arctic sunrise, *Water Air and Soil Pollution* 1, 295-302.
- Lindberg S.E., Brooks S., Lin C.-J., Scott K.J., Landis M.S., Stevens R.K., Goodsite M., Richter A., 2002: Dynamic oxidation of gaseous mercury in the Arctic troposphere at polar sunrise, *Environmental Science & Technology* 36, 1245-1256.
- Lindberg S., Bullock R., Ebinghaus R., Engstrom D.R., Feng X., Fitzgerald W.F., Pirrone N., Prestbo E., Seigneur C., 2007: A Synthesis of Progress and Uncertainties in Attributing the Sources of Mercury in Deposition, *Ambio* 36, 1, 19-32.
- Lu J.Y., Schroeder W.H., Barrie L., Steffan A., Welch H., Martin K., Lockhart L., Hunt R., Bolia G., Richter A., 2001: Magnification of atmospheric mercury deposition to polar regions in springtime: the link to tropospheric ozone depletion chemistry, *Geophysical Research Letters* 28, 3219-3222.
- Lu J.Y., Schroeder W.H., 2004: Annual time-series of total filterable atmospheric mercury concentrations in the Arctic, *Tellus* 56B, 213-222.
- Manahan S.E., 2005: *Environmental Chemistry*, 8. utgave, CRC Press, US.
- Martinez-Cortizas A., Pontevedra-Pombal X., Garcia-Rodeja E., Novoa-Munoz J.C., Shotyk W., 1999: Mercury in a Spanish peat bog: Archive of climate change and atmospheric metal deposition, *Science* 284 (5416), 939-942.
- Mason R.P., Sheu G.R., 2002: Role of the ocean in the global mercury cycle, *Global Biogeochemical Cycles* 16 (4), artikkel nummer 1093.





- Munthe J., Wangberg I., Pirrone N., Iverfeldt A., Ferrara R., Ebinghaus R., Feng X., Gardfeldt K., Keeler G., Lanzillotta E., Lindberg S.E., Lu J., Mamane Y., Prestbo E., Schmolke S., Schroeder W.H., Sommar J., Sprovieri F., Stevens R.K., Stratton W., Tuncel G., Urba A., 2001: Intercomparison of methods for sampling and analysis of atmospheric mercury species, *Atmospheric Environment* 35 (17), 3007-3017.
- Oltmans S.J., 1981: Surface ozone measurements in clean air, *Journal of Geophysical Research* 86, 1174–1180.
- Oltmans S.J., Komhyr W., 1986: Surface ozone distributions and variations from 1973 – 1984 measurements at the NOAA Geophysical Monitoring for Climate Change Baseline observatories, *Journal of Geophysical Research* 91, 5229–5236.
- Pacyna E.G., Pacyna J.M., Steenhuisen F., Wilson S., 2006: Global anthropogenic mercury emission inventory for 2000, *Atmospheric Environment* 40, 4048-4063.
- Poissant L., Pilote M., 2003: Time series analysis of atmospheric mercury in Kuujjurarpiq/Whapmagoostui (Quebec), *Journal of Physics IV*, 107 (2), 1079-1082.
- Poissant L., Pilote M., Beauvais C., Constant P., Zhang H.H., 2005: A year of continuous measurements of three atmospheric mercury species (GEM, RGM and Hg-p) in southern Quebec, Canada, *Atmospheric Environment* 39 (7), 1275-1287.
- Rankin A.M., Wolf E.W., Martin S., 2002: Frost flowers: Implications for tropospheric chemistry and ice core interpretation, *Journal of Geophysical Research-Atmospheres* 107, artikkel nummer 4683.
- Schroeder W.H. & Munthe J, 1995: Atmospheric mercury – an overview, *Atmospheric Environment* 32 (5), 809–822.
- Schroeder W.H., Anlauf K.G., Barrie L.A., Lu J.Y., Steffen A., Schneeberger D.R., Berg T., 1998: Arctic springtime depletion of mercury, *Nature*, 394, 331–332.
- Sheu, G.-R., Mason, R.P., 2001. An examination of methods for the measurements of reactive gaseous mercury in the atmosphere. *Environmental Science & Technology* 35, 1209–1216.
- Simpson W.R., von Glasow R., Riedel K., Anderson P., Ariya P., Bottenheim J., Burrows J., Carpenter L.J., Fries U., Goodsite M.E., Heard D., Hutterli M., Jacobi H.W., Kaleschke L., Neff B., Plane J., Platt U., Richter A., Roscoe H., Sander R., Shepson P., Sodeu J., Steffen A., Wagner T., Wolff E., 2007a: Halogens and their role in polar boundary-layer ozone depletion, *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 4375-4418.
- Simpson W.R., Carlson D., Honninger G., Douglas T.A., Sturm M., Perovich D., Platt U., 2007b: First-year sea-ice contact predicts bromine monoxide (BrO) levels at Barrow, Alaska better than potential frost flower contact, *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 621-627.
- Skov H., Christensen J.H., Heidam N.Z., Jensen B., Wahlin P., Geernaert G., 2004: Fate of elemental mercury in the Arctic during atmospheric depletion episodes and the load of atmospheric mercury to the Arctic, *Environmental Science & Technology* 38, 2373-2382.



- Slemr F., Brunke E.-G., Ebinghaus R., Temme C., Munthe J., Wängberg I., Schroeder W., Steffen A., Berg T., 2003: Worldwide trend of atmospheric mercury since 1977, *Geophysical Research Letters* 30, Art. No. 1516.
- Sommar J., Feng X.B., Gardfeldt K., Lindqvist O., 1999: Measurements of fractionated gaseous mercury concentrations over northwestern and central Europe, 1995-99, *Journal of Environmental Monitoring* 1 (5), 435-439.
- Sommar J., Wängberg I., Berg T., Gardfeldt K., Munthe J., Richter A., Urba A., Wittrock F., Schroeder W.H., 2007: Circumpolar transport and air-surface exchange of atmospheric mercury at Ny-Alesund (79 degrees N), Svalbard, spring 2002. *Journal of Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 151-166.
- Sprovieri F., Pirrone N., Hedgecock I.M., Landis M.S., Stevens R.K., 2002: Intensive atmospheric mercury measurements at Terra Nova Bay in Antarctica during November and December 2000, *Journal of geophysical research*, vol. 107, no. D23, 4722, doi:10.1029/2002JD002057
- Sprovieri F., Pirrone N., Landis M.S., Stevens R.K., 2005a: Oxidation of gaseous elemental mercury to gaseous divalent mercury during 2003 polar sunrise at Ny-Alesund, *Environmental Science & Technology* 39, 9156-9165.
- Sprovieri F., Pirrone N., Landis M.S., Stevens R.K., 2005b: Atmospheric mercury behaviour at different altitudes at Ny Alesund during Spring 2003, *Atmospheric Environment* 39, 7646-7656.
- Steffen A., Schroeder W.H., Bottenheim J., Narayan J., Fuentes J.D., 2002: Atmospheric mercury concentrations: measurements and profiles near snow and ice surfaces in the Canadian Arctic during Alert 2000, *Atmospheric Environment* 36, 2653-2661.
- Steffen A., Schroeder W.H., Edwards G., Banic C., 2003: Mercury throughout polar sunrise 2002, *Journal de physique IV*, 107, 1267-1270, Part 2.
- Steffen A., Schroeder W.H., Poissant L., MacDonald R., CACAR 2003: "Mercury in the Arctic Atmosphere". Sources, Occurrence, Trends and pathways in the Physical Environment. Northern Contaminants Program Canadian Arctic Contaminants Assessment Report II. Printed under the authority of the Minister of Indian Affairs and Northern Development. Ottawa.
- Steffen A., Schroeder W.H., Macdonald R., Poissant L. and Konoplev A., 2005: Mercury in the arctic atmosphere: an analysis of eight years of measurements of GEM at Alert (Canada) and a comparison with observations at Amderma (Russia) and Kuujjuarapik (Canada), *Science of the Total Environment* 342, 185-198.
- Steffen A., Douglas T., Amyot M., Ariya P., Aspmo K., Berg T., Bottenheim J., Brooks S., Cobbett F., Dastoor A., Dommergue A., Ebinghaus R., Ferrari C., Gardfeldt K., Goodsite M.E., Lean D., Poulain A.J., Scherz C., Skov H., Sommar J., Temme C., 2008: A synthesis of atmospheric mercury depletion event chemistry in the atmosphere and snow, *Atmospheric Chemistry and Physics* 8, 1445-1482.



- Stumm W. & Morgan J.J., 1996: Aquatic Chemistry – Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters, 3. utgave, Wiley-Interscience, U.S.
- Tackett P.J., Cavender A., Shepson P.B., Bottenheim J.W., Morin S., Deary J., Steffen A., 2007: A Study of the vertical scale of halogen chemistry in the Arctic troposphere during polar sunrise at Barrow, Journal of Geophysical Research-Atmospheres ak 112, D07306.
- Tekran Instruments Corporation, 2006a: Model 2537A: Ambient Mercury Vapour Analyzer. Rev. 3.01, Toronto, Canada.
- Tekran Instruments Corporation, 2006b: Model 1130: Mercury Speciation Unit. User Manual. Rev. 2.02, Toronto, Canada.
- Tekran Instruments Corporation, 2006c: Model 1135: Particulate Mercury Unit. User Manual. Rev. 1.12, Toronto, Canada.
- Temme C., Ebinghaus R., Einax J., Schroeder W.H., 2003: Measurements of Atmospheric Mercury Species at a Coastal Site in the Antarctic and over the South Atlantic Ocean during Polar Summer, Environmental Science & Technology 37, 22-31.
- Wheatley B. & Wheatley M.A., 2000: Methylmercury and the health of indigenous peoples: a risk management challenge for physical and social sciences and for public health policy, The Science of the Total Environment 259, 23-29.
- Zhu W. Z., Fu X.W., Feng X. B., Lu J.Y., 2008: Annual time-series analyses of total gaseous mercury measurement and its impact factors on the Gongga mountains in the southeastern fringe of the Qinghai-Tibetan plateau, Journal of Mountain Science 5 (1), 17-31.

## Personlige meddelelser

- Berg T., 2008: Personlig kommunikasjon, Trondheim, mai 2008.
- Richter A., 2008: E-post korrespondanse, 30. mai 2008.
- Steffen A., 2008: E-post korrespondanse, 26. mai 2008.

## Internett sider

- NILU (2008), *Flextra – Air mass trajectories*, <<http://www.nilu.no/trajectories/>>, sist besøkt 01.06.08.
- TEKRAN (2008), Tekran Instruments Corporation, <http://www.tekran.com/>>, sist besøkt 01.06.08.
- Universität Bremen (2008), *SCIAMACHY DOAS nadir data browser*, <[http://www.iup.uni-bremen.de/doas/scia\\_data\\_browser.htm?gas=bro&view=nhl&yea](http://www.iup.uni-bremen.de/doas/scia_data_browser.htm?gas=bro&view=nhl&yea)>, sist besøkt 01.06.08.



---

## Vedlegg

Vedlegg A: Utrekningseksempel av GEM, RGM og PHg.....	I
Vedlegg B: Utstyr og kjemikalier .....	II
Vedlegg C: Beregnete data .....	III
Vedlegg D: Korrelasjon mellom GEM og ozon.....	IX
Vedlegg E: Meteorologiske data .....	X
Vedlegg F: Trajektorier og BrO-kart .....	XVIII
Vedlegg G: Inkludering versus ekskludering av første GEM-deteksjon i en syklus .....	XXII
Vedlegg H: Bilder fra Ny-Ålesund våren 2007 .....	XXIII





## Vedlegg A: Utregningseksempel av GEM, RGM og PHg

Dato og tid	Felle	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	Kvikksølvfri luft (pg/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )
24.04.2007 03:15	A	0,316			
24.04.2007 03:20	B	0,322			
24.04.2007 03:25	A	0,315			
24.04.2007 03:30	B	0,291			
24.04.2007 03:35	A	0,313			
24.04.2007 03:40	B	0,293			
24.04.2007 03:45	A	0,288			
24.04.2007 03:50	B	0,288			
24.04.2007 03:55	A	0,318			
24.04.2007 04:00	B	0,267			
24.04.2007 04:05	A	0,292			
24.04.2007 04:10	B	0,283			
24.04.2007 04:15	A		3,428		
24.04.2007 04:20	B		0,533		
24.04.2007 04:25	A		0,472		
24.04.2007 04:30	B			1,103	
24.04.2007 04:35	A			25,627	
24.04.2007 04:40	B			1,874	
24.04.2007 04:45	A			0,699	
24.04.2007 04:50	B				12,902
24.04.2007 04:55	A				0,926
24.04.2007 05:00	B				0,817
24.04.2007 05:05	A		0,707		
24.04.2007 05:10	B		0,323		

GEM ble beregnet fra gjennomsnittet til alle deteksjonene i syklusen utenom den første.

Oppvarming av RPF (pyrolyser og partikkelfilter). Ved den første deteksjonen var ikke partikkelfilteret oppvarmet. For å finne totalt PHg i syklusen ble de fire verdiene addert, og blindverdien ble subtrahert fire ganger.

RGM ble regnet ut ved å addere de tre deteksjonene og subtrahere blindverdien tre ganger.

Gjennomsnittet av de to siste deteksjonene med kvikksølvfri luft er blindverdien.



## Vedlegg B: Utstyr og kjemikalier

**Tabell B.1.** Utstyr benyttet til coating av denuder og partikkelskifte av RPF.

Type	Spesifikasjon	Fabrikk	Formål
Begerglass	100 mL, Borosilicate glass 3,3	VWR	Coating
Denuder refill cap		Tekran P/N:30-13140-00	Coating
Gummislange	45 cm. lang		Coating
Kvartsfiberplate	0,1 µm	Tekran P/N:90-13500-10	RPF
Kvartsull		Tekran P/N:90-13510-00	RPF
Generator for kvikksølvfri luft	ca. luftutblåsning 1 L/m	Tekran 1100	Coating
Metallstang	bøy i enden	Tekran P/N:30-13540-00	RPF
Ovn for denuder	Modell nummer: TF55035C-1	Lindberg/Blue M	Coating
Vacuumpumpe	håndstyrt	Tekran P/N:30-13145-00	Coating
Varmeplate	laget av Ceran®, temperatur regulering 50-300 °C, effekt 1800W	Gerätewerk Matri	Coating

**Tabell B.2.** Kjemikalier benyttet til coating av denuder og partikkelskifte av RPF.

Kjemikalium	Spesifikasjon	Fabrikk	Formål
Demineralisert vann	Milli-Q>18,2MΩcm	Millipore	Vasking, coating, fortynning
Kaliumklorid, KCl	Suprapure, >99,999 %	Merck	Coating
Metanol	Pro Analysi	Merck	Coating



## Vedlegg C: Beregnete data

Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )	Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )
17.04.2007 11:05	0,669	17,005	0,504	22.04.2007 04:20	0,920	n/a	9,736	0,541
17.04.2007 13:45	0,671	18,702	0,612	22.04.2007 06:20	0,890	n/a	10,051	0,505
17.04.2007 15:45	0,674	16,242	0,670	22.04.2007 08:20	0,946	n/a	12,018	0,549
17.04.2007 17:45	0,649	19,126	0,580	22.04.2007 10:20	1,038	n/a	11,963	0,718
17.04.2007 19:45	0,690	15,242	0,518	22.04.2007 12:20	1,079	n/a	10,927	0,646
17.04.2007 21:45	0,748	16,996	0,487	22.04.2007 15:00	1,017	n/a	9,841	0,511
17.04.2007 23:45	0,699	15,862	0,433	22.04.2007 17:00	1,062	n/a	18,134	0,305
18.04.2007 01:45	0,655	12,532	0,424	22.04.2007 19:00	<MDL	n/a	33,377	0,185
18.04.2007 03:45	0,722	12,099	0,455	22.04.2007 21:00	0,375	n/a	29,229	0,329
18.04.2007 05:45	1,034	21,296	0,661	22.04.2007 23:00	0,845	n/a	13,244	0,404
18.04.2007 07:45	1,118	22,456	0,652	23.04.2007 03:00	1,149	n/a	11,472	0,506
18.04.2007 09:45	0,415	24,979	0,379	23.04.2007 05:00	1,235	n/a	13,737	0,651
18.04.2007 11:45	<MDL	27,251	0,402	23.04.2007 07:00	1,236	n/a	14,087	0,755
18.04.2007 14:25	0,392	28,774	0,379	23.04.2007 09:00	1,348	n/a	19,860	0,767
18.04.2007 16:25	0,557	32,787	0,473	23.04.2007 11:00	1,261	n/a	15,919	0,680
18.04.2007 18:25	0,465	26,711	0,353	23.04.2007 13:00	1,140	n/a	18,545	0,619
18.04.2007 20:25	<MDL	20,255	0,138	23.04.2007 23:10	0,345	31,602	16,096	0,215
18.04.2007 22:25	<MDL	12,090	0,080	24.04.2007 03:10	<MDL	26,505	12,043	0,276
19.04.2007 00:25	<MDL	10,666	0,138	24.04.2007 05:10	<MDL	27,243	13,101	0,515
19.04.2007 02:25	<MDL	7,183	0,067	24.04.2007 07:10	<MDL	46,587	15,541	0,596
19.04.2007 04:25	<MDL	8,750	0,000	24.04.2007 09:10	0,379	35,159	21,107	0,634
19.04.2007 06:25	<MDL	10,550	0,228	24.04.2007 11:10	0,449	38,935	23,358	0,634
19.04.2007 08:25	<MDL	11,242	0,491	24.04.2007 13:10	0,385	45,086	29,644	0,711
19.04.2007 10:25	<MDL	12,251	0,321	24.04.2007 15:10	0,425	42,201	34,726	0,946
19.04.2007 12:25	<MDL	9,929	0,223	24.04.2007 17:10	0,751	13,931	21,338	0,940
19.04.2007 15:05	<MDL	11,893	0,196	24.04.2007 19:10	0,643	37,874	20,243	0,743
19.04.2007 17:05	<MDL	11,108	0,286	24.04.2007 21:55	0,859	17,133	17,535	1,210
19.04.2007 19:05	<MDL	8,366	0,473	25.04.2007 01:55	1,411	7,234	12,402	1,336
19.04.2007 21:05	<MDL	7,371	0,147	25.04.2007 03:55	1,561	<MDL	8,772	1,543
19.04.2007 23:05	0,359	6,786	0,152	25.04.2007 05:55	1,685	<MDL	10,184	1,743
20.04.2007 01:05	<MDL	7,063	0,268	25.04.2007 10:10	1,852	<MDL	16,618	2,578
20.04.2007 03:05	<MDL	8,420	0,214	25.04.2007 12:10	1,882	<MDL	11,628	2,632
20.04.2007 05:05	<MDL	10,679	0,429	25.04.2007 14:10	1,866	<MDL	12,169	2,609
20.04.2007 07:05	0,676	11,496	0,344	25.04.2007 16:10	1,737	<MDL	12,903	2,583
20.04.2007 09:05	0,592	10,969	0,469	25.04.2007 18:10	1,641	5,036	14,444	2,139
20.04.2007 16:05	0,633	22,358	0,527	25.04.2007 20:10	1,307	11,818	15,079	1,728
20.04.2007 18:05	0,562	18,715	0,589	25.04.2007 22:10	0,947	16,769	15,965	1,350
20.04.2007 20:05	0,592	14,563	0,616	26.04.2007 02:10	0,776	26,204	16,460	1,145
20.04.2007 22:05	0,459	13,085	0,344	26.04.2007 04:10	0,869	19,869	15,955	1,488
21.04.2007 02:05	<MDL	15,246	0,147	26.04.2007 06:10	1,044	16,079	13,610	1,757
21.04.2007 04:05	<MDL	17,961	0,326	26.04.2007 18:05	0,931	39,799	20,430	0,600
21.04.2007 06:05	<MDL	22,104	0,451	26.04.2007 20:05	0,885	38,368	15,523	0,645
21.04.2007 08:05	0,354	23,425	0,603	26.04.2007 22:05	1,049	30,969	17,205	0,801
21.04.2007 14:20	0,888	37,852	0,696	27.04.2007 00:05	1,165	25,283	13,688	0,512
21.04.2007 16:20	0,753	34,056	0,446	27.04.2007 02:05	0,997	38,096	13,704	0,634
21.04.2007 18:20	0,651	35,587	0,412	27.04.2007 04:05	1,090	15,438	15,759	0,594
21.04.2007 20:20	0,739	24,733	0,387	27.04.2007 06:05	1,064	12,660	14,515	0,616
21.04.2007 22:20	0,846	16,956	0,464	27.04.2007 08:05	0,953	13,365	15,497	0,660
22.04.2007 00:20	0,990	13,157	0,642	27.04.2007 10:05	0,841	12,345	20,376	0,523
22.04.2007 02:20	0,973	9,969	0,449	27.04.2007 12:05	0,791	12,252	22,744	0,573
				27.04.2007 14:05	0,845	15,163	22,984	0,479
				27.04.2007 16:05	0,766	26,437	25,658	0,468
				27.04.2007 18:45	0,732	36,517	21,359	0,497
				27.04.2007 20:45	0,877	10,372	16,172	0,594



Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )	Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )
27.04.2007 22:45	1,070	10,600	13,646	0,618	04.05.2007 00:50	1,378	<MDL	<MDL	0,000
28.04.2007 00:45	1,061	7,783	9,368	0,690	04.05.2007 02:50	1,258	<MDL	<MDL	0,000
28.04.2007 02:45	1,082	10,690	7,206	0,724	04.05.2007 04:50	1,014	<MDL	<MDL	0,000
28.04.2007 04:45	1,119	9,518	7,266	0,664	04.05.2007 06:50	1,030	<MDL	<MDL	0,056
28.04.2007 06:45	1,234	8,931	6,952	0,760	04.05.2007 10:50	1,037	<MDL	11,296	0,088
28.04.2007 08:45	1,306	8,349	7,856	0,836	04.05.2007 12:50	0,562	7,695	18,375	0,000
28.04.2007 10:45	1,345	8,756	9,596	0,869	04.05.2007 14:50	0,705	6,872	10,452	0,000
28.04.2007 12:45	1,345	9,561	8,179	0,939	04.05.2007 16:50	0,871	<MDL	6,927	0,000
28.04.2007 14:45	1,371	11,347	9,171	0,963	04.05.2007 18:50	1,025	<MDL	6,987	0,000
28.04.2007 16:45	1,487	8,792	8,882	0,868	04.05.2007 20:50	1,068	<MDL	6,998	0,000
28.04.2007 18:45	1,603	6,468	8,446	1,011	04.05.2007 23:30	1,160	<MDL	8,616	0,000
28.04.2007 21:25	1,649	5,110	8,880	0,896	05.05.2007 03:30	1,354	<MDL	10,008	0,000
28.04.2007 23:25	1,613	4,829	7,473	1,014	05.05.2007 05:30	1,380	<MDL	13,126	0,000
29.04.2007 03:25	1,427	6,578	<MDL	0,804	05.05.2007 07:30	1,410	<MDL	9,951	0,000
29.04.2007 05:25	1,387	7,774	<MDL	0,814	05.05.2007 09:30	1,440	<MDL	11,383	0,076
29.04.2007 07:25	1,528	5,974	7,345	0,919	05.05.2007 11:30	1,462	<MDL	10,518	0,039
29.04.2007 09:25	1,504	6,087	<MDL	1,066	05.05.2007 13:30	1,437	<MDL	9,575	0,000
29.04.2007 11:25	1,650	<MDL	<MDL	1,019	05.05.2007 15:30	1,447	<MDL	8,052	0,000
30.04.2007 11:35	1,606	<MDL	<MDL	1,728	05.05.2007 17:30	1,399	<MDL	<MDL	0,000
30.04.2007 14:40	1,676	<MDL	<MDL	1,763	05.05.2007 19:30	1,421	<MDL	<MDL	0,059
30.04.2007 16:40	1,656	<MDL	<MDL	1,748	05.05.2007 21:30	1,412	<MDL	<MDL	0,000
30.04.2007 18:40	1,616	<MDL	<MDL	1,722	05.05.2007 23:25	1,445	<MDL	<MDL	0,052
30.04.2007 20:40	1,627	<MDL	<MDL	1,739	06.05.2007 02:10	1,455	<MDL	<MDL	0,000
30.04.2007 23:20	1,050	<MDL	<MDL	1,170	06.05.2007 04:10	1,455	<MDL	<MDL	0,000
01.05.2007 03:20	1,065	<MDL	<MDL	0,954	06.05.2007 06:10	1,453	<MDL	<MDL	0,000
01.05.2007 05:20	0,690	<MDL	<MDL	0,672	06.05.2007 08:10	1,426	<MDL	<MDL	0,061
01.05.2007 07:20	0,705	<MDL	8,567	1,179	06.05.2007 10:10	1,524	<MDL	<MDL	0,000
01.05.2007 09:20	0,974	<MDL	8,930	1,103	06.05.2007 12:10	1,556	<MDL	<MDL	0,000
01.05.2007 15:30	1,887	<MDL	<MDL	0,366	06.05.2007 14:10	1,562	<MDL	<MDL	0,000
01.05.2007 17:30	1,502	<MDL	<MDL	0,000	06.05.2007 16:10	1,540	<MDL	<MDL	0,000
01.05.2007 19:30	1,407	<MDL	<MDL	0,000	06.05.2007 18:10	1,573	<MDL	<MDL	0,000
01.05.2007 21:30	1,249	<MDL	<MDL	0,000	06.05.2007 20:10	1,540	<MDL	<MDL	0,067
01.05.2007 23:30	1,261	<MDL	<MDL	0,000	06.05.2007 22:10	1,477	<MDL	<MDL	0,000
02.05.2007 03:30	1,247	<MDL	<MDL	0,087	07.05.2007 00:10	1,460	<MDL	<MDL	0,000
02.05.2007 05:30	1,347	<MDL	<MDL	0,065	07.05.2007 02:10	1,487	<MDL	<MDL	0,000
02.05.2007 07:30	1,304	<MDL	<MDL	0,080	07.05.2007 04:50	1,489	<MDL	<MDL	0,000
02.05.2007 09:30	1,313	<MDL	<MDL	0,110	07.05.2007 06:50	1,426	<MDL	<MDL	0,047
02.05.2007 11:30	1,413	<MDL	<MDL	0,000	07.05.2007 08:50	1,366	<MDL	<MDL	0,000
02.05.2007 13:30	1,442	<MDL	<MDL	0,000	07.05.2007 10:50	1,406	<MDL	<MDL	0,000
02.05.2007 15:30	1,379	<MDL	<MDL	0,107	07.05.2007 12:50	1,315	<MDL	6,656	0,000
02.05.2007 18:10	1,398	<MDL	<MDL	0,104	07.05.2007 14:50	1,140	<MDL	8,543	0,000
02.05.2007 20:10	1,397	<MDL	<MDL	0,000	07.05.2007 16:50	1,046	<MDL	7,987	0,000
02.05.2007 22:10	1,417	<MDL	<MDL	0,000	07.05.2007 18:50	1,091	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 02:10	1,476	<MDL	<MDL	0,000	07.05.2007 20:50	0,976	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 04:10	1,442	<MDL	<MDL	0,000	07.05.2007 22:50	0,955	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 06:10	1,407	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 00:50	0,820	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 08:10	1,403	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 02:50	0,877	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 10:10	1,467	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 04:50	0,878	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 12:10	1,551	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 07:30	0,995	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 14:10	1,455	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 09:30	0,985	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 16:10	1,414	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 11:30	1,054	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 18:10	1,403	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 13:30	1,044	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 20:50	1,412	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 15:30	1,027	<MDL	<MDL	0,000
03.05.2007 22:50	1,395	<MDL	<MDL	0,000	08.05.2007 17:30	1,110	<MDL	<MDL	0,000





Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )	Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )
08.05.2007 19:30	1,107	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 01:05	1,677	<MDL	<MDL	0,250
08.05.2007 21:30	1,075	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 03:05	1,675	<MDL	<MDL	0,191
08.05.2007 23:30	1,112	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 05:05	1,644	<MDL	<MDL	0,249
09.05.2007 03:30	1,140	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 07:05	1,619	<MDL	<MDL	0,173
09.05.2007 05:30	1,192	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 09:05	1,603	<MDL	<MDL	0,144
09.05.2007 07:30	1,281	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 11:05	1,595	<MDL	<MDL	0,128
09.05.2007 10:10	1,231	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 13:05	1,589	<MDL	<MDL	0,146
09.05.2007 12:10	1,282	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 15:05	1,560	<MDL	<MDL	0,168
09.05.2007 14:10	1,332	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 17:05	1,517	<MDL	<MDL	0,000
09.05.2007 16:10	1,361	<MDL	<MDL	0,000	14.05.2007 19:05	1,504	<MDL	<MDL	0,128
09.05.2007 22:20	1,524	<MDL	<MDL	0,820	14.05.2007 21:05	1,596	<MDL	<MDL	0,131
10.05.2007 00:20	1,477	n/a	<MDL	0,498	15.05.2007 01:45	1,622	<MDL	<MDL	0,086
10.05.2007 04:20	1,422	<MDL	<MDL	0,244	15.05.2007 03:45	1,607	<MDL	<MDL	0,153
10.05.2007 06:20	1,417	<MDL	<MDL	0,235	15.05.2007 05:45	1,539	<MDL	<MDL	0,098
10.05.2007 08:20	1,377	<MDL	<MDL	0,245	15.05.2007 07:45	1,530	<MDL	<MDL	0,129
10.05.2007 10:20	1,320	<MDL	<MDL	0,184	15.05.2007 09:45	1,542	<MDL	<MDL	0,034
10.05.2007 12:20	1,369	<MDL	<MDL	0,114	15.05.2007 11:45	1,562	<MDL	<MDL	0,000
10.05.2007 15:05	1,413	<MDL	<MDL	0,132	15.05.2007 13:45	1,548	<MDL	<MDL	0,000
10.05.2007 17:05	1,358	<MDL	<MDL	0,123	15.05.2007 15:45	1,548	<MDL	<MDL	0,082
10.05.2007 19:05	1,343	<MDL	<MDL	0,113	15.05.2007 17:45	1,563	<MDL	<MDL	0,000
10.05.2007 21:05	1,343	<MDL	<MDL	0,116	15.05.2007 19:45	1,588	<MDL	<MDL	0,162
11.05.2007 01:05	1,301	<MDL	<MDL	0,140	15.05.2007 21:45	1,556	<MDL	<MDL	0,162
11.05.2007 03:05	1,302	<MDL	<MDL	0,119	15.05.2007 23:45	1,566	<MDL	<MDL	0,107
11.05.2007 05:05	1,266	<MDL	<MDL	0,120	16.05.2007 01:45	1,565	<MDL	<MDL	0,131
11.05.2007 07:05	1,223	<MDL	<MDL	0,105	16.05.2007 04:25	1,553	<MDL	<MDL	0,150
11.05.2007 09:05	1,223	<MDL	<MDL	0,130	16.05.2007 06:25	1,562	<MDL	<MDL	0,123
11.05.2007 11:05	1,350	<MDL	<MDL	0,180	16.05.2007 08:25	1,546	<MDL	<MDL	0,105
11.05.2007 13:05	1,408	<MDL	<MDL	0,158	16.05.2007 10:25	1,540	<MDL	<MDL	0,188
11.05.2007 15:05	1,512	<MDL	<MDL	0,175	16.05.2007 12:25	1,566	<MDL	<MDL	0,186
11.05.2007 17:45	1,551	<MDL	<MDL	0,203	16.05.2007 14:25	1,537	<MDL	<MDL	0,166
11.05.2007 19:45	1,595	<MDL	<MDL	0,158	16.05.2007 16:25	1,568	<MDL	<MDL	0,192
11.05.2007 21:45	1,624	<MDL	<MDL	0,234	16.05.2007 18:25	1,544	<MDL	<MDL	0,150
11.05.2007 23:45	1,615	<MDL	<MDL	0,104	16.05.2007 20:25	1,560	<MDL	<MDL	0,208
12.05.2007 01:45	1,614	<MDL	<MDL	0,253	16.05.2007 22:25	1,551	<MDL	<MDL	0,149
12.05.2007 03:45	1,601	<MDL	<MDL	0,174	17.05.2007 02:25	1,561	<MDL	<MDL	0,125
12.05.2007 05:45	1,595	<MDL	<MDL	0,308	17.05.2007 04:25	1,628	<MDL	<MDL	0,134
12.05.2007 07:45	1,635	<MDL	<MDL	0,304	17.05.2007 07:05	1,551	<MDL	<MDL	0,143
12.05.2007 09:45	1,635	<MDL	<MDL	0,279	17.05.2007 09:05	1,536	<MDL	<MDL	0,145
12.05.2007 11:45	1,612	<MDL	<MDL	0,183	17.05.2007 11:05	1,496	<MDL	<MDL	0,137
12.05.2007 13:45	1,629	<MDL	<MDL	0,185	17.05.2007 13:05	1,419	<MDL	<MDL	0,000
12.05.2007 15:45	1,615	<MDL	<MDL	0,178	17.05.2007 15:05	1,307	<MDL	<MDL	0,105
12.05.2007 17:45	1,626	<MDL	<MDL	0,149	17.05.2007 17:05	1,317	<MDL	<MDL	0,097
12.05.2007 20:25	1,636	<MDL	<MDL	0,189	17.05.2007 19:05	1,267	<MDL	<MDL	0,112
12.05.2007 22:25	1,620	<MDL	<MDL	0,197	17.05.2007 21:05	1,383	<MDL	<MDL	0,104
13.05.2007 02:25	1,655	<MDL	<MDL	0,161	18.05.2007 01:05	1,495	<MDL	<MDL	0,000
13.05.2007 04:25	1,709	<MDL	<MDL	0,169	18.05.2007 03:05	1,495	<MDL	<MDL	0,117
13.05.2007 06:25	1,708	<MDL	<MDL	0,124	18.05.2007 05:05	1,502	<MDL	<MDL	0,142
13.05.2007 08:25	1,736	<MDL	<MDL	0,212	18.05.2007 07:05	1,450	<MDL	<MDL	0,000
13.05.2007 10:25	1,679	<MDL	<MDL	0,191	18.05.2007 09:40	1,497	<MDL	<MDL	0,142
13.05.2007 12:25	1,766	<MDL	<MDL	0,153	18.05.2007 11:40	1,493	<MDL	<MDL	0,000
13.05.2007 14:25	1,746	<MDL	<MDL	0,144	18.05.2007 13:40	1,535	<MDL	<MDL	0,135
13.05.2007 16:25	1,731	<MDL	<MDL	0,151	18.05.2007 15:40	1,528	<MDL	<MDL	0,098
13.05.2007 18:25	1,725	<MDL	<MDL	0,127	18.05.2007 17:40	1,556	<MDL	<MDL	0,126
13.05.2007 20:25	1,738	<MDL	<MDL	0,142	18.05.2007 19:40	1,523	<MDL	<MDL	0,122



Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )	Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )
18.05.2007 21:40	1,543	<MDL	<MDL	0,162	23.05.2007 16:25	1,594	<MDL	<MDL	0,000
18.05.2007 23:40	1,561	<MDL	<MDL	0,126	23.05.2007 18:25	1,584	<MDL	<MDL	0,144
19.05.2007 01:40	1,577	<MDL	<MDL	0,120	23.05.2007 20:25	1,570	<MDL	<MDL	0,099
19.05.2007 03:40	1,573	<MDL	<MDL	0,110	24.05.2007 01:05	1,570	<MDL	<MDL	0,000
19.05.2007 05:40	1,551	<MDL	<MDL	0,123	24.05.2007 03:05	1,572	<MDL	<MDL	0,130
19.05.2007 07:40	1,569	<MDL	<MDL	0,147	24.05.2007 05:05	1,545	<MDL	<MDL	0,143
19.05.2007 09:40	1,567	<MDL	<MDL	0,151	24.05.2007 07:05	1,434	<MDL	8,546	0,100
19.05.2007 12:25	1,577	<MDL	<MDL	0,145	24.05.2007 09:05	1,247	<MDL	8,208	0,100
19.05.2007 14:25	1,606	<MDL	<MDL	0,141	24.05.2007 11:05	1,255	<MDL	8,313	0,000
19.05.2007 16:25	1,564	<MDL	<MDL	0,027	24.05.2007 13:05	1,232	<MDL	8,176	0,000
19.05.2007 18:25	1,589	<MDL	<MDL	0,088	24.05.2007 15:05	1,225	<MDL	11,026	0,070
19.05.2007 20:25	1,599	<MDL	<MDL	0,142	24.05.2007 17:05	1,231	<MDL	13,055	0,081
19.05.2007 22:25	1,608	<MDL	<MDL	0,145	24.05.2007 19:05	1,260	<MDL	11,773	0,090
20.05.2007 02:25	1,617	<MDL	<MDL	0,098	24.05.2007 21:05	1,223	<MDL	13,036	0,076
20.05.2007 04:25	1,608	<MDL	<MDL	0,000	25.05.2007 01:45	1,474	<MDL	14,624	0,151
20.05.2007 06:25	1,609	<MDL	<MDL	0,147	25.05.2007 03:45	1,474	<MDL	16,822	0,131
20.05.2007 08:25	1,600	<MDL	<MDL	0,175	25.05.2007 05:45	1,464	<MDL	17,246	0,150
20.05.2007 10:25	1,561	<MDL	<MDL	0,159	25.05.2007 07:45	1,438	<MDL	17,958	0,000
20.05.2007 12:25	1,570	<MDL	<MDL	0,149	25.05.2007 13:35	1,716	<MDL	20,252	2,242
20.05.2007 15:05	1,576	<MDL	<MDL	0,122	25.05.2007 15:35	1,762	<MDL	13,083	2,151
20.05.2007 17:05	1,562	<MDL	<MDL	0,000	25.05.2007 17:35	1,760	<MDL	9,366	2,495
20.05.2007 19:05	1,576	<MDL	<MDL	0,168	25.05.2007 19:35	1,776	<MDL	14,885	2,717
20.05.2007 21:05	1,608	<MDL	<MDL	0,179	25.05.2007 21:35	1,725	<MDL	12,827	2,403
20.05.2007 23:05	1,611	<MDL	<MDL	0,157	25.05.2007 23:35	1,692	n/a	<MDL	1,903
21.05.2007 01:05	1,561	<MDL	<MDL	0,140	26.05.2007 01:35	1,378	<MDL	<MDL	1,670
21.05.2007 03:05	1,632	<MDL	<MDL	0,135	26.05.2007 03:35	1,108	<MDL	<MDL	1,040
21.05.2007 05:05	1,614	<MDL	<MDL	0,200	26.05.2007 05:35	1,020	<MDL	<MDL	1,245
21.05.2007 07:05	1,655	<MDL	<MDL	0,101	26.05.2007 07:35	0,867	<MDL	<MDL	1,071
21.05.2007 09:05	1,643	<MDL	<MDL	0,134	26.05.2007 09:35	0,754	<MDL	<MDL	1,061
21.05.2007 11:05	1,615	<MDL	<MDL	0,167	26.05.2007 11:35	0,786	<MDL	<MDL	1,007
21.05.2007 13:05	1,639	<MDL	<MDL	0,141	26.05.2007 14:20	0,595	<MDL	<MDL	0,883
21.05.2007 15:05	1,634	<MDL	<MDL	0,000	26.05.2007 16:20	0,602	<MDL	<MDL	0,856
21.05.2007 17:45	1,601	<MDL	<MDL	0,178	26.05.2007 18:20	0,661	<MDL	<MDL	0,748
21.05.2007 19:45	1,625	<MDL	<MDL	0,137	26.05.2007 20:20	0,675	<MDL	<MDL	0,787
21.05.2007 21:45	1,632	<MDL	<MDL	0,126	26.05.2007 22:20	0,613	<MDL	<MDL	0,679
21.05.2007 23:45	1,638	<MDL	<MDL	0,226	27.05.2007 02:20	0,615	<MDL	<MDL	0,934
22.05.2007 01:45	1,670	<MDL	<MDL	0,119	27.05.2007 04:20	0,729	<MDL	6,949	1,160
22.05.2007 03:45	1,636	<MDL	<MDL	0,136	27.05.2007 06:20	0,793	<MDL	8,545	1,002
22.05.2007 05:45	1,632	<MDL	<MDL	0,104	27.05.2007 08:20	0,696	<MDL	8,643	0,989
22.05.2007 07:45	1,640	<MDL	<MDL	0,060	27.05.2007 10:20	0,636	5,435	10,481	0,993
22.05.2007 09:45	1,633	<MDL	<MDL	0,114	28.05.2007 11:15	0,486	6,243	23,569	0,092
22.05.2007 11:45	1,628	<MDL	<MDL	0,118	28.05.2007 13:15	0,568	5,332	26,126	0,132
22.05.2007 13:45	1,626	<MDL	<MDL	0,162	28.05.2007 15:15	0,638	<MDL	26,341	0,137
22.05.2007 15:45	1,639	<MDL	<MDL	0,148	28.05.2007 17:15	0,780	<MDL	24,185	0,143
22.05.2007 17:45	1,625	<MDL	<MDL	0,136	28.05.2007 19:15	0,701	<MDL	23,473	0,132
22.05.2007 20:25	1,640	<MDL	<MDL	0,113	28.05.2007 21:15	0,567	<MDL	18,675	0,000
22.05.2007 22:25	1,624	<MDL	<MDL	0,000	29.05.2007 02:00	0,607	<MDL	12,809	0,086
23.05.2007 02:25	1,611	<MDL	<MDL	0,078	29.05.2007 04:00	0,912	<MDL	12,031	0,150
23.05.2007 04:25	1,603	<MDL	<MDL	0,116	29.05.2007 06:00	1,075	<MDL	12,299	0,000
23.05.2007 06:25	1,607	<MDL	<MDL	0,107	29.05.2007 08:00	1,195	<MDL	8,703	0,130
23.05.2007 08:25	1,590	<MDL	<MDL	0,153	29.05.2007 10:00	1,593	<MDL	10,754	0,138
23.05.2007 10:25	1,612	<MDL	<MDL	0,127	29.05.2007 12:00	1,599	<MDL	9,200	0,183
23.05.2007 12:25	1,610	<MDL	<MDL	0,168	29.05.2007 14:00	1,627	<MDL	8,269	0,000
23.05.2007 14:25	1,594	<MDL	<MDL	0,122	29.05.2007 16:00	1,643	<MDL	<MDL	0,000



Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )	Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )
29.05.2007 18:00	1,598	<MDL	<MDL	0,176	03.06.2007 17:20	1,574	<MDL	<MDL	0,151
29.05.2007 20:00	1,446	<MDL	<MDL	0,151	03.06.2007 19:20	1,580	<MDL	<MDL	0,172
29.05.2007 22:00	1,434	<MDL	<MDL	0,125	03.06.2007 21:20	1,595	<MDL	<MDL	0,191
30.05.2007 02:40	1,447	<MDL	<MDL	0,094	04.06.2007 01:20	1,600	<MDL	<MDL	0,000
30.05.2007 04:40	1,458	<MDL	<MDL	0,155	04.06.2007 03:20	1,672	<MDL	<MDL	0,145
30.05.2007 06:40	1,555	<MDL	<MDL	0,177	04.06.2007 05:20	1,688	<MDL	<MDL	0,143
30.05.2007 08:40	1,562	<MDL	<MDL	0,230	04.06.2007 07:20	1,689	<MDL	<MDL	0,134
30.05.2007 10:40	1,530	<MDL	<MDL	0,187	04.06.2007 09:20	1,702	<MDL	<MDL	0,156
30.05.2007 12:40	1,472	<MDL	<MDL	0,184	04.06.2007 11:20	1,662	<MDL	<MDL	0,000
30.05.2007 14:40	1,579	<MDL	<MDL	0,163	04.06.2007 13:20	1,636	<MDL	<MDL	0,131
30.05.2007 16:40	1,321	<MDL	<MDL	0,210	04.06.2007 16:00	1,641	<MDL	<MDL	0,095
30.05.2007 18:40	1,397	<MDL	<MDL	0,209	04.06.2007 18:00	1,589	<MDL	<MDL	0,127
30.05.2007 20:40	1,323	<MDL	<MDL	0,126	04.06.2007 20:00	1,572	<MDL	<MDL	0,100
30.05.2007 22:40	1,273	<MDL	<MDL	0,104	04.06.2007 22:00	1,607	<MDL	<MDL	0,138
31.05.2007 02:40	1,162	<MDL	<MDL	0,108	05.06.2007 02:00	1,659	<MDL	<MDL	0,000
31.05.2007 05:20	1,227	<MDL	<MDL	0,065	05.06.2007 04:00	1,618	<MDL	<MDL	0,130
31.05.2007 07:20	1,373	<MDL	<MDL	0,000	05.06.2007 06:00	1,666	<MDL	<MDL	0,117
31.05.2007 09:20	1,463	<MDL	<MDL	0,120	05.06.2007 08:00	1,629	<MDL	<MDL	0,160
31.05.2007 11:20	1,465	<MDL	<MDL	0,117	05.06.2007 10:00	1,619	<MDL	<MDL	0,000
31.05.2007 13:20	1,496	<MDL	<MDL	0,134	05.06.2007 12:00	1,753	<MDL	<MDL	0,127
31.05.2007 15:20	1,512	<MDL	<MDL	0,136	05.06.2007 14:00	1,748	<MDL	<MDL	0,000
31.05.2007 17:20	1,527	<MDL	<MDL	0,127	05.06.2007 16:00	1,769	<MDL	<MDL	0,183
31.05.2007 19:20	1,581	<MDL	<MDL	0,115	05.06.2007 18:40	1,806	<MDL	<MDL	0,000
31.05.2007 21:20	1,596	<MDL	<MDL	0,119	05.06.2007 20:40	1,764	<MDL	<MDL	0,000
31.05.2007 23:20	1,660	<MDL	<MDL	0,145	05.06.2007 22:40	1,780	<MDL	<MDL	0,126
01.06.2007 01:20	1,670	<MDL	<MDL	0,000	06.06.2007 02:40	1,712	<MDL	<MDL	0,152
01.06.2007 03:20	1,678	<MDL	<MDL	0,153	06.06.2007 04:40	1,733	<MDL	<MDL	0,112
01.06.2007 05:20	1,716	<MDL	<MDL	0,246	06.06.2007 06:40	1,721	<MDL	<MDL	0,116
01.06.2007 08:00	1,698	<MDL	<MDL	0,148	06.06.2007 08:40	1,700	<MDL	<MDL	0,139
01.06.2007 10:00	1,707	<MDL	<MDL	0,164	06.06.2007 10:40	1,677	<MDL	<MDL	0,126
01.06.2007 12:00	1,711	<MDL	<MDL	0,128	06.06.2007 12:40	1,670	<MDL	<MDL	0,137
01.06.2007 14:00	1,765	<MDL	<MDL	0,153	06.06.2007 14:40	1,611	<MDL	<MDL	0,127
01.06.2007 16:00	1,746	<MDL	<MDL	0,179	06.06.2007 16:40	1,674	<MDL	<MDL	0,138
01.06.2007 18:00	1,748	<MDL	<MDL	0,188	06.06.2007 18:40	1,666	<MDL	<MDL	0,115
01.06.2007 20:00	1,657	<MDL	<MDL	0,146	06.06.2007 21:20	1,458	<MDL	<MDL	0,062
01.06.2007 22:00	1,729	<MDL	<MDL	0,115	06.06.2007 23:20	1,438	n/a	<MDL	0,122
02.06.2007 02:00	1,662	<MDL	<MDL	0,000	07.06.2007 01:20	1,430	<MDL	<MDL	0,000
02.06.2007 04:00	1,563	<MDL	<MDL	0,130	07.06.2007 03:20	1,437	<MDL	<MDL	0,089
02.06.2007 06:00	1,544	<MDL	<MDL	0,128	07.06.2007 05:20	1,450	<MDL	<MDL	0,000
02.06.2007 08:00	1,523	<MDL	<MDL	0,151	07.06.2007 07:20	1,459	<MDL	<MDL	0,082
02.06.2007 10:40	1,512	<MDL	<MDL	0,117	07.06.2007 09:20	1,496	<MDL	<MDL	0,000
02.06.2007 12:40	1,673	<MDL	<MDL	0,000	07.06.2007 11:20	1,472	<MDL	<MDL	0,095
02.06.2007 14:40	1,694	<MDL	<MDL	0,156	07.06.2007 13:20	1,473	<MDL	<MDL	0,108
02.06.2007 16:40	1,666	<MDL	<MDL	0,140	07.06.2007 15:20	1,807	<MDL	<MDL	0,159
02.06.2007 18:40	1,664	<MDL	<MDL	0,162	07.06.2007 17:20	1,792	<MDL	<MDL	0,152
02.06.2007 20:40	1,617	<MDL	<MDL	0,113	07.06.2007 19:20	1,706	<MDL	<MDL	0,097
02.06.2007 22:40	1,595	<MDL	<MDL	0,126	07.06.2007 21:20	1,661	<MDL	<MDL	0,150
03.06.2007 02:40	1,531	<MDL	<MDL	0,087	08.06.2007 02:00	1,606	<MDL	<MDL	0,100
03.06.2007 04:40	1,524	<MDL	<MDL	0,128	08.06.2007 04:00	1,619	<MDL	<MDL	0,085
03.06.2007 06:40	1,529	<MDL	<MDL	0,144	08.06.2007 06:00	1,606	<MDL	<MDL	0,000
03.06.2007 08:40	1,549	<MDL	<MDL	0,108	08.06.2007 08:00	1,590	<MDL	<MDL	0,149
03.06.2007 10:40	1,529	<MDL	<MDL	0,168	08.06.2007 10:00	1,600	<MDL	<MDL	0,138
03.06.2007 13:20	1,574	<MDL	<MDL	0,182	08.06.2007 12:00	1,584	<MDL	<MDL	0,061
03.06.2007 15:20	1,545	<MDL	<MDL	0,147	08.06.2007 14:00	1,563	<MDL	<MDL	0,000

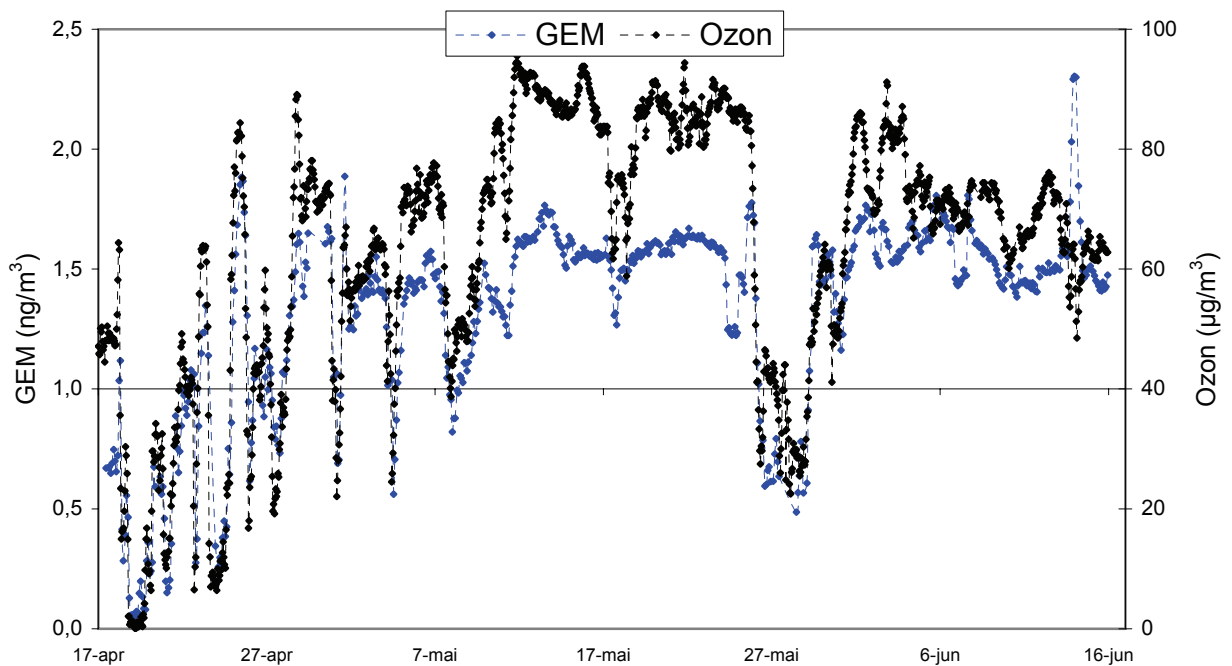


Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )	Dato og tid	GEM (ng/m <sup>3</sup> )	PHg (pg/m <sup>3</sup> )	RGM (pg/m <sup>3</sup> )	Zero air (pg/m <sup>3</sup> )
08.06.2007 16:00	1,584	<MDL	<MDL	0,000	13.06.2007 15:20	1,571	<MDL	<MDL	0,188
08.06.2007 18:00	1,572	<MDL	<MDL	0,180	13.06.2007 17:20	1,781	<MDL	<MDL	0,140
08.06.2007 20:00	1,564	<MDL	<MDL	0,000	13.06.2007 19:20	2,031	<MDL	<MDL	0,172
08.06.2007 22:00	1,541	<MDL	<MDL	0,000	13.06.2007 21:20	2,292	<MDL	<MDL	0,187
09.06.2007 02:40	1,545	<MDL	<MDL	0,102	13.06.2007 23:20	2,304	n/a	<MDL	0,167
09.06.2007 04:40	1,534	<MDL	<MDL	0,132	14.06.2007 01:20	2,300	<MDL	<MDL	0,150
09.06.2007 06:40	1,519	<MDL	<MDL	0,158	14.06.2007 05:20	1,846	<MDL	<MDL	0,104
09.06.2007 08:40	1,498	<MDL	<MDL	0,096	14.06.2007 07:20	1,699	<MDL	<MDL	0,119
09.06.2007 10:40	1,474	<MDL	<MDL	0,000	14.06.2007 09:20	1,612	<MDL	<MDL	0,000
09.06.2007 12:40	1,443	<MDL	<MDL	0,000	14.06.2007 11:20	1,493	<MDL	<MDL	0,072
09.06.2007 14:40	1,433	<MDL	<MDL	0,093	14.06.2007 13:20	1,462	<MDL	<MDL	0,000
09.06.2007 16:40	1,422	<MDL	<MDL	0,000	14.06.2007 16:00	1,475	<MDL	<MDL	0,131
09.06.2007 18:40	1,417	<MDL	<MDL	0,000	14.06.2007 18:00	1,499	<MDL	<MDL	0,134
09.06.2007 20:40	1,454	<MDL	<MDL	0,099	14.06.2007 20:00	1,499	<MDL	<MDL	0,000
09.06.2007 22:40	1,509	<MDL	<MDL	0,116	14.06.2007 22:00	1,513	<MDL	<MDL	0,000
10.06.2007 02:40	1,477	<MDL	<MDL	0,128	15.06.2007 02:00	1,491	<MDL	<MDL	0,000
10.06.2007 05:20	1,474	<MDL	<MDL	0,131	15.06.2007 04:00	1,472	<MDL	<MDL	0,000
10.06.2007 07:20	1,427	<MDL	<MDL	0,000	15.06.2007 06:00	1,452	<MDL	<MDL	0,000
10.06.2007 09:20	1,422	<MDL	<MDL	0,104	15.06.2007 08:00	1,442	<MDL	<MDL	0,129
10.06.2007 11:20	1,401	<MDL	<MDL	0,000	15.06.2007 10:00	1,429	<MDL	<MDL	0,135
10.06.2007 13:20	1,383	<MDL	<MDL	0,076	15.06.2007 12:00	1,412	<MDL	<MDL	0,000
10.06.2007 15:20	1,432	<MDL	<MDL	0,121	15.06.2007 14:00	1,409	<MDL	<MDL	0,000
10.06.2007 17:20	1,511	<MDL	<MDL	0,099	15.06.2007 16:00	1,446	<MDL	<MDL	0,000
10.06.2007 19:20	1,445	<MDL	<MDL	0,000	15.06.2007 18:40	1,417	<MDL	<MDL	0,069
10.06.2007 21:20	1,443	<MDL	<MDL	0,000	15.06.2007 20:40	1,427	<MDL	<MDL	0,120
10.06.2007 23:20	1,450	n/a	<MDL	0,094	15.06.2007 22:40	1,475	<MDL	<MDL	0,000
11.06.2007 01:20	1,452	<MDL	<MDL	0,000					
11.06.2007 03:20	1,430	<MDL	<MDL	0,000					
11.06.2007 05:20	1,440	<MDL	<MDL	0,123					
11.06.2007 08:00	1,442	<MDL	<MDL	0,182					
11.06.2007 10:00	1,419	<MDL	<MDL	0,113					
11.06.2007 12:00	1,443	<MDL	<MDL	0,000					
11.06.2007 14:00	1,434	<MDL	<MDL	0,108					
11.06.2007 16:00	1,407	<MDL	<MDL	0,000					
11.06.2007 18:00	1,405	<MDL	<MDL	0,078					
11.06.2007 20:00	1,502	<MDL	<MDL	0,000					
11.06.2007 22:00	1,468	<MDL	<MDL	0,125					
12.06.2007 02:00	1,503	<MDL	<MDL	0,123					
12.06.2007 04:00	1,491	<MDL	<MDL	0,000					
12.06.2007 06:00	1,487	<MDL	<MDL	0,090					
12.06.2007 08:00	1,485	<MDL	<MDL	0,100					
12.06.2007 10:40	1,526	<MDL	<MDL	0,000					
12.06.2007 12:40	1,486	<MDL	6,624	0,101					
12.06.2007 14:40	1,496	<MDL	7,849	0,089					
12.06.2007 16:40	1,498	<MDL	7,842	0,114					
12.06.2007 18:40	1,490	<MDL	8,417	0,000					
12.06.2007 20:40	1,514	<MDL	<MDL	0,169					
12.06.2007 22:40	1,506	<MDL	<MDL	0,124					
13.06.2007 02:40	1,495	<MDL	<MDL	0,161					
13.06.2007 04:40	1,555	<MDL	<MDL	0,125					
13.06.2007 06:40	1,586	<MDL	<MDL	0,121					
13.06.2007 08:40	1,617	<MDL	<MDL	0,128					
13.06.2007 10:40	1,605	<MDL	<MDL	0,151					
13.06.2007 13:20	1,552	<MDL	6,501	0,161					

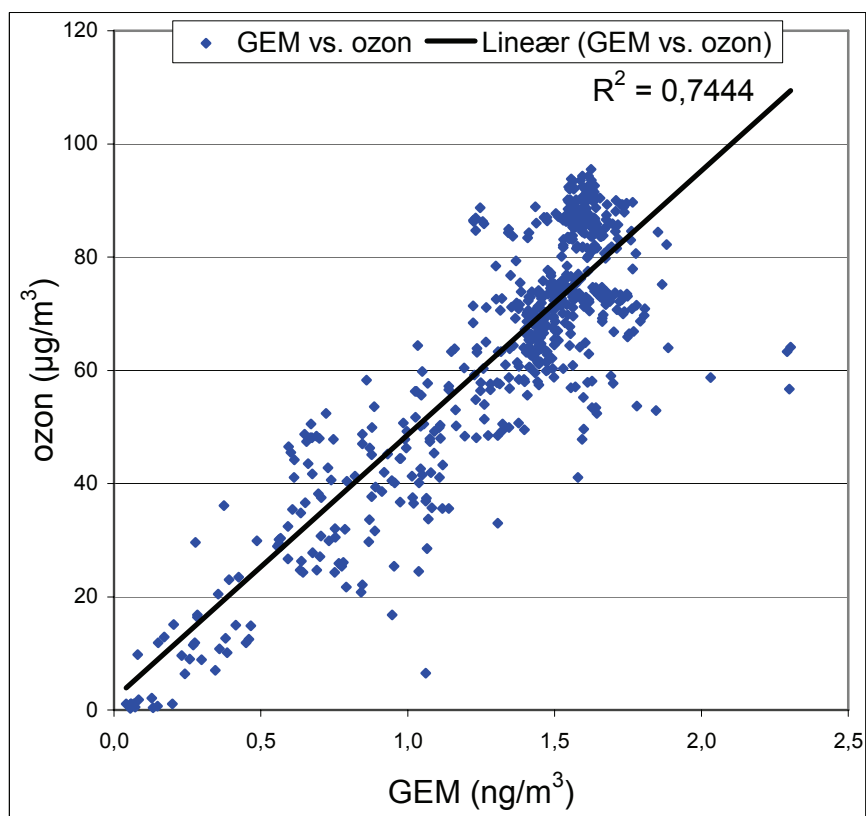
MDL (methods detection limit): metodens deteksjonsgrense.  
n/a (data not reported): ingen data er rapportert. Zero air:  
kvikksølvfri luft.





**Vedlegg D: Korrelasjon mellom GEM og ozon**

Figur D.1. Bestemmelser for GEM og ozon.



Figur D.2. Korrelasjonen mellom GEM og ozon.



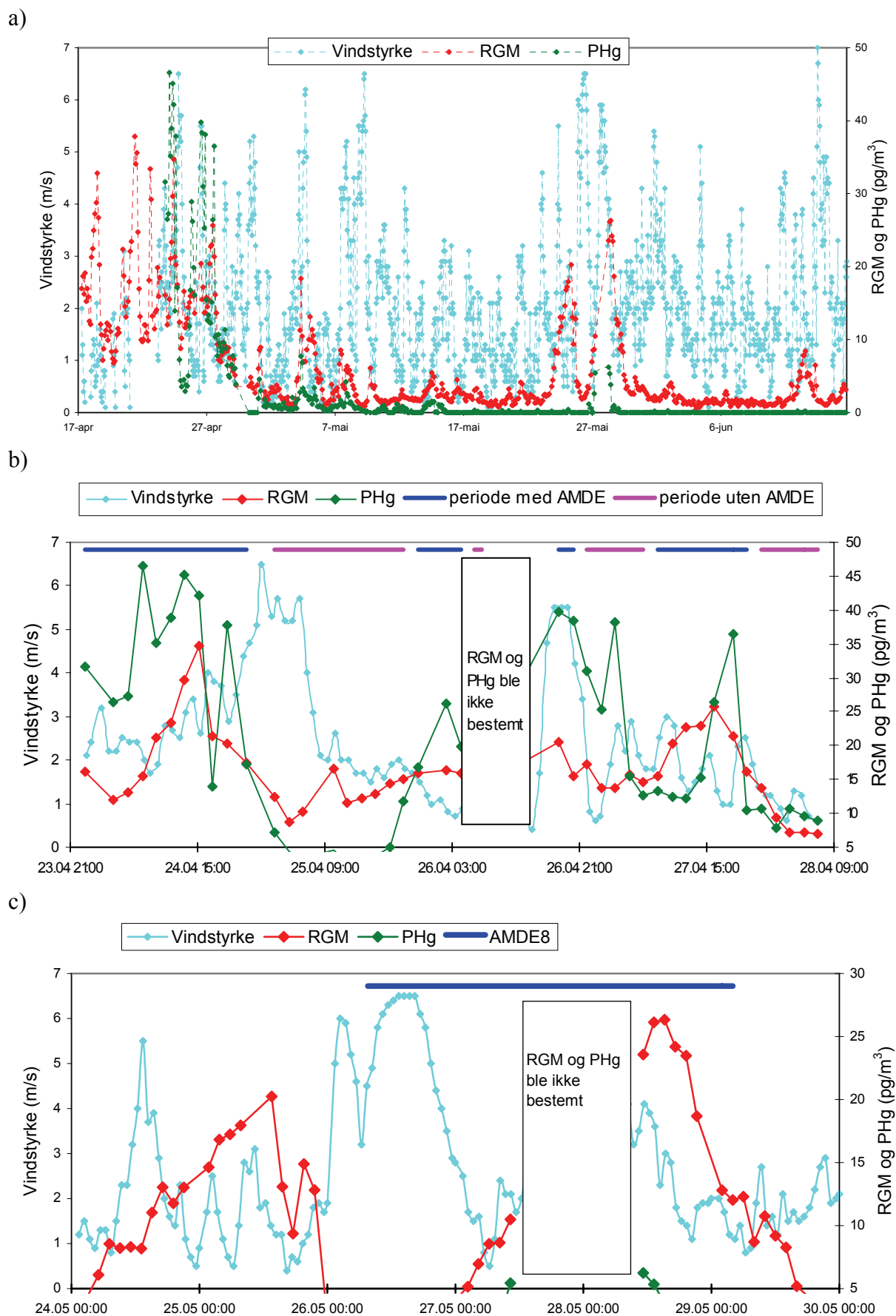
## Vedlegg E: Meteorologiske data

Tabell E.1. Gjennomsnitt-, maksimal- og minimalverdier for temperatur, trykk, relativ fuktighet, vindstyrke og stråling.

	Vindstyrke (m/s)			Temperatur (°C)			Trykk (atm.)			Relativ fuktighet (%)			UV-B stråling (W/m <sup>2</sup> )		
	min.	gjennom.	maks.	min.	gjennom.	maks.	min.	gjennom.	maks.	min.	gjennom.	maks.	min.	gjennom.	maks.
AMDE1a	0,2	0,9±0,6	2,0	-19	-18±0,5	-18	942	943±0,4	944	68	78±8,1	88	2,7*10 <sup>-3</sup>	0,054±0,061	0,18
AMDE1b	0,1	1±0,7	3,1	-16	-14±2,4	-8,3	937	944±5,1	953	48	78±13	92	2,5*10 <sup>-3</sup>	0,064±0,063	0,21
AMDE1c	n/a	n/a	n/a	-11	-10±0,7	-9,3	952	953±0,1	953	93	93±0,2	93	3,6*10 <sup>-3</sup>	7,6*10 <sup>-3</sup> ±4,3*10 <sup>-3</sup>	0,014
AMDE2	1,7	2,8±0,7	4,4	-13	-12±0,4	-11	948	951±1,6	953	92	92±0,2	93	4,1*10 <sup>-3</sup>	0,058±0,054	0,16
AMDE3a	0,7	1±0,3	1,5	-13	-13±0,5	-12	955	955±0,2	955	92	92±0,3	93	4,8*10 <sup>-3</sup>	8,7*10 <sup>-3</sup> ±5,2*10 <sup>-3</sup>	0,019
AMDE3b	5,5	5,5±0,0	5,5	-14	-14±0,4	-14	955	955±0,2	955	75	80±7,4	85	0,023	0,040±0,018	0,059
AMDE4	1,0	1,9±0,7	3,0	-12	-12±0,3	-11	960	963±1,5	964	92	92±0,3	93	0,016	0,12±0,060	0,19
AMDE5	1,2	2,1±0,7	2,7	-11	-10±1,0	-8,4	956	957±0,7	958	94	94±0,3	95	0,034	0,11±0,060	0,19
AMDE6	1,1	2,5±1,3	4,3	-14	-13±0,5	-13	963	964±0,2	964	92	93±0,7	94	0,16	0,21±0,029	0,24
AMDE7	1,4	3,7±1,2	5,2	-10	-8,8±1,0	-6,8	961	962±0,2	962	66	72±3,4	78	0,017	0,076±0,080	0,27
AMDE8	0,5	4±1,8	6,5	-10	-8,7±0,8	-6,8	953	955±2,2	962	67	85±9,3	95	0,025	0,17±0,13	0,45
AMDEs	0,1	3±2	6,5	-19	-12±3,1	-6,8	937	951±7,6	964	48	83±11	95	2,5*10 <sup>-3</sup>	0,095±0,10	0,45
Periode uten AMDEs	0,1	2±1	7,0	-17	-4,4±3,6	1,8	941	961±6,3	975	45	85±12	100	4,1*10 <sup>-3</sup>	0,16±0,14	0,72
Totalt	0,1	2±1	7,0	-19	-5,7±4,5	1,8	937	959±7,6	975	45	85±12	100	2,5*10 <sup>-3</sup>	0,15±0,14	0,72

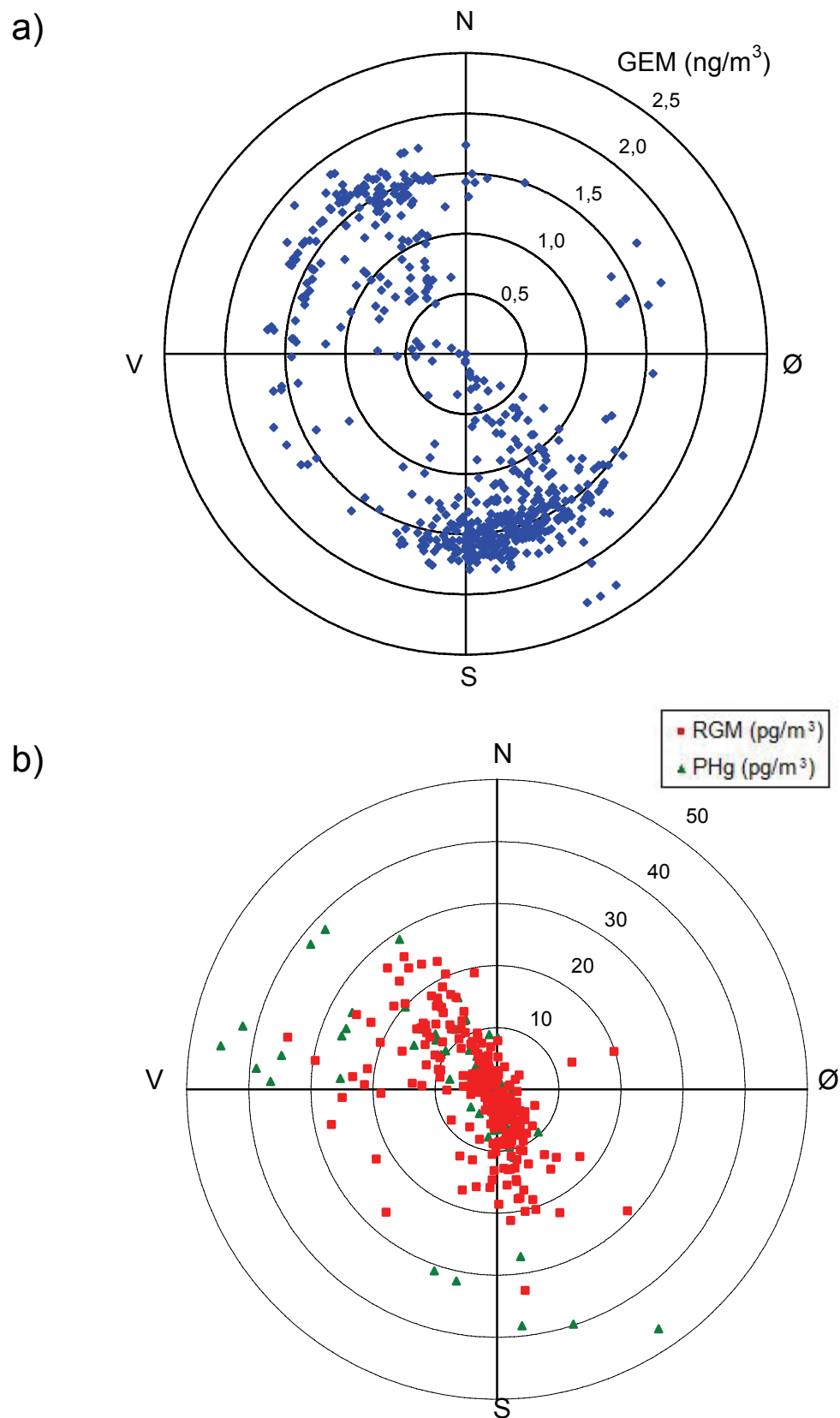
gjennom.: gjennomsnittsverdi±1 standardavvik, maks: maksimalverdi, min: minimalverdi





**Figur E.1.** Vindstyrke i sammenheng med konsentrasjoner av RGM og PHg for hele perioden (a), perioden konsentrert rundt AMDE2, AMDE3a, AMDE3b og AMDE 4 (b) og perioden konsentrert rundt AMDE8 (c).



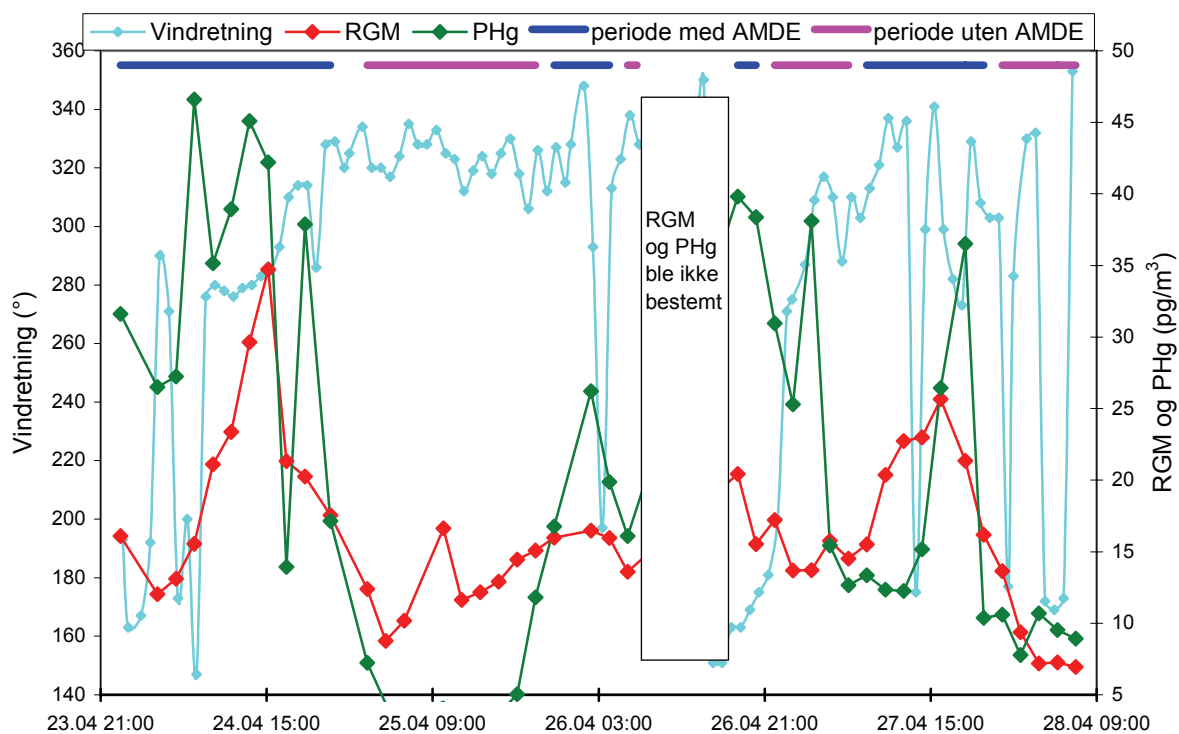


**Figur E.2.** Vindretning i sammenheng med konsentrasjoner av GEM (a), RGM og PHg (b) for hele perioden.

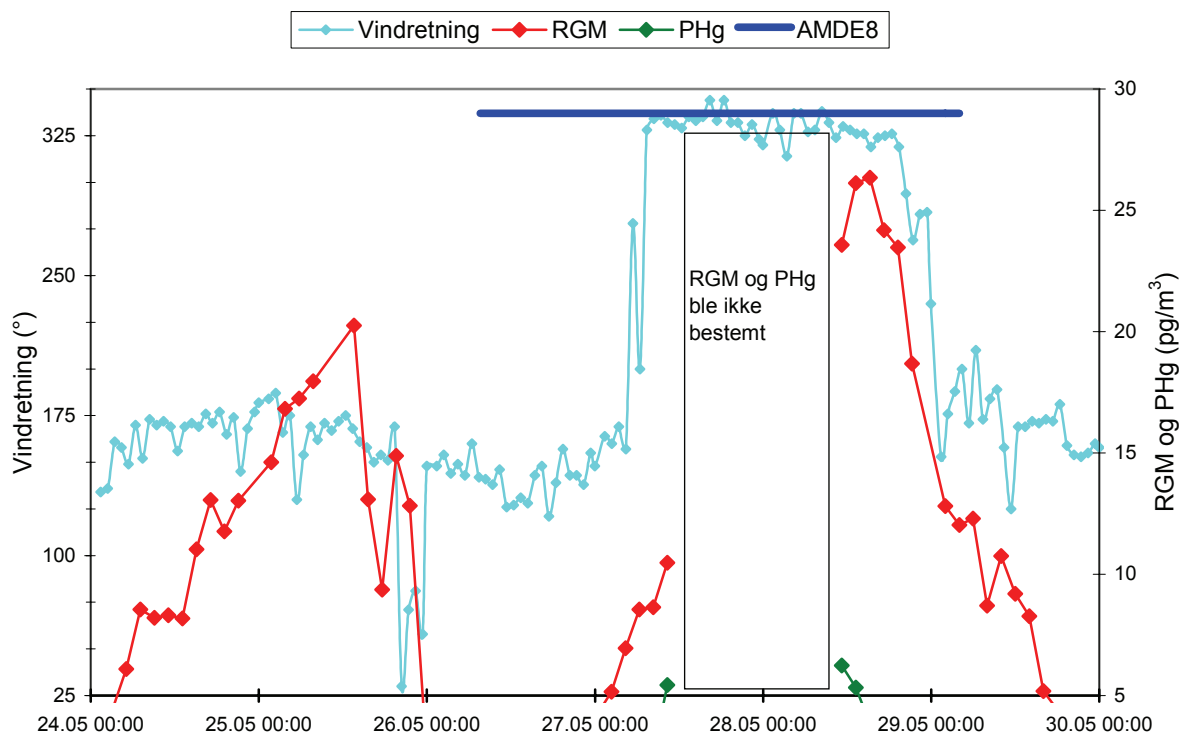




a)

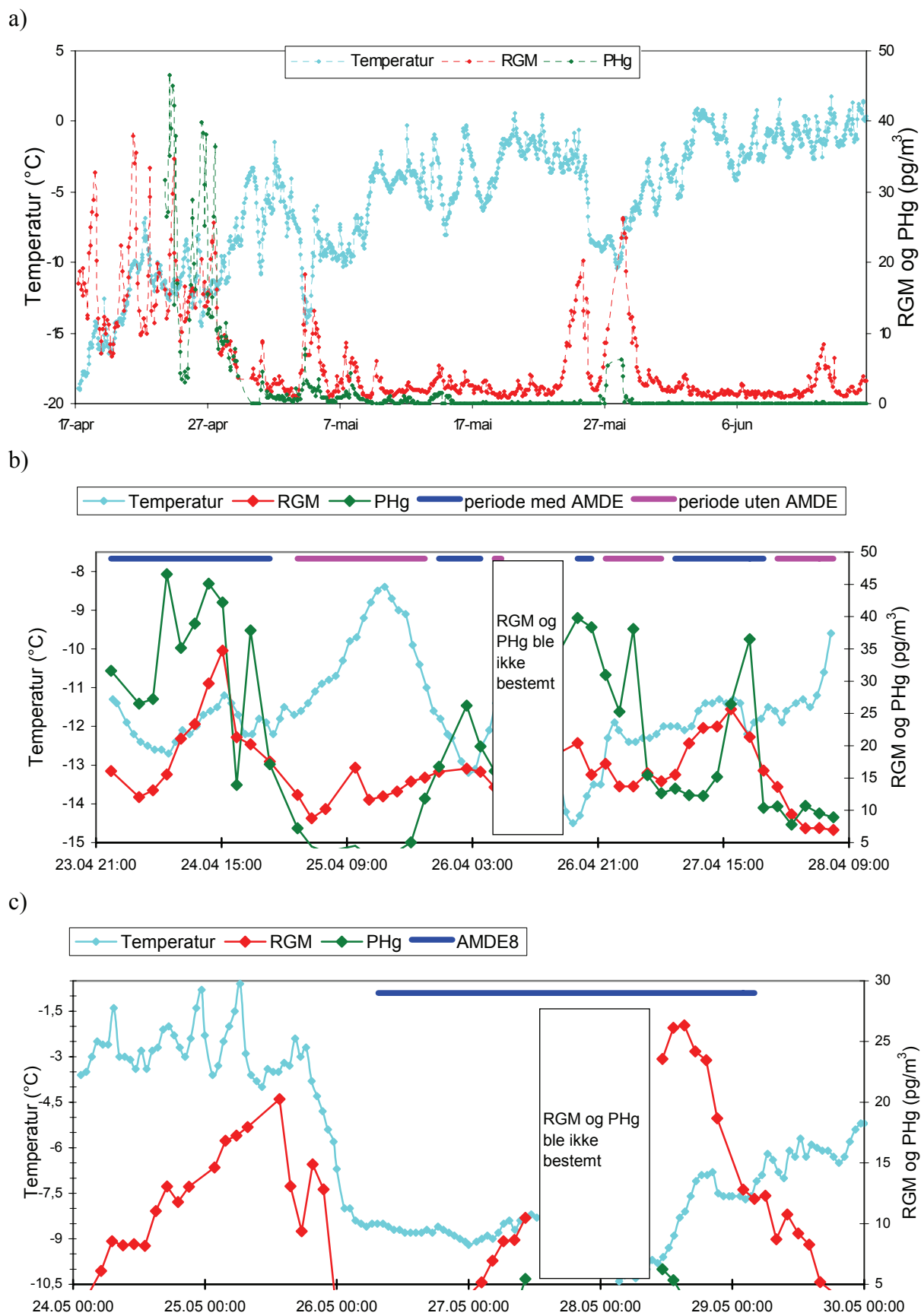


b)



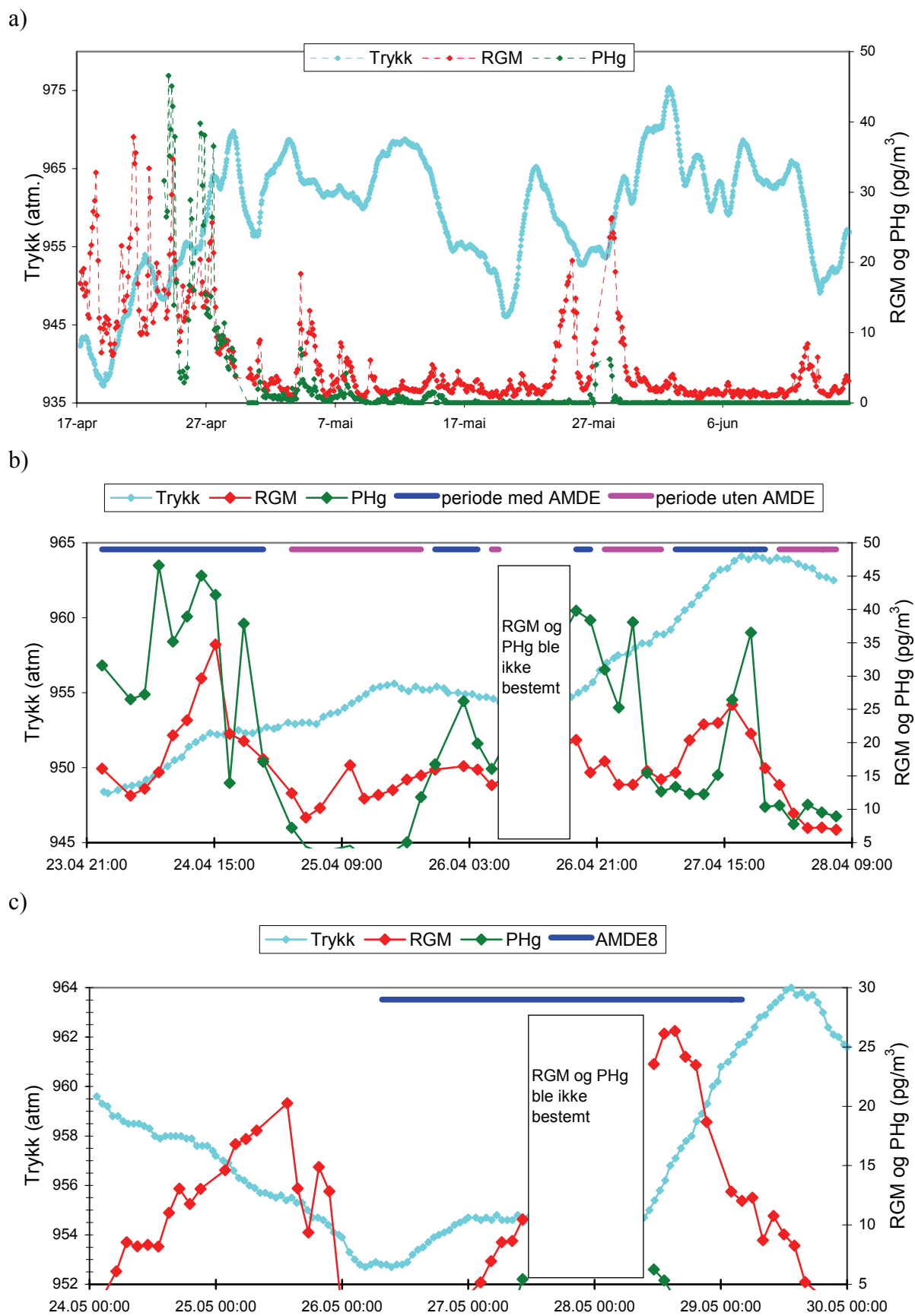
**Figur E.3.** Vindretning i sammenheng med konsentrasjoner av RGM og PHg for perioden konsentrert rundt AMDE2, AMDE3a, AMDE3b og AMDE 4 (a) og perioden konsentrert rundt AMDE8 (b).





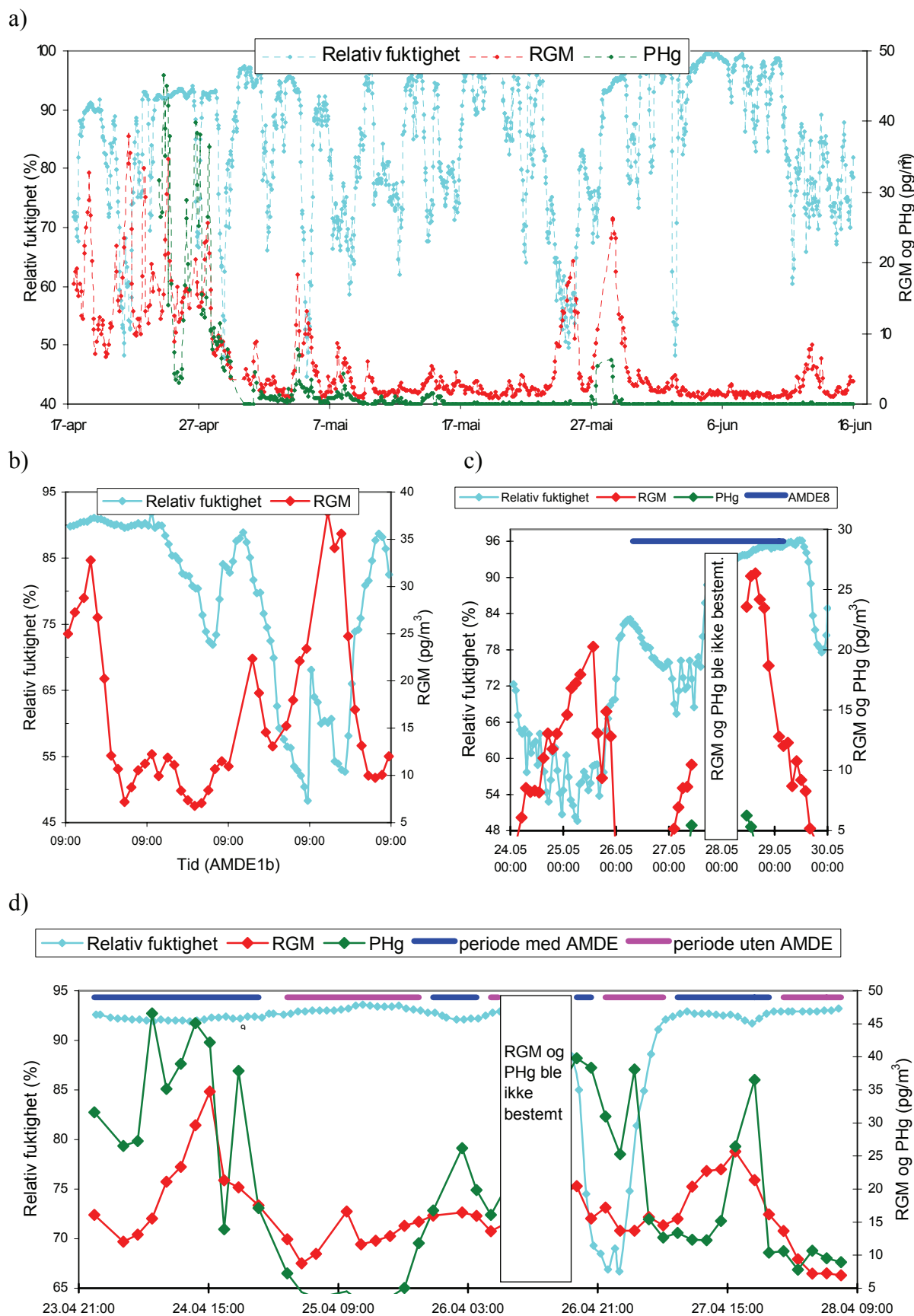
**Figur E.4.** Lufttemperatur i sammenheng med konsentrasjoner av RGM og PHg for hele perioden (a), perioden konsentrert rundt AMDE2, AMDE3a, AMDE3b og AMDE 4 (b) og perioden konsentrert rundt AMDE8 (c).





**Figur E.5.** Lufttrykk i sammenheng med konsentrasjoner av RGM og PHg for hele perioden (a), perioden konsentrert rundt AMDE2, AMDE3a, AMDE3b og AMDE 4 (b) og perioden konsentrert rundt AMDE8 (c).

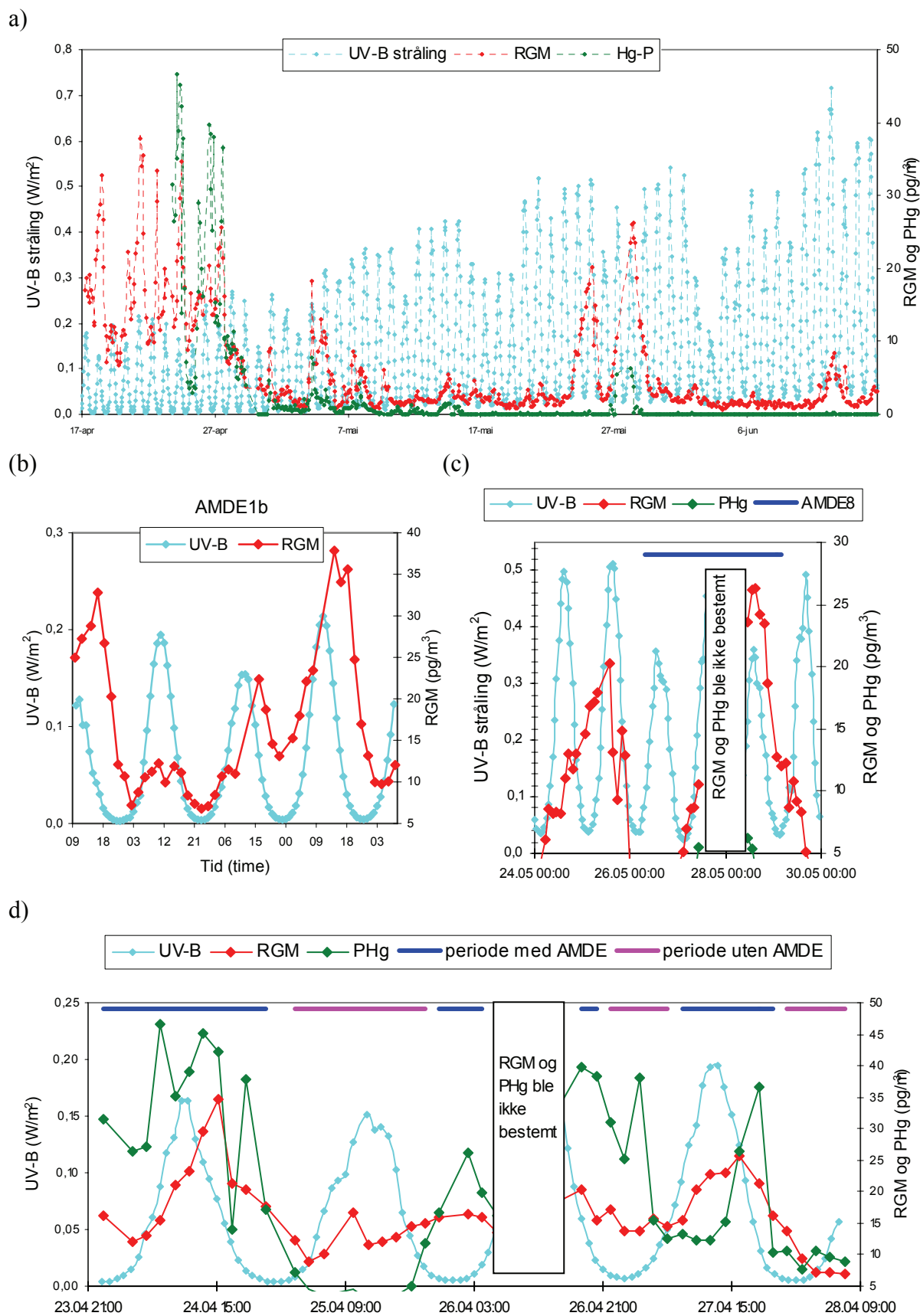




**Figur E.6.** Relativ fuktighet i sammenheng med konsentrasjoner av RGM og PHg for hele perioden (a), AMDE1b (b), perioden konsentrert rundt AMDE8 (c) og perioden konsentrert rundt AMDE2, AMDE3a, AMDE3b og AMDE 4 (d).





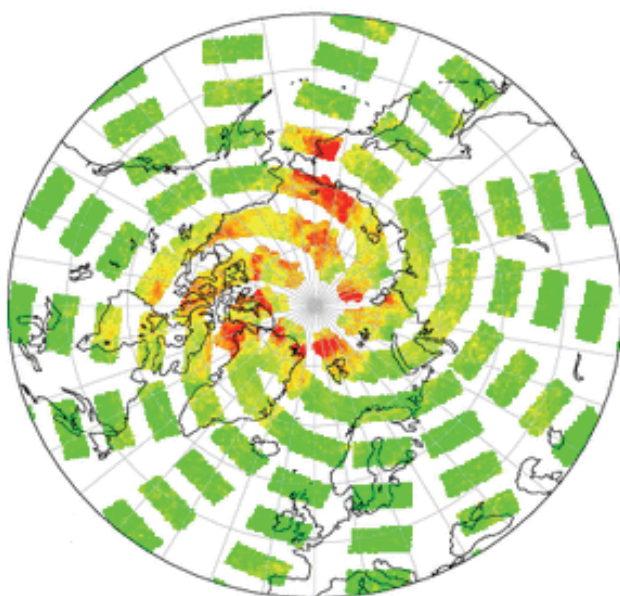


**Figur E.7.** UV-B stråling i sammenheng med konsentrasjoner av RGM og PHg for hele perioden (a), AMDE1b (b), perioden konsentrert rundt AMDE8 (c) og perioden konsentrert rundt AMDE2, AMDE3a, AMDE3b og AMDE 4 (d).



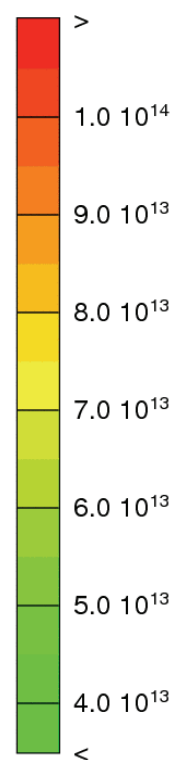
**Vedlegg F: Trajektorier og BrO-kart**

**Figur F.1.** BrO-kart fra 12. juni 2007 (dag uten AMDE)  
(Universität Bremen, nettside, 2007).

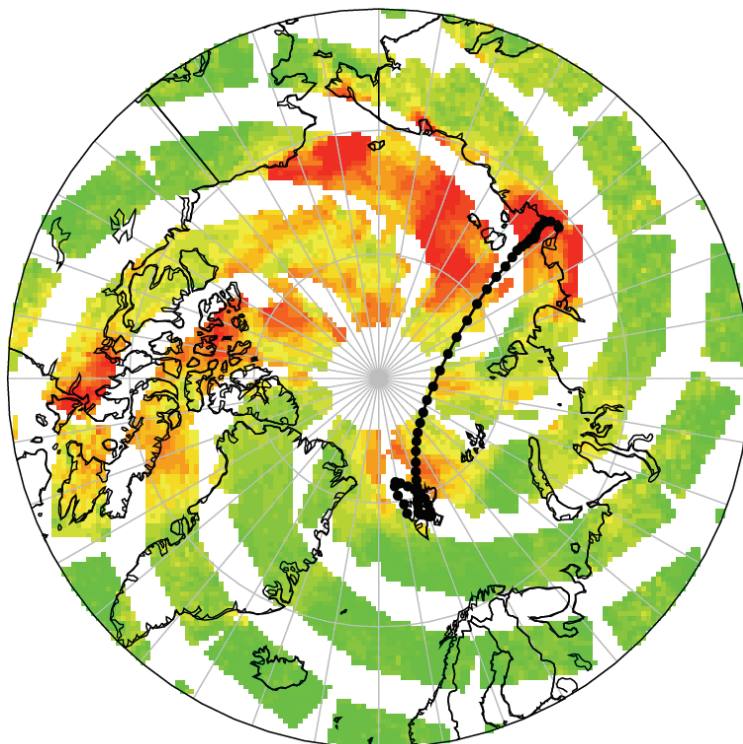


**Figur F.2.** BrO-kart fra 17. april 2007 (AMDE)  
(Universität Bremen, nettside, 2007).

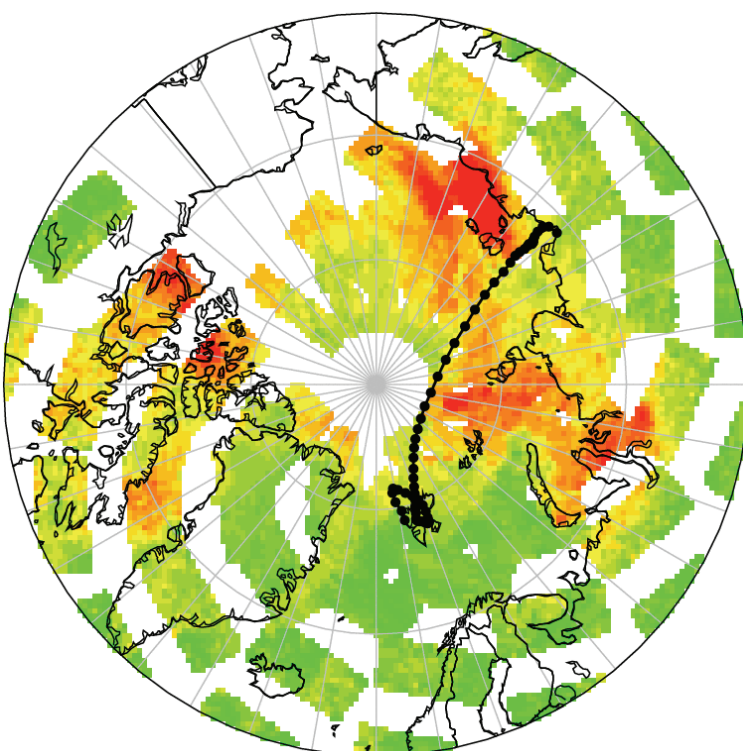
VC BrO  
[molec cm<sup>-2</sup>]





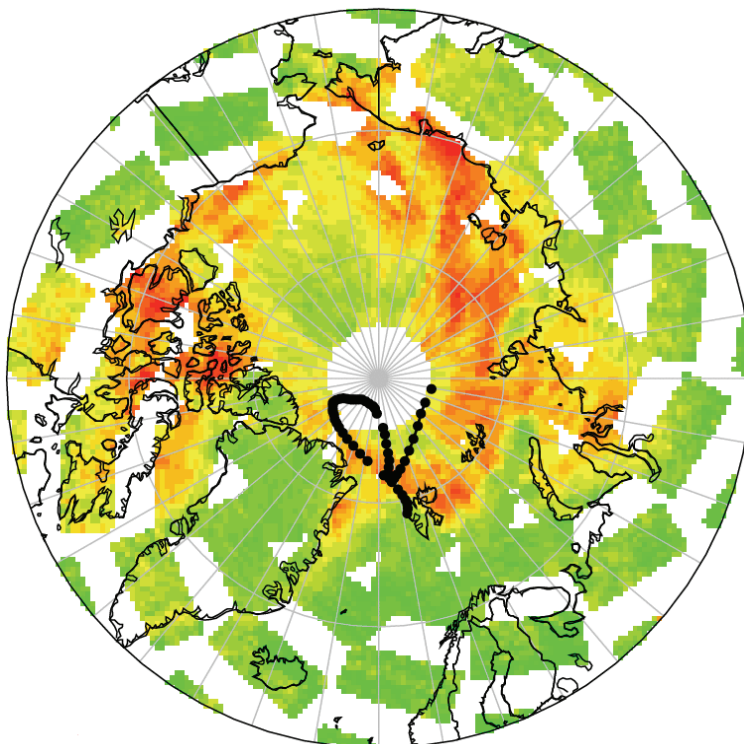


**Figur F.3.** Trajektorie som starter 24. april og som ender i Ny-Ålesund 1. mai (AMDE5), BrO-kart fra 24. april (Plottet av Richter, 2008).

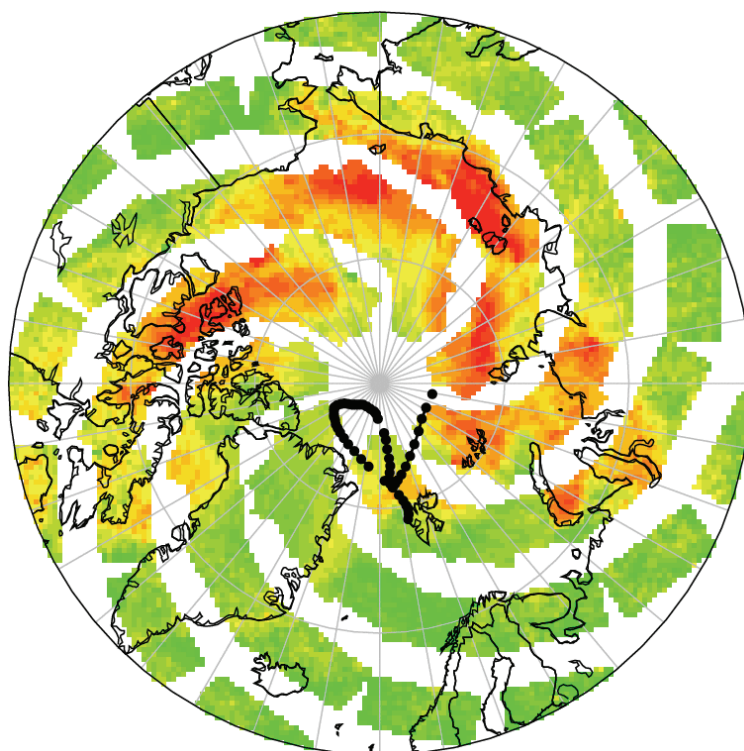


**Figur F.4.** Trajektorie som starter 24. april og som ender i Ny-Ålesund 1. mai (AMDE5), BrO-kart fra 1. mai (Plottet av Richter, 2008).





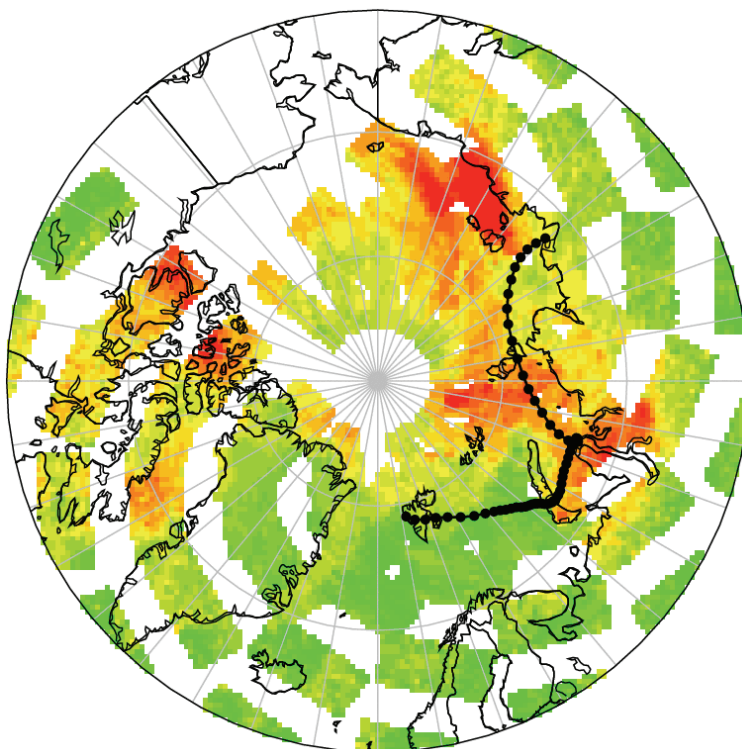
**Figur F.5.** Trajektorie som starter 27. april og som ender i Ny-Ålesund 4. mai (AMDE6), BrO-kart fra 27. april (Plottet av Richter, 2008).



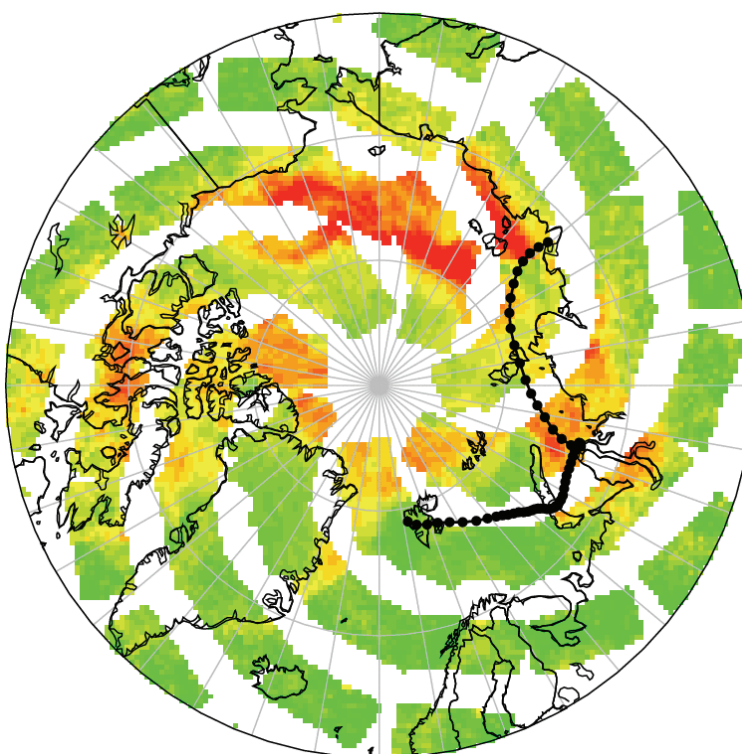
**Figur F.6.** Trajektorie som starter 27. april og som ender i Ny-Ålesund 4. mai (AMDE6), BrO-kart fra 4. mai (Plottet av Richter, 2008).







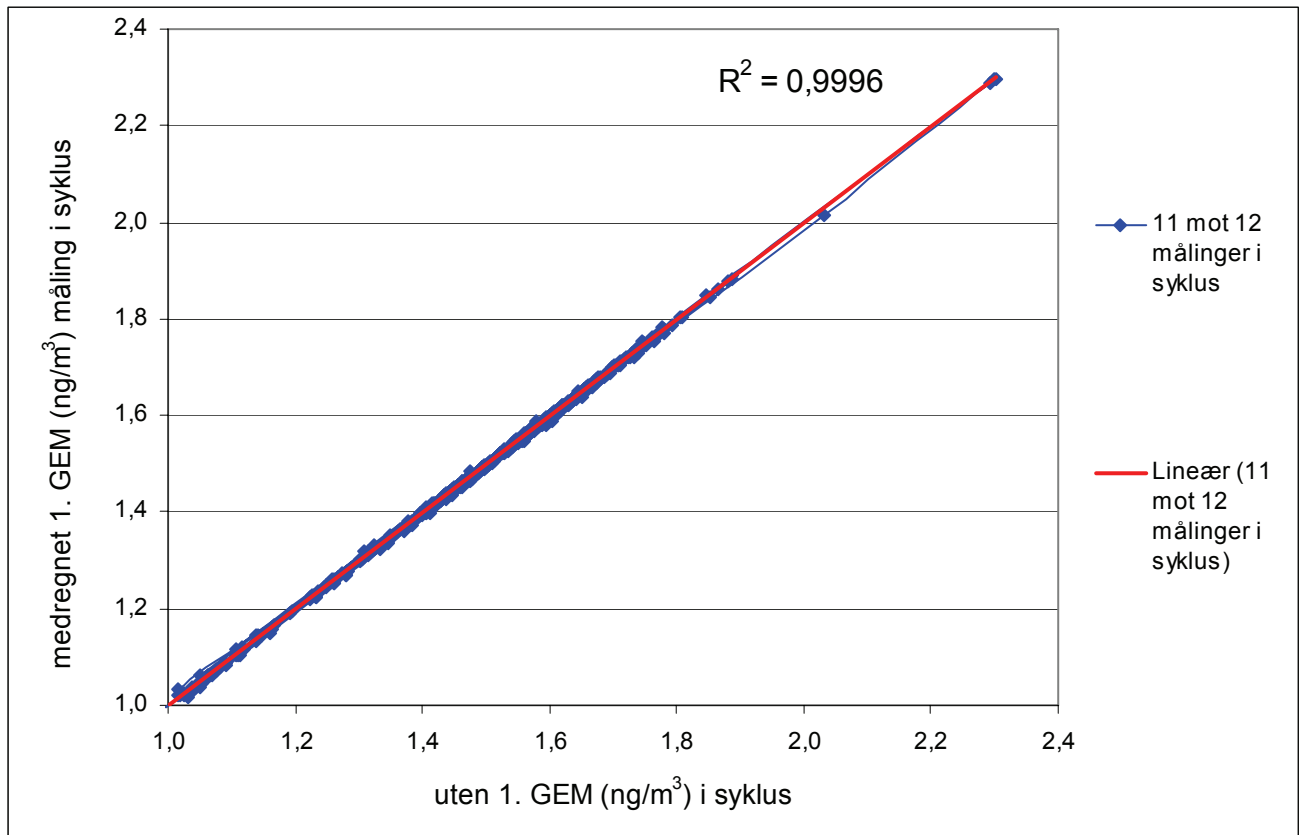
**Figur F.7.** Trajektorie som starter 1. mai og som ender i Ny-Ålesund 8. mai (AMDE7), BrO-kart fra 1. mai (Plottet av Richter, 2008).



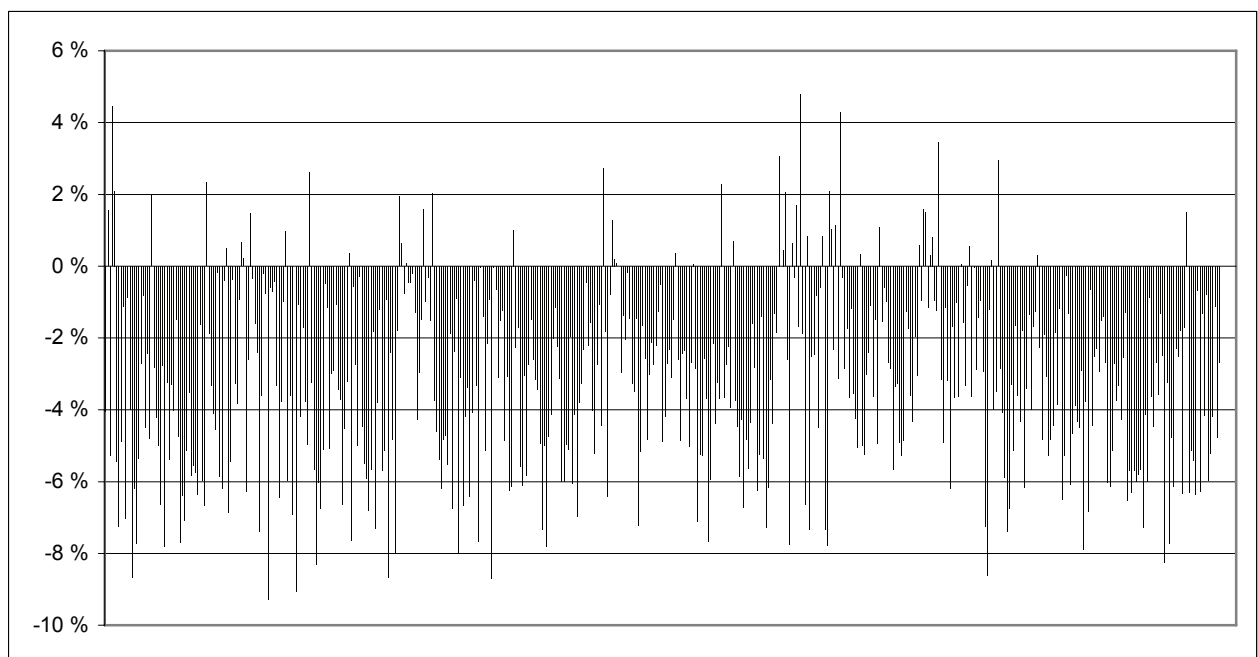
**Figur F.8.** Trajektorie som starter 1. mai og som ender i Ny-Ålesund 8. mai (AMDE7), BrO-kart fra 8. mai (Plottet av Richter, 2008).



## Vedlegg G: Inkludering versus ekskludering av første GEM-deteksjon i en syklus



**Figur G.1** Korrelasjon mellom bestemmelser av GEM utregnet uten den første deteksjonen av GEM i en syklus mot hvor alle deteksjonene av GEM i en syklus er tatt i betraktning.



**Figur G.2** Prosentavvik mellom den første og den andre deteksjonen av GEM i en syklus. Negativt avvik viser prosentdel hvor den første deteksjonen er lavere enn den andre. Positivt avvik viser prosentdel hvor den første deteksjonen er høyere enn den andre.



## Vedlegg H: Bilder fra Ny-Ålesund våren 2007



**Figur H.1.** Tekran 1130 og 1135 på Zeppelin-fjellet. Ny-Ålesund og Kongsfjorden i bakgrunn (Foto: privat).



**Figur H.2.** Utsikt fra Gåsebu mot Ny-Ålesund. Zeppelin-fjellet til venstre (Foto: privat).







**Figur H.3.** Midnattssol (Foto: privat).



**Figur H.4.** Veilederne på skitur. Ny-Ålesund og Zeppelin-fjellet i bakgrunn (Foto: privat).



**Figur H.5.** På toppen av Scheteligfjellet. Ny-Ålesund og Kongsfjorden i bakgrunn (Foto: privat).







Figur H.6. Kabalbanen opp til Zeppelin-fjellet (Foto: privat).



Figur H.7. Ny-Ålesund (Foto: privat).



Figur H.8. Oppskyting med rifle (Foto: privat).