Statlig program for forurensningsovervåking

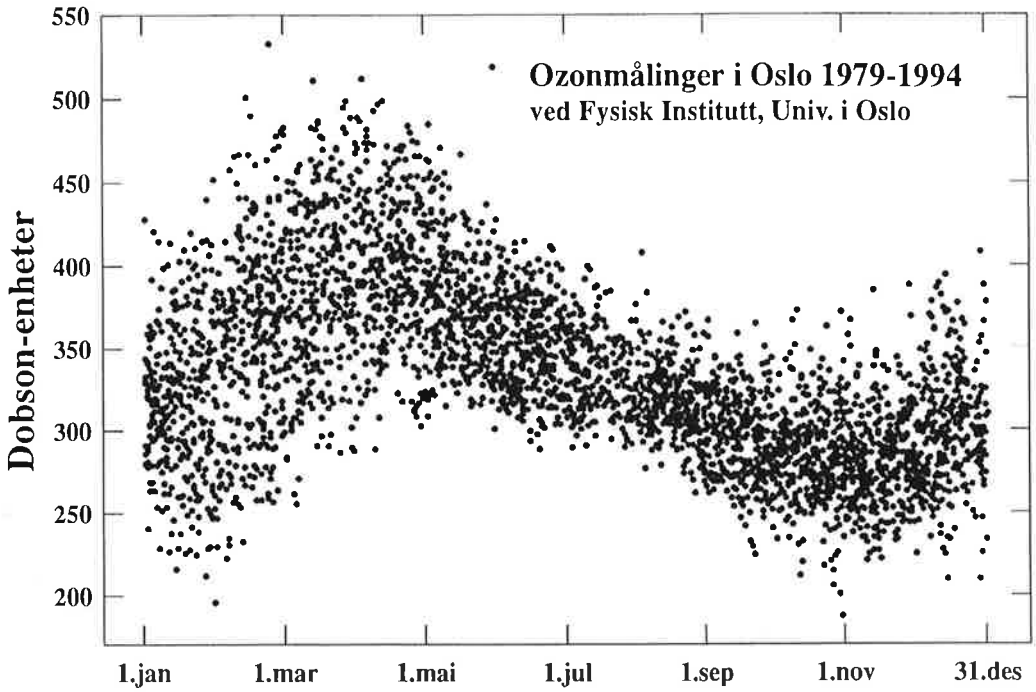
Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Rapport nr.: 603/1995

Deltakende institusjon: NILU

Overvåking av ozonlaget

Årsrapport 1994



TA-1198/1995

Norsk institutt for luftforskning

Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder
skog

Overvåkingen består i langsiktige undersøkelser av de fysiske, kjemiske og biologiske forhold.

Hovedmålsettingen med overvåkingsprogrammet er å dekke myndighetenes behov for informasjon om forurensningsforholdene med sikte på best mulig forvaltning av naturressursene.

Hovedmålet spenner over en rekke delmål der overvåkingen bl.a. skal:

gi informasjon om tilstand og utvikling av forurensningssituasjonen på kort og lang sikt.

registrere virkningen av iverksatte tiltak og danne grunnlag for vurdering av nye forurensningsbegrensende tiltak.

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

over tid gi bedre kunnskaper om de enkelte vannforekomsters naturlige forhold.

Sammen med overvåkingen vil det føres kontroll med forurensende utslipp og andre aktiviteter.

Overvåkingsprogrammet finansieres i hovedsak over statsbudsjettet. Statens forurensningstilsyn er ansvarlig for gjennomføring av programmet.

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

Henvendelser vedrørende programmet kan i tillegg til de aktuelle institutter rettes til Statens forurensningstilsyn, Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo, tlf. 22 57 34 00.

NILU : OR 20/95
REFERANSE : O-8985
DATO : APRIL 1995
ISBN : 82-425-0672-8

Overvåking av ozonlaget

Årsrapport 1994

Arne Dahlback, Geir O. Braathen og Frode Stordal

**Utført etter oppdrag
fra Statens forurensningstilsyn**

Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2007 Kjeller

Innhold

Side

Sammendrag **3**

1. Måleresultater **5**
1.1 Dobson- og Brewer-instrumentene 5
1.2 Ozon-sonder 9
1.3 SAOZ 12
1.4 UV-målinger med GUV-511 12

2. Ozon-målinger 1979–1994 ..... **14**

3. Målinger med Dobson, Brewer, SAOZ, GUV-511 og TOMS **18**
3.1 Målemetoder 18
3.2 Sammenligninger 19

4. Kalibrering av norske bakke-instrumenter **23**
4.1 Dobson-instrumentene 23
4.2 Brewer-instrumentene 24
4.3 SAOZ-instrumentet 25
4.4 GUV-511-instrumentet 25

5. Referanser **25**

Sammendrag

Mens det i 1993 ble registert lave verdier av totalozon store deler av året, viser målinger fra Universitetet i Oslo at store deler av 1994 kan karakteriseres som et normalår. Spesielt lavt var det imidlertid i juli måned med 10% under julimiddelet for 1979-1989. Dette er det lavest målte julimiddel siden 1979. Mars lå 9% under marsmiddelet for 1979-1989. Om vinteren og om våren er variasjonene store fra år til år slik at marsmiddelet for 1994 ikke er uvanlig lavt, men atmosfæriske modellstudier utført ved NILU viser at kjemisk nedbrytning av ozon kan ha bidratt til de lave ozonverdiene i mars. De øvrige månedene viste normale verdier. For Tromsø foreligger målinger fra mai måned. Juli og august måned lå henholdsvis 6% og 5% under middelverdien for 1984-1991. Middelverdien for oktober var 8% høyere enn oktobermiddelet for 1984-1991.

Basert på bakkemålinger i Oslo er det utført en trendanalyse for perioden 1979-1994. Analysen gir en gjennomsnittlig nedgang på 0,60% pr. år om vinteren. Den gjennomsnittlige nedgangen om sommeren er 0,28% pr. år. På årsbasis er nedgangen 0,37% pr. år. Den nedadgående trenden har ikke vært jevn i perioden 1979-1994. For Tromsø har vi en sammenhengende måleserie fra 1984 til 1994 og for Longyearbyen fra 1984 til 1993. Disse er for korte til å utføre en trendanalyse. For Tromsø finnes det måledata for perioden 1935 til 1969 og for Longyearbyen for perioden 1950 til 1969. Disse måleseriene er imidlertid ikke reanalysert, noe som er nødvendig for å se dem i sammenheng med den nye tidsserien.

Nimbus 7-satellitten med ozon-instrumentet TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) har gitt ozonmålinger globalt i perioden 1979 til mai 1993. En russisk satellitt, Meteor 3, er også utstyrt med et TOMS-instrument. Denne satellitten ble skutt opp i 1991 og sluttet å sende data i desember 1994. Dataene fra Meteor 3-satellitten har ikke vært av god nok kvalitet for trendanalyser. Dette går tydelig fram når målingene fra TOMS-instrumentet sammenlignes med stabile bakke-instrumenter.

Ved Universitetet i Oslo benyttes det to instrumenter for ozonlagsmåling, et Dobson-instrument og et Brewer-instrument. Universitetet i Tromsø er også nå utstyrt med både et Dobson- og et Brewer-instrument. Brewer-instrumentet, finansiert av SFT, ble installert i mai 1994. Dette instrumentet er delvis automatisk og muligjør hyppigere målinger enn det som er praktisk mulig med Dobson-instrumentet. Parallellmålinger i Oslo siden 1990 viser at det er meget god overensstemmelse mellom Brewer- og Dobson-instrumentene. Dobson-instrumentet i Oslo ble sommeren 1994 kalibrert på Tenerife i regi av WMO (World Meteorological Organization). Denne kalibreringen viste at instrumentet ikke hadde endret seg siden forrige kalibrering i 1986. De to øvrige Dobson-instrumentene i Norge ble kalibrert mot det nykalibrerte Dobson-instrumentet i Oslo i juli 1994. Denne sekundære kalibreringen er godkjent av WMO.

Den ultrafiolette solstrålingen har vært målt sammenhengende i Oslo siden februar 1994 med GUV-511 (Ground-based Ultraviolet Radiometer) instrument. Disse målingene viser tydelig hvordan UV-strålingen avhenger av solhøyden,

ozonlagets tykkelse og skydekket. UV-strålingen øker med solhøyden. Mens UV-intensiteten knapt er målbar i desember måned pga. lav sol, er UV-strålingen maksimal i juni/juli når sola står høyest på himmelen. UV-intensiteten varierer også fra dag til dag pga. varierende ozonmengde i atmosfæren og varierende skydekke.

Fra Bjørnøya og fra Gardermoen sendes det jevnlig opp ozonsonder med ballong. Disse når under gode forhold opp til 35 km høyde, dvs. over det meste av ozonlaget. Disse gir informasjon om høydefordeling av ozon og er viktige for å øke forståelsen av de prosesser som forårsaker endringer i atmosfærens ozonmengde. Målinger med ozonsonder i Antarktis har vist at nedbrytning av ozon i perioden september-november hvert år skjer i høydeområdet 14-24 km, hvor mesteparten av ozonet befinner seg. Våre sonderinger har imidlertid ikke vist slike dramatiske endringer i høydefordelingen av ozon hos oss.

SAOZ-instrumentet (System for Analysis of Observations at Zenith) i Ny-Ålesund har vært i drift siden 1990. Dette instrumentet er bygget bl.a. for å måle ved lav sol. Instrumentet viser relativt god overensstemmelse med andre tradisjonelle bakkeinstrumenter. Marsmiddelet for 1994 lå for Ny-Ålesund ca. 20% under marsmiddelet for 1984-1991. Dette er meget lavt på disse breddegrader som normalt har meget høye ozonverdier i mars måned. Atmosfæriske modellstudier ved NILU viser at nedgangen i mars delvis kan skyldes kjemisk nedbrytning av ozon. Aprilmiddelet for 1994 viste lite avvik fra aprilmiddelet for 1984-1991.

Ozonsonde-programmet har i 1994, i tillegg fra støtte fra SFT, også fått støtte fra Norges Forskningsråd. Måleprogrammet og rapportering er gjort mulig gjennom det statlige prosjekt for ozonlagsovervåking.

Ansvarlige for ozonmålinger ved Universitetet i Oslo og i Longyearbyen er Finn Tønnessen (Tønnessen et al., 1994). Målinger med Dobson-instrumentet i Oslo 1979-1993 er utført av Søren H. H. Larsen (Larsen, 1993). Ansvarlige for ozonmålinger ved Universitetet i Tromsø er Kjell Henriksen (Henriksen et al., 1994). Ansvarlige for ozonsonder fra Bjørnøya og Gardermoen er Geir Braathen, NILU, som også er ansvarlig for målingene med SAOZ-instrumentet på Ny-Ålesund. SAOZ-instrumentet er finansiert av Norges forskningsråd (tidligere NTNF).

I denne rapporten benyttes enheten Dobson-enhet (Dobson Units, forkortet DU) for ozonmengden i atmosfæren. Ozonet i atmosfæren er fordelt over et stort høydeområde, mesteparten befinner seg mellom 15 og 25 km. Hvis alt ozonet var samlet ved bakken i et rent ozon-sjikt ved normalt trykk og temperatur, ville tykkelsen av et slikt lag være 2-5 mm. Dette tilsvarer 200-500 DU.

Overvåking av ozonlaget

Årsrapport 1994

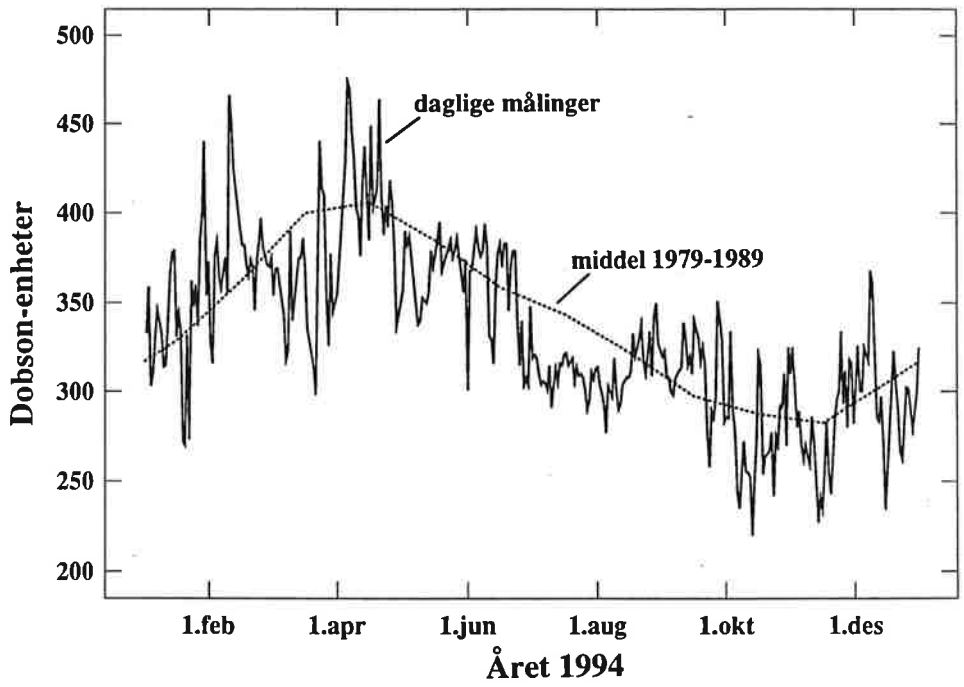
1. Måleresultater

1.1 Dobson- og Brewer-instrumentene

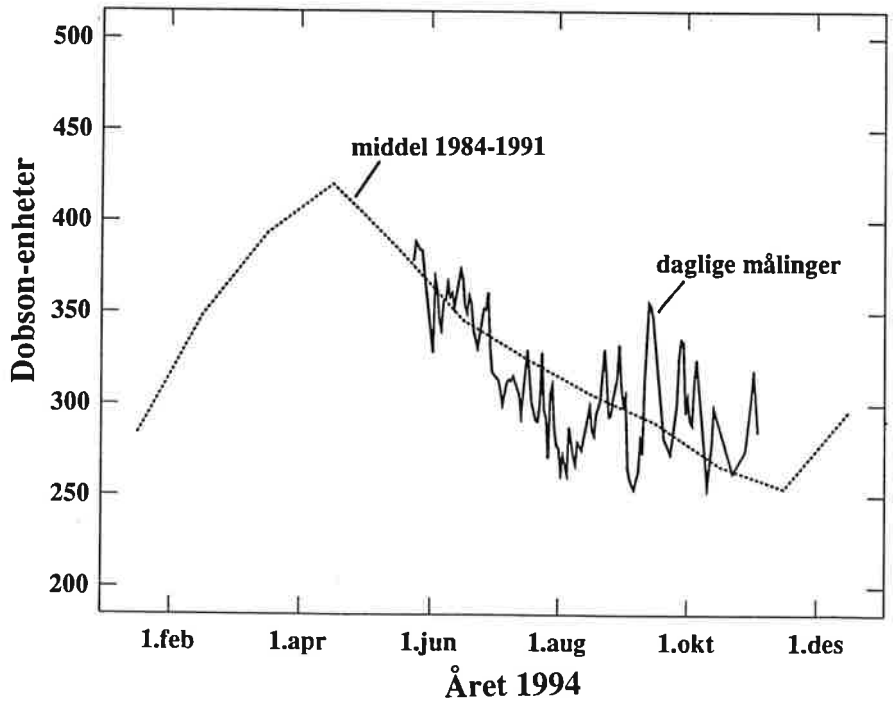
Figurene 1 og 2 viser totalozon (ozonlagets tykkelse) fra dag til dag i 1994 for Oslo og Tromsø. På begge steder utføres målingene med et Brewer- og et Dobson-instrument. Som vanlig på våre breddegrader er variasjonene fra dag til dag store, spesielt om vinteren og våren. Dette skyldes meteorologiske variasjoner.

Målingene i Oslo (Tønnessen et al., 1994) er vist i figur 1. De daglige verdiene er basert på målinger med Brewer- og Dobson-instrumentet. Resultatene fra juni er i sin helhet basert på Brewer-instrumentet siden Dobson-instrumentet deltok i en internasjonal kalibrering i regi av WMO (World Meteorologic Organization). Den heltrukne kurven viser de daglige verdiene, mens den stiplete er månedsmiddelverdien for årene 1979-1989. Perioden fra 1979 til 1989 er valgt for beregning av langtidsmiddel siden det er en mulig sammenheng mellom solflekkaktivitet og totalozon, og denne perioden dekker en solflekksyklus. Det viser seg imidlertid at dette valget ikke er avgjørende. Det beregnete langtidsmiddel endrer seg svært lite hvis perioden økes til f.eks. 1979-1991 (månedsmidlene vil endre seg med mindre enn 4 DU). Mens 1992 og 1993 viste til dels svært lave verdier, spesielt vinter og vår, kan store deler av 1994 karakteriseres som et normalår. Årets høyeste verdi, 474 DU, ble målt 3. april. De høyeste verdiene måles normalt nettopp om våren. Dette har sammenheng med at transporten av ozonrik luft i stratosfæren fra ekvatorområdene mot høye breddegrader er sterkest om våren. Om høsten er denne transporten svakere og de laveste verdiene måles derfor normalt på denne årstiden. Den lavest registrerte verdi i 1994, 220 DU, ble målt 13. oktober. Middelet for juli var 10% lavere enn julimiddelet for perioden 1979-1989. Dette er det laveste julimiddelet som er registert siden 1979. Middelet for mars måned lå 9% lavere enn marsmiddelet for perioden 1979-1989. Mars måned viser større svingninger fra år til år enn sommer- og høst-månedene slik at marsmiddelet for 1994 ikke karakteriseres som svært lavt. De øvrige månedsmidlene var nær det normale.

Et nytt Brewer-instrument, finansiert av SFT, ble installert ved Nordlysobservatoriet, Universitetet i Tromsø, i mai 1994. Det gamle Dobson-instrumentet har i hele 1994 vært i kontinuerlig bruk. Instrumentet var imidlertid utsatt for en vannskade sommeren 1993. Det var derfor behov for reparasjon og kalibrering av instrumentet. Det må derfor utarbeides nye kalibreringstabeller. Dette arbeidet er ennå ikke ferdig (Svenøe, 1995) og derfor er bare målingene med Brewer-instrumentet presentert her. Målingene i Tromsø (Henriksen et al., 1994) er vist i figur 2. Den stiplete kurven viser månedsmiddelverdien for 1984-1991. Middelet for juli var 5% lavere enn juli-middelet for perioden 1984-1991. Middelet for august var 6% lavere enn augustmiddelet for perioden 1984-1991. Oktobermiddelet var 8% over oktobermiddelet for 1984-1991.



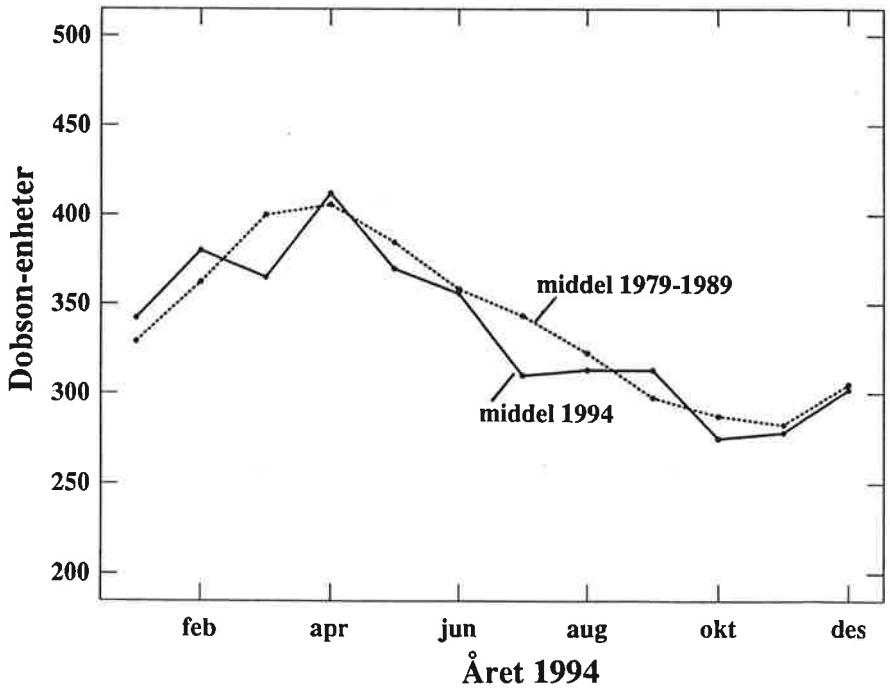
Figur 1: *Daglige ozonverdier målt med Dobson- og Brewer-instrumentet ved Universitetet i Oslo i 1994. Den stiplete kurven er månedsmidler fra 1979 til 1989.*



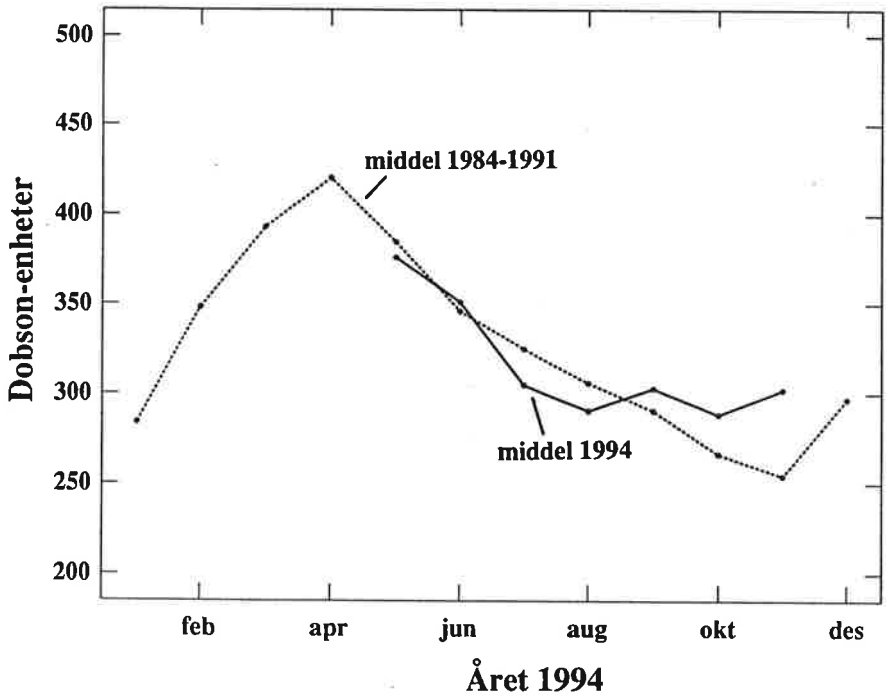
Figur 2: *Daglige ozonverdier målt med Brewer-instrumentet ved Universitetet i Tromsø i 1994. Den stiplete kurven er månedmidlene fra 1984 til 1991.*

Dobson-instrumentet på Svalbard har siden 1984 vært plassert på flyplassen i Longyearbyen. De siste årene har målehyppigheten vært lav. Våren 1994 ble instrumentet flyttet til Tromsø og instrumentet ble renset innvendig. Sommeren 1994 ble instrumentet flyttet til Oslo og kalibert mot Dobson-instrumentet i Oslo. Høsten 1994 ble instrumentet flyttet til Ny-Ålesund på Svalbard, og målingene vil her bli utført av personale fra Norsk Polarinstitutt. De eneste tilgjengelige norske målingene på Svalbard i 1994 er utført med SAOZ-instrumentet i Ny-Ålesund. Dette instrumentet er ennå ikke godkjent som standardinstrument for målinger av totalozon. Kvaliteten på dataene er imidlertid såpass god (se kapittel 3) at målingene fra Ny-Ålesund gir en ganske god beskrivelse av variasjonene fra dag til dag. Målingene med SAOZ-instrumentet viser svært lave verdier i mars 1994. Middelverdien for mars var 328 DU. Dette er ca. 20% under marsmiddelet for 1984-1991 for Longyearbyen som også er representativt for Ny-Ålesund pga. den korte avstanden. Målingene med SAOZ-instrumentet er vist i avsnitt 1.4. TOMS-instrumentet i Meteor 3-satellitten viser også et marsmiddel på 328 DU for Ny-Ålesund. Når to uavhengige instrumenter viser samme resultat er sannsynligheten stor for at dette resultatet er reellt. Atmosfæriske modellstudier utført ved NILU viser at nedgangen i mars delvis kan skyldes kjemisk nedbrytning av ozon.

Figurene 3 og 4 viser månedsmiddelverdiene for 1993 sammenlignet med langtidsmidlene for henholdsvis Oslo og Tromsø. Her går det tydelig frem at for Oslo er avviket fra langtidsmiddelet størst i mars og juli. For Tromsø er avviket fra langtidsmiddelet størst i november. For Oslo og Tromsø er avviket fra langtidsmiddelet for hver måned vist i tabell 1.



Figur 3: *Figur 3: Månedsmiddelverdiene for 1994 og månedsmiddelverdiene for 1979-1989 for Oslo.*



Figur 4: *Månedsmiddelverdiene for 1994 og månedsmiddelverdiene for 1984 til 1991, for Tromsø.*

Tabell 1: *Prosentvis avvik i månedsmiddelverdiene for 1994 fra langtidsmiddelet for Oslo og Tromsø. (Målingene for januar–mai i Tromsø må reanalyseres, og er derfor ikke tatt med.)*

Måned	Oslo	Tromsø
Januar	4	
Februar	5	
Mars	-9	
April	2	
Mai	-4	
Juni	0	2
Juli	-10	-6
August	-3	-5
September	5	4
Oktober	-4	8
November	-2	
Desember	-1	

1.2 Ozon-sonder

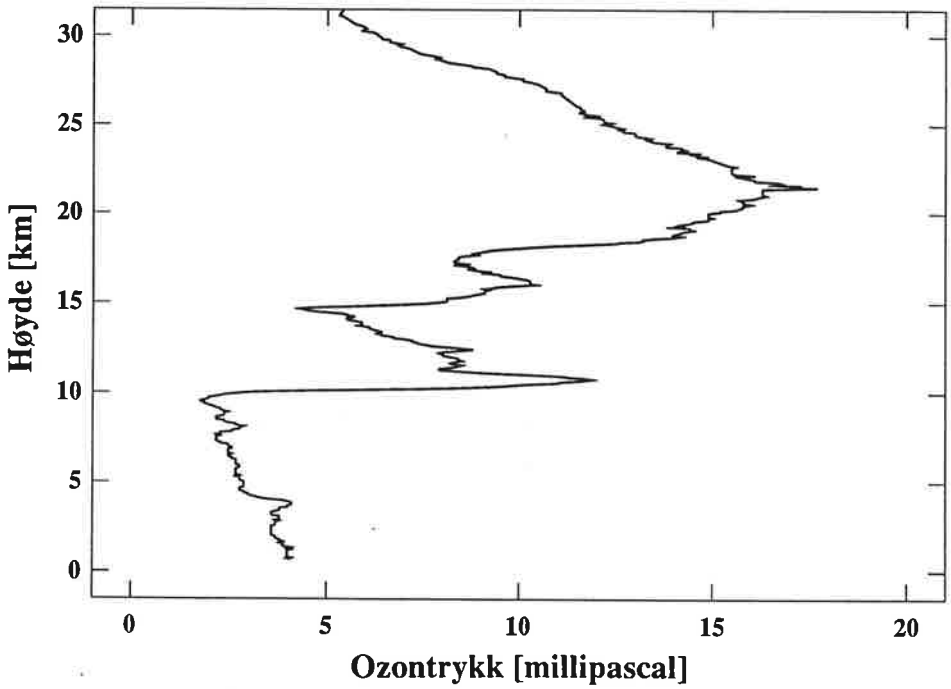
Ozonsonder sendt opp med ballong gir verdifull informasjon om høydefordelingen av ozon. Under gode forhold stiger ballongen til en høyde av 35 km. Blandingsforholdet mellom luft og ozon er tilnærmet konstant over ca. 25 km. Hvis sprekkhøyden for ballongen overstiger 25 km høyde kan dermed den total ozonmengde anslås siden det er kjent hvordan lufttrykket varier med høyden.

Selve vertikalfordelingen av ozon gir informasjon som er nyttig for forståelsen av ozonvariasjoner som skyldes meteorologi og eventuell kjemisk nedbrytning. Målinger med ozonsonder i Antarktis har vist at nedbrytningen av ozon i perioden september-november hvert år (ozonhullet) skjer i høydeområdet 15-25 km, hvor mesteparten av ozonet befinner seg. Ozonsonderinger i Arktis, derimot, har ikke vist slike dramatiske endringer i høydefordelingen av ozon. Både høydefordeling av ozon og totalozon bestemt fra ozonsonder er nyttig for vurdering av totalozon målt med bakkeinstrumenter, spesielt om vinteren under vanskelige måleforhold. Fra Bjørnøya har det blitt sendt opp ozonsonder siden 1988, vanligvis en gang pr. uke. Under de europeiske ozonkampanjene SESAME (1993-1994) og EASOE (1991-1992) og likeledes i 1989 i forbindelse med den amerikanske ozonkampanjen AASE, ble det sendt opp sonder enda hyppigere om vinteren. I forbindelse med EASOE har det blitt sluppet sonder fra værskipet polarfront i Norskehavet og i forbindelse med SESAME fra Ørlandet. Fra Gardermoen Radiosondestasjon har det blitt sluppet ozonsonder siden desember 1990.

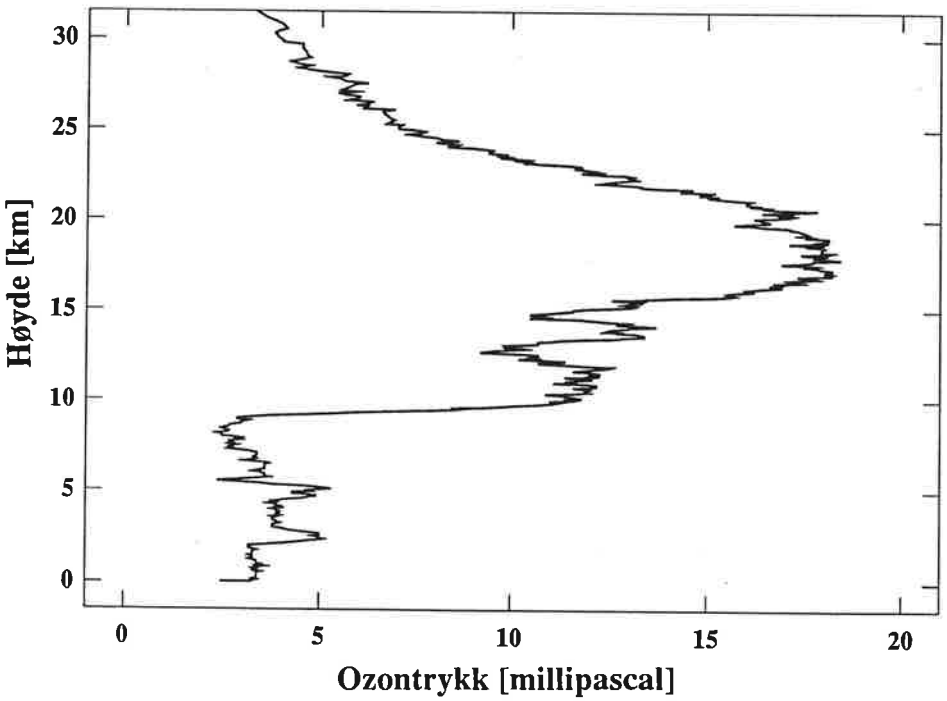
Figur 5 viser en typisk ozonprofil fra Gardermoen (30. mars, 1994). I den nederste delen av atmosfæren (troposfæren) er ozonkonsentrasjonen lav. Fra ca. 10 km (stratosfæren) øker konsentrasjonen med høyden og når et maksimum ved ca. 20 km høyde. Deretter avtar konsentrasjonen med høyden. Overgangen mellom troposfæren og stratosfæren kalles tropopausen. Tropopausehøyden vil variere med de meteorologiske forhold. En av årsakene til variasjon i den totale ozonmengde skyldes varierende tropopausehøyde. Høy tropopause vil gi lav totalozon, mens lav tropopause vil gi høy totalozon. Figur 6 viser en typisk ozonprofil fra Bjørnøya (25. mai, 1994). Maksimal ozonkonsentrasjon inntreffer her ved en noe lavere høyde enn for en typisk profil fra Gardermoen.

Figur 7 viser midlere vertikal fordeling av ozon for Bjørnøya for januar-mai for hvert av årene fra 1991 til 1994. (1989 og 1990 er ikke tatt med i figuren siden de viser bare små avvik fra 1991-profilen). Den lave konsentrasjon av ozon i den lavere stratosfæren som ble observert i 1993 har ikke inntruffet i 1994. Imidlertid viser våre data at ozonkonsentrasjonen over 20 km høyde er minst like lav som i 1993.

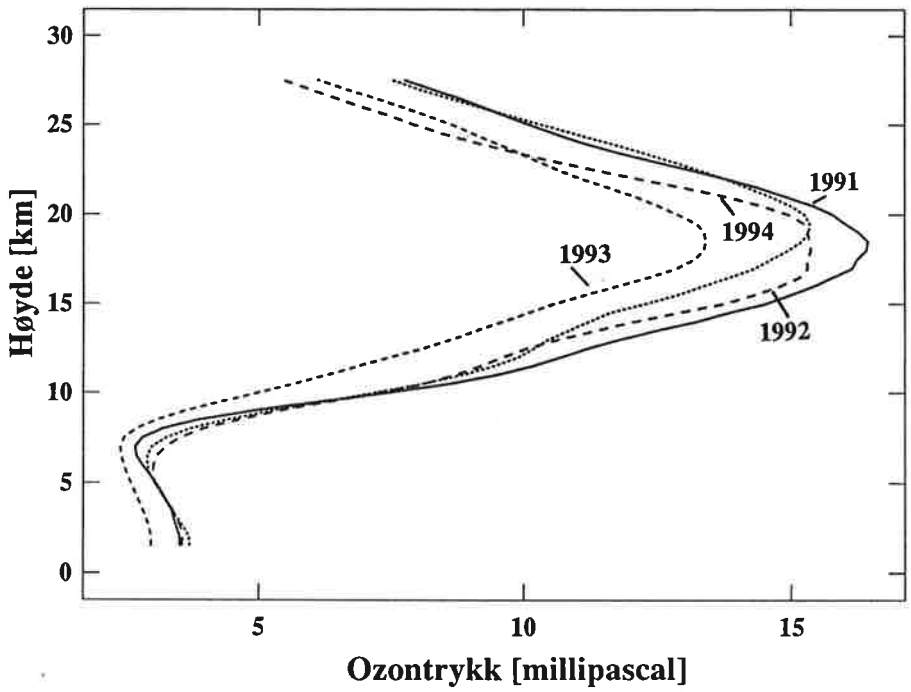
Figur 8 viser midlere vertikal fordeling av ozon for Gardermoen for januar-mai for hvert av årene 1992 til 1994. Her er det 1994-profilen som avviker fra 1992- og 1993-profilene, med økt konsentrasjon under 20 km høyde.



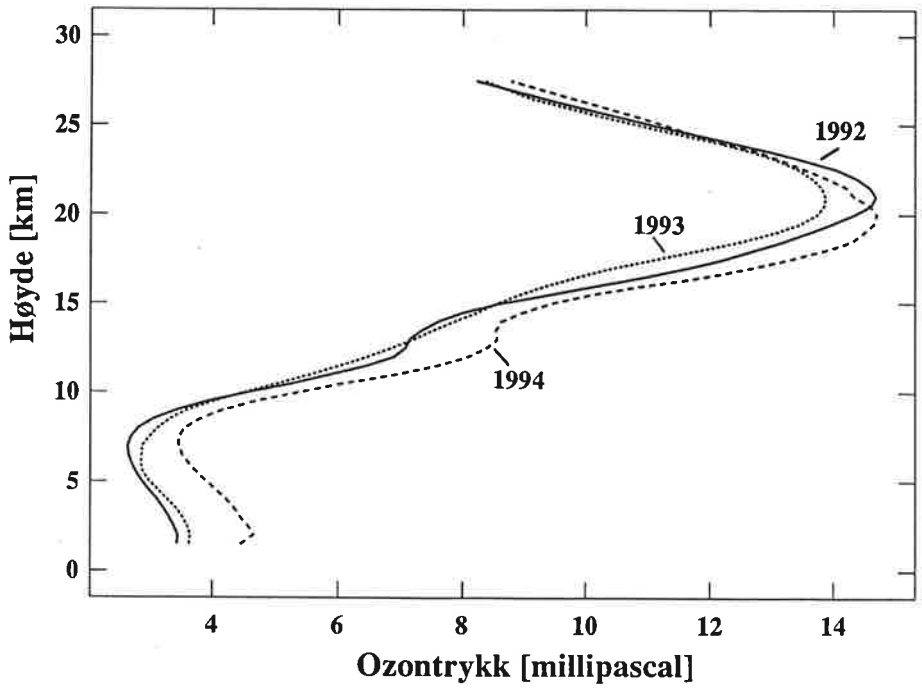
Figur 5: *Høydefordeling av ozon over Gardermoen 30. mars 1994 målt med ozonsonde sendt opp med ballong.*



Figur 6: *Høydefordeling av ozon over Bjørnøya 25. mai, 1994 målt med ozonsonde sendt opp med ballong.*



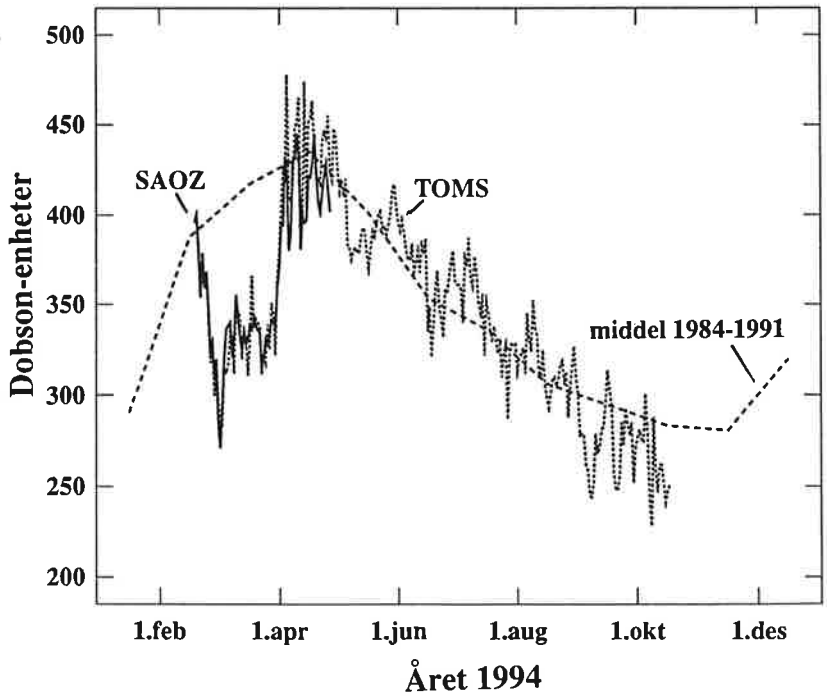
Figur 7: *Midlere høydefordeling av ozon for januar-mai for årene 1991 til 1994 over Bjørnøya.*



Figur 8: *Midlere høydefordeling av ozon for januar-mai for årene 1992 til 1994 over Gardermoen.*

1.3 SAOZ

SAOZ (System for Analysis of Observations from Zenith) har vært plassert på Ny-Ålesund siden september 1990. Instrumentet er konstruert for å kunne måle bl.a. totalozon når solen står nær horisonten. Figur 9 viser ozonmengden målt med SAOZ på Ny-Ålesund fra 17.02.94 til 27.04.94. Etter 27. april står solen for høyt over horisonten hele døgnet slik at ozonmålinger ikke er mulig med SAOZ. I samme figur vises også ozonmengden målt med TOMS-instrumentet i Meteor 3-satellitten. Ozonmålinger med TOMS-instrumentet på høye breddegrader er ikke av like god kvalitet som målinger med tradisjonelle instrumenter som Brewer og Dobson. Kvaliteten på SAOZ-dataene er heller ikke tilstrekkelig dokumentert. Dette betyr først og fremst at de ikke kan benyttes til nøyaktige trendanalyser. Imidlertid er kvaliteten god nok til at ozonvariasjonene som vises her sannsynligvis er ganske realistiske. God overenstemmelse mellom TOMS og SAOZ i den overlappende perioden om våren støtter denne antagelsen. Et spesielt trekk i måleserien for 1994 er gjennomgående svært lave ozonverdier i mars måned. Både SAOZ og TOMS gir et marsmiddel som ligger 20% under marsmiddelet for perioden 1984-1991 basert på Dobson-målinger fra Longyearbyen. For de øvrige månedene er bare TOMS-data tilgjengelig. Disse ligger nær 1984-1991 middelet.



Figur 9: Ozonmengden målt med SAOZ og TOMS. Ny-Ålesund i 1994.

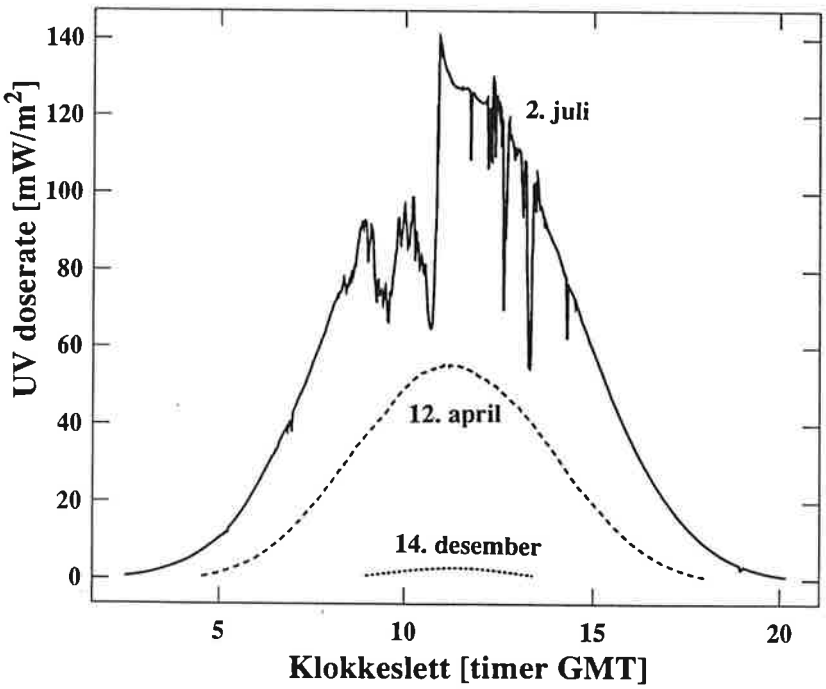
1.4 UV-målinger med GUV-511

GUV-511 (Ground-Based Ultraviolet Radiometer) er et instrument som måler irradiansen (strålingen som faller på en horisontal flate) ved fire bølgelengdebånd i UV-området. Instrumentet gir måledata hvert minutt. Ved hjelp av en analysemetode (Dahlback,1995) bestemmes den biologisk effektive UV-doseraten, den totale ozonmengde og den optiske tykkelse av skydekket. Den biologisk effektive

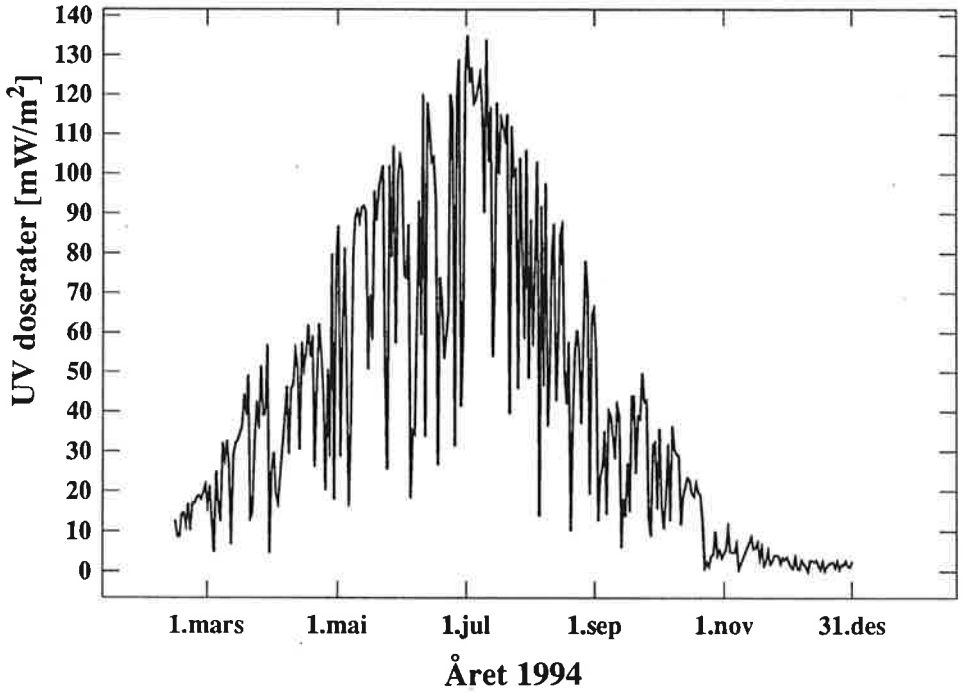
UV-doseraten er et mål på den ultrafiolette strålingen mellom 290 og 400 nm som faller på en horisontal flate veiet med et aksjonsspektrum (CIE), som innebærer at man tar hensyn til at den mest kortbølgete delen (UV-B) har større biologisk effekt enn den mest langbølgete (UV-A). Enheten for UV-doserate er mW/m^2. Den optiske tykkelsen av skydekket er et mål på skydekkets evne til å svekke stråling. GUV-511-instrumentet står plassert ved siden av Brewer-instrumentet ved Universitetet i Oslo.

Figur 10 viser doseraten fra soloppgang til solnedgang på tre utvalgte dager i 1994: 12. april (vår), 7. juli (sommer) og 14. desember (vinter). Ozonmengdene var 375 DU 12. april , 320 DU 2. juli og 275 DU 14. desember . Både 12. april og 14. desember var klarværsdager, mens 2. juli hadde variabelt skydekke. Disse tre eksemplene illustrerer hvordan doseraten endrer seg fra vinter til vår og til sommer. Den maksimale doseraten 12. april var 55 mW/m^2, 149 mW/m^2 7. juli og 3 mW/m^2 14. desember. Kurven for 2. juli illustrerer også hvordan skyer innvirker på doseraten.

I figur 11 vises doseraten midt på dagen for hver dag fra 15. februar til 31. desember 1994. Årstidsvariasjonen skyldes hovedsakelig solhøyden. De daglige variasjonene skyldes hovedsakelig skydekket, men ozonmengden er også av stor betydning.



Figur 10: Doseraten fra soloppgang til solnedgang 12.04.94 (vår), 02.07.94 (sommer) og 14.12.94 (vinter) målt med GUV-511 ved Universitetet i Oslo.

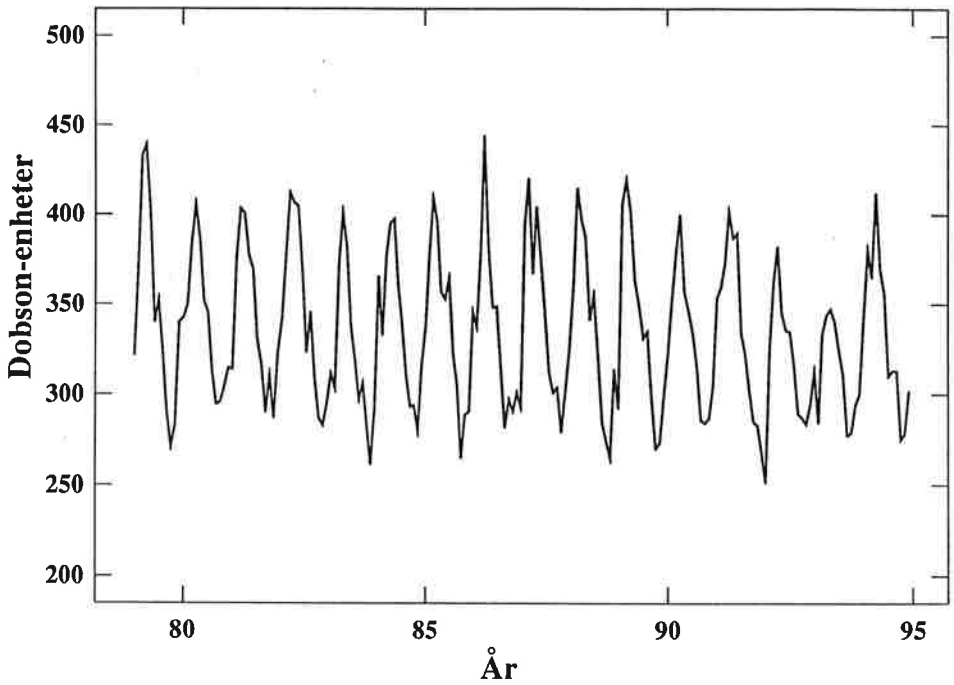


Figur 11: Doseraten midt på dagen fra 15.02.94 til 31.12.94 målt med GUV-511 ved Universitetet i Oslo.

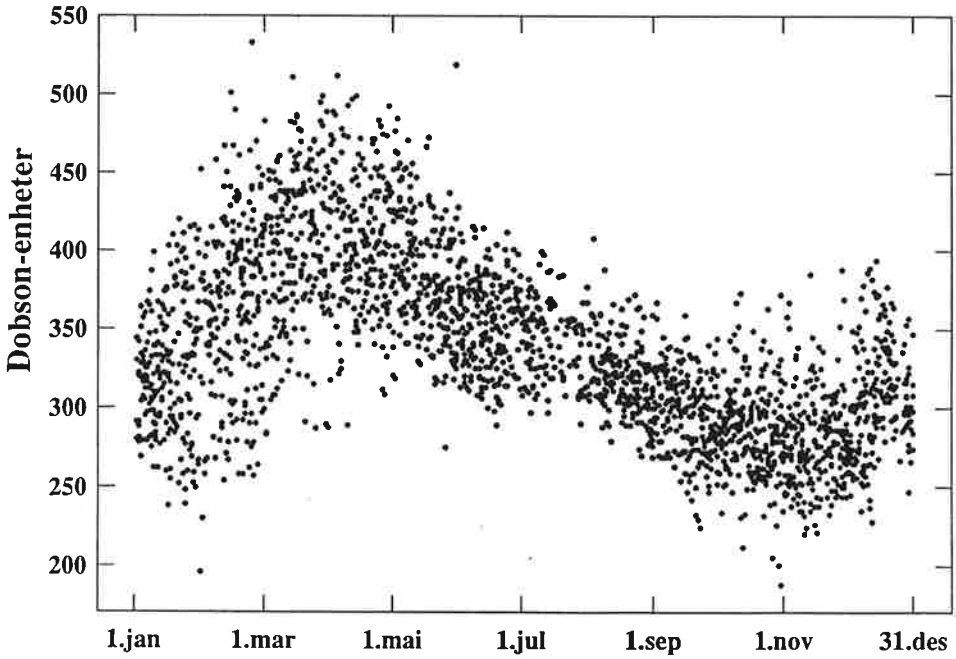
2. Ozon-målinger 1979–1994

Figur 12 viser hvordan ozonmengden, basert på månedsmidler, har variert over Oslo i perioden januar 1979 til desember 1994. Månedsmidlene er basert på målinger med Dobson- og Brewer-instrumentene. Den store årstidsvariasjonen, som er typisk for stasjoner på høye breddegrader, har sammenheng med transport av ozon fra kildeområdene i stratosfæren over ekvator. Denne transporten er størst om vinteren, og gir et maksimum i ozonmengden på vårparten. Svakere transport fra ekvator gir et minimum i totalmengden utpå høsten. I middel ligger april-middelet 40% høyere enn november-middelet. I figuren er det benyttet måneds-middelverdier slik at årstidsvariasjonene kommer tydeligere frem. Mens 1993 og til dels 1992 var preget av svært lave ozonverdier spesielt om våren, kan store deler av 1994 karakteriseres som et normalår, bortsett fra juli som var 10% lavere enn julimiddelet for 1979-1989 (se også avsnitt 1.1).

De hurtige og til dels store variasjonene fra dag til dag er midlet bort i figur 12. I figur 13 vises samtlige målinger som er foretatt i Oslo fra 1. januar 1979 til 31. desember 1989. Det er dette datasettet som er benyttet til beregning av langtids middelverdier for Oslo. Hvert punkt i figuren representerer en dags måling. Den store spredning av måleverdier spesielt om våren kommer tydelig frem. I mars-april er det målt verdier fra i underkant av 300 DU til i overkant av 500 DU. I november er det målt verdier fra ca. 200 DU til ca. 360 DU.

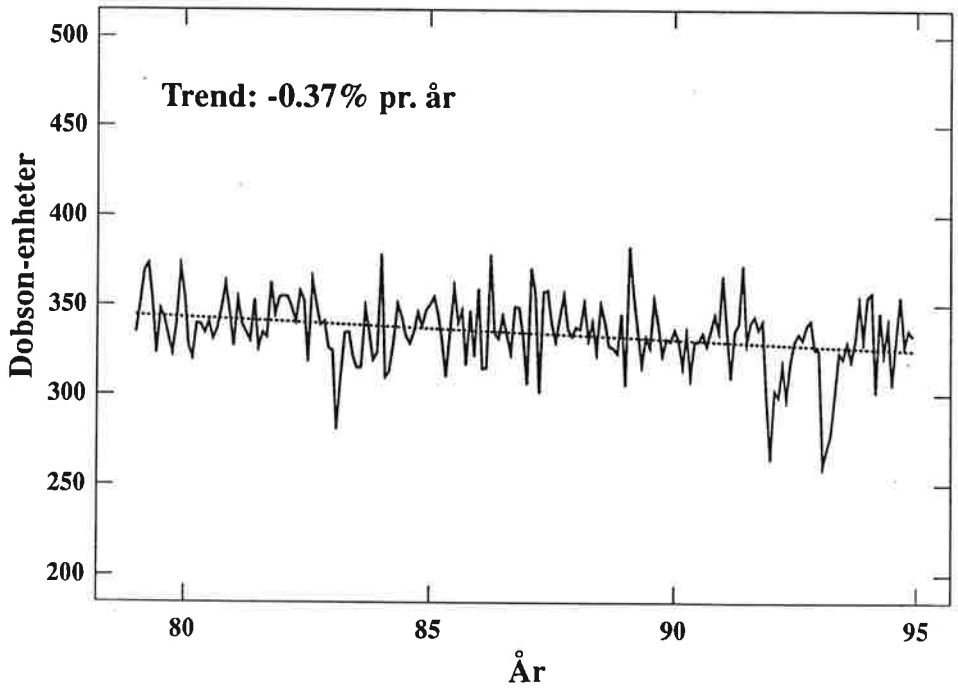


Figur 12: Variasjon i ozonmengden over Oslo 1979–1994 målt med Dobson- og Brewer-instrumentene basert på månedsmidler.

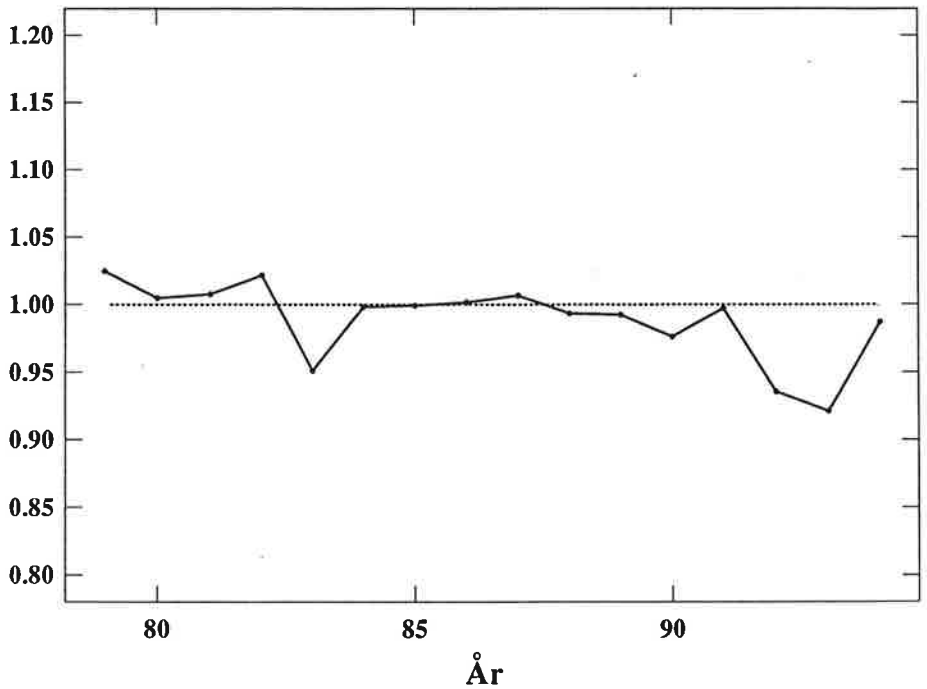


Figur 13: Daglige ozonverdier over Oslo 1979–1989 målt med Dobson-instrumentet. Hvert punkt representerer ozonverdien for en dag.

Figur 14 viser viser hvordan månedsmidlene varier fra 1979 til 1994 på en annen måte enn i figur 12 ved at sesongvariasjonene i perioden 1979 til 1994 er fjernet (sesongvariasjonen i månedsmidlene er fjernet ved å trekke fra langtids-månedsmiddelet og å legge til langtids-årsmiddelet). På denne måten går det tydeligere frem hvordan avviket fra måned til måned varierer gjennom perioden. En trendanalyse på dette data-settet gir en nedgang på 0,37% pr. år på årsbasis. Nedgangen for vintermånedene desember-mars er 0,60% pr. år, mens for sommermånedene mai-august er nedgangen 0,28% pr. år. De lave ozonverdiene i 1992 og i 1993 bidrar sterkt til den nedadgående trenden spesielt om vinteren. Som det fremgår av figur 14, er trenden ikke jevn i perioden 1979 til 1994. Dette er vist på en annen måte i figur 15, hvor årsmiddelet for hvert av årene 1979 til 1994 relativt til langtids-årsmiddelet (1979-1989) er vist. Spesielt lave verdier ble registrert i 1983, 1992 og 1993. Vulkanutbruddet fra El Chicon i Mexico i 1982 og fra Pinatubo, Filippinene, i 1992 kan ha hatt betydning for disse lave årsmidlene. Resultatet av trendanalysen er også vist i tabell 2.



Figur 14: Variasjon i ozonmengden over Oslo 1979-1994 målt med Dobson-instrumentet som vist i figur 12, men her er sesongvariasjonene fjernet.



Figur 15: Årsmidler i perioden 1979-1994 for Oslo basert på målinger med Dobson- og Brewerinstrumentet i Oslo. Figuren viser avviket i prosent fra langtids årsmiddelet (100(årsmiddel-langtidsmiddel)/langtidsmiddel).*

Tabell 2: Endring i ozonmengde i prosent pr. år for Oslo for perioden 1.1.1979 til 31.12.1994. Tallene i parentes angir usikkerheten (1 standardavvik). Data fra Dobson- og Brewer-instrumentene er benyttet.

Desember-mars	-0,60 (0,21)
Mai-august	-0,28 (0,12)
Hele året	-0,37 (0,09)

For Tromsø har vi en sammenhengende måleserie med Dobson-instrumentet fra 1984 til 1994 og for Longyearbyen fra 1984 til 1993. Disse måleseriene er for korte til å utføre en trendanalyse. Dessuten er det nødvendig å reanalysere måledataene for Tromsø for perioden 1990 til 1994 pga vannskaden som inntraff sommeren 1993 og forandring i den optiske kilen som ble oppdaget under kalibrering i 1994 (se avsnitt 4.1). For Tromsø finnes det måledata for perioden 1935 til 1969 og for Longyearbyen for perioden 1950 til 1969. Disse måleseriene er ikke reanalysert, noe som er nødvendig for å se dem i sammenheng med den nye tidsserien. TOMS-instrumentet i Meteor 3-satellitten er ikke av en slik kvalitet at de kan benyttes til trendanalyser.

3. Målinger med Dobson, Brewer, SAOZ, GUV-511 og TOMS

3.1 Målemetoder

Dobson-instrumentet (Komhyr, 1990) måler et intensitetsforhold ved to forskjellige bølgelengder i den ultrafiolette delen av solspekteret. Den ene bølgelengden absorberes sterkt av ozon og den andre svakt. Den sikreste metoden er å måle direkte mot solen. Siden det målte intensitetsforholdet er bestemt av bl.a. ozonmengden, kan denne beregnes. Instrumentet kan måle på fem forskjellige bølgelengdepar: A, B, C, D og C'. Standardmetoden er å benytte en kombinasjon av A- og D-paret, en såkalt AD-måling. Dette reduserer virkningen av spredning i atmosfæren og dessuten SO_2-innholdet i atmosfæren. I Oslo har C-paret vært benyttet i stor grad. Grunnen er at AD-målinger krever høyere sol enn C-målinger for å gi pålitelige verdier. Med C-målinger blir derfor målesesongen betydelig utvidet. I de senere årene har AD-målinger blitt benyttet i sommerhalvåret hyppigere enn tidligere. Dessuten benyttes også CD-målinger som gir gode målinger høst og vår. Med Dobson-indtrumentet er det også mulig å måle på det direkte månelyset.

Senitlysmålinger benyttes i stor grad på våre breddegrader. Dette skyldes at skyet vær og lav sol om vinteren umuliggjør direkte solmålinger. I en senitlysmåling måles det spredte sollyset fra senit. Ozonmengden bestemmes ved et kurvekart som viser sammenhengen mellom ozonmengde, solhøyde og det målte intensitetsforhold. Et slikt kurvekart bestemmes på grunnlag av et stort antall samtidige solmålinger (som gir ozonmengden direkte) og senitlysmålinger. Senitlysmålinger er mer usikre enn direkte solmålinger. Dette skyldes at det målte senitlys i tillegg til absorpsjon pga. ozon også påvirkes av høydefordelingen av ozon. Dette gjelder spesielt når solen står lavt på himmelen. Dessuten påvirkes senitlysmålinger av skyer. Ved også å måle med C'-paret, som påvirkes svært lite av ozon, kan man empirisk lage skykorreksjons-tabeller. Både AD, CD og C-parene benyttes ved senitlysmålinger.

I første rekke skiller Brewer-instrumentet seg fra Dobson-instrumentet ved at det i stor grad er automatisk, slik at en kan registrere etter et oppsatt program (Brewer-manual, 1990). Fordelen med Brewer-instrumentet er at man kan foreta et mye større antall målinger enn hva som er praktisk mulig med Dobson-instrumentet. Mens Dobson-instrumentet benytter to eller fire bølgelengder i UV-området, benytter Brewerinstrumentet fem. Ozonmengden kan bestemmes ved å måle på direkte sollys, direkte månelys eller spredt lys fra senit. Brewer-instrumentet muliggjør også måling av SO_2 og UV-B-spekteret av strålingen fra solen som når bakken. Med Brewer-instrumentet i Oslo er det også mulig å måle NO_2-innholdet i atmosfæren. Senitlysmålinger med Brewer-instrumentet gir med eksisterende analysemetoder ikke tilstrekkelig nøyaktige ozonmålinger. Flere grupper i Norden har etterlyst nye og bedre observasjons- og analysemetoder. Både ved Universitetet i Tromsø, Universitetet i Oslo og ved NILU er det satt i gang arbeid for utvikling av alternative metoder for bestemmelse av totalozon ved hjelp av senitlys og globalt (diffus plus direkte) UV-stråling.

Satellittene Nimbus 7 og Meteor 3 benyttet et ozonmåleinstrument, TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer). Ultrafiolett stråling fra solen trenger ned i atmosfæren, passerer ozonlaget hvor noe absorberes, deretter reflekteres den

gjenværende ultrafiolette strålingen fra bakken og skyene i troposfæren, og passerer ozonlaget en gang til med ytterligere absorpsjon. Strålingsintensiteten registreres av satellitten. Ved å måle svekkingsgraden og benytte strålingstransportberegninger, bestemmes hvor mye ozon lyset har passert. Ved målingene benyttes flere bølgelengder. Denne teknikken har mye til felles med senitlysteknikken, som benyttes med Dobson- og Brewer-instrumentet. Ingen av TOMS-instrumentene i Nimbus 7- og Meteor 3-satellittene er imidlertid lenger i drift. Antagelig vil to satellitter med TOMS-instrumenter bli skutt opp i løpet av 1995 (en japansk og en amerikansk).

SAOZ (System for Analysis of Observations at Zenith) er et instrument som er konstruert for å måle bl.a. ozonmengden i atmosfæren ved lav sol. Dobson- og Brewer-instrumentene gir med dagens analysemetoder vanligvis usikre ozonmålinger når solen står lavere enn 5-10 grader over horisonten. Grunnen til dette er blant annet at den ultrafiolette strålingen som Brewer- og Dobson-instrumentet måler på, blir for svak ved lav sol. SAOZ derimot benytter absorpsjonsbånd rundt 510 nm, dvs. i den synlige delen av spekteret hvor ozon absorberer mye svakere enn i den ultrafiolette delen. Målinger med SAOZ vil derfor gi best resultater ved lav sol, og siden instrumentet kan måle selv når solen står 2-4 grader under horisonten, er instrumentet velegnet på høye breddegrader. En annen fordel er at absorpsjonen omkring 510 nm er uavhengig av temperaturendringer i stratosfæren. Med nåværende analysemetode gir SAOZ ikke gode resultater når sola står høyere enn 10 grader over horisonten. I Ny-Ålesund kan derfor instrumentet ikke benyttes i store deler av sommerhalvåret fordi solen står for høyt over horisonten selv ved midnatt. Ved NILU arbeides det med å utvikle en metode som benytter stråling i den ultrafiolette delen av solspekteret, som SAOZ også måler, til å bestemme ozonmengden. En slik metode vil gi best resultater ved høy sol og vil øke målesesongen betydelig på Ny-Ålesund for dette instrumentet.

GUV-511 (Ground-Based UV Radiometer) måler irradiansen (strålingen som faller på en horisontal flate) ved fire bølgelengdebånd i UV-området. Kanalene har senterbølgelengder ved 305 nm, 320 nm, 340 nm og 380 nm, med båndbredde ca. 10 nm. Ved å kombinere de målte irradiansene i de fire kanalene er det mulig å bestemme både totalozon og UV-spekteret fra 290 til 400 nm med god nøyaktighet. I tillegg kan den biologisk effektive UV-doseraten og den optiske tykkelsen av skydekket bestemmes (Dahlback, 1995). Den biologisk effektive UV-doseraten er et mål på UV-strålingen fra 290 til 400 nm veiet med et biologisk aksjonsspektrum (CIE), som innebærer at man tar hensyn til at den kortbølgete UV-B-strålingen har større biologisk effekt enn den mer langbølgete UV-A-strålingen. Den optiske tykkelsen av skydekket er et mål på skydekkets evne til å svekke strålingen fra sola. Instrumentet er fullstendig automatisk og data logges hvert minutt. Detektoren er oppvarmet til 40°C. Dette sørger for å smelte rim eller snø på inngangsoptikken om vinteren.

3.2 Sammenligninger

Både Dobson-, Brewer-, TOMS-, SAOZ- og GUV-511-instrumentene benytter seg av en optisk metode for bestemmelse av ozonmengden i atmosfæren. Felles for alle er at de registrerer svekkingen av ultrafiolett sollys ved flere bølgelengdebånd. Bølgelengdene som det måles på er imidlertid forskjellig for instrumentene.

Dobson- og Brewer-instrumentene måler både det direkte sollyset og på senitlyset som når bakken. Satellitt-instrumentet TOMS, derimot, måler det tilbakespredte ultrafiolette sollyset, dvs. at metoden har mange fellestrekk med senitlysmetoden benyttet med Dobson- og Brewer-instrumentene bortsett fra at det sollyset som TOMS registrerer har passert gjennom atmosfæren to ganger. SAOZ-instrumentet skiller seg fra de andre ved at ozonmengden bestemmes fra målinger på lys fra senit i den synlige delen av spekteret. GUV-511-instrumentet måler irradiansen, dvs. strålingen fra alle retninger som faller på en horisontal flate, mens de øvrige måler strålingen som kommer fra en bestemt retning. Skyer og partikler i stratosfæren vil påvirke resultatene i varierende grad fra instrumenttype til instrumenttype. Lyset som måles av de forskjellige instrumentene har ikke passert gjennom nøyaktig samme del av atmosfæren. I tillegg måles det ikke på samme tidspunkt. Alle disse momentene bidrar til at instrumentene ikke gir eksakt samme resultat.

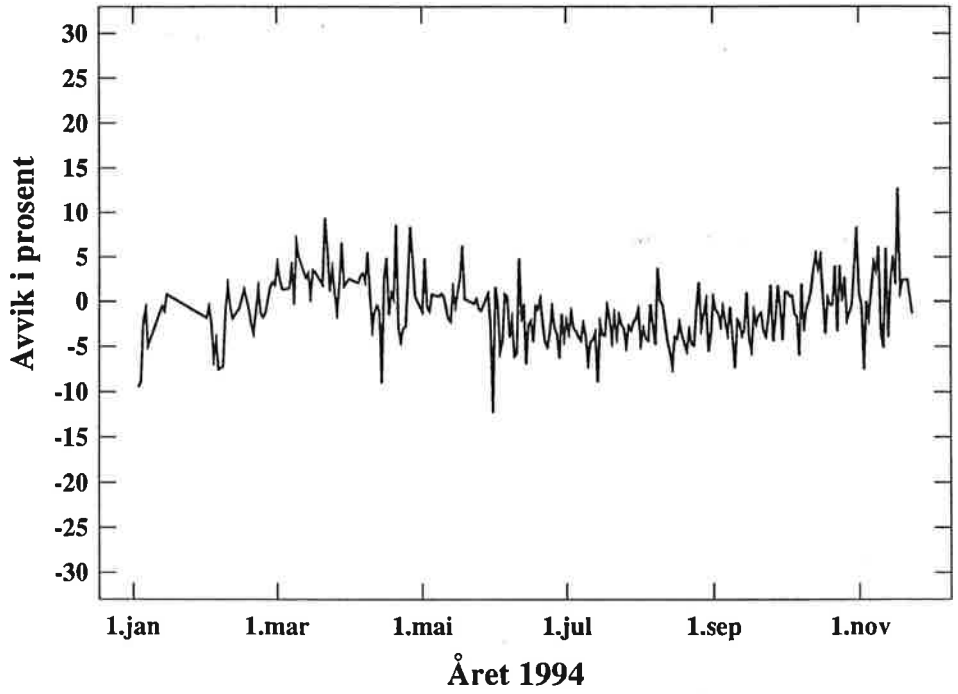
Figur 16 viser prosentvis avvik for TOMS (Meteor 3-satellitten) i forhold til Dobson/Brewer for Oslo i 1994. På årsbasis er avviket 0,88% med standardavvik 3,5%. Avviket var i 1994 ikke konstant gjennom året. Vår og høst 1994 lå Dobson/Brewer 2-4% høyere enn TOMS, mens sommeren 1994 lå Dobson/ Brewer 2-4% under TOMS. Dette varierende avviket indikerer at TOMS-dataene ikke er av tilstrekkelig kvalitet for trendanalyser.

Figur 17 viser prosentvis avvik for Brewer i forhold til Dobson for Oslo i 1994. Avviket er -0,34% på årsbasis og viser ingen utpreget årstidsvariasjon. Standardavviket er 1,67%. Overensstemmelsen mellom Brewer og Dobson i Oslo er derfor meget god. I figuren mangler data for juni fordi Dobson-instrumentet ble kalibrert på Tenerife.

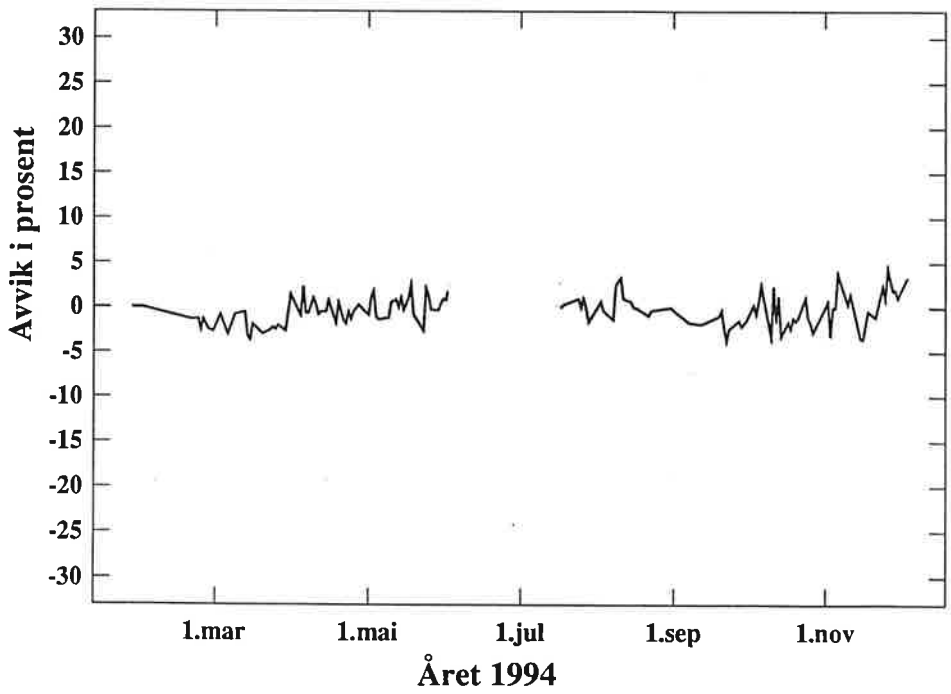
Figur 18 viser prosentvis avvik for GUV-511 i forhold til Dobson i Oslo i 1994. Avviket er 0,86% på årsbasis, og standardavviket er 2,2%. Avviket viser noe årstidsvariasjon men i betydelig mindre grad enn for TOMS. Overensstemmelsen mellom GUV og Dobson/Brewer er dermed god.

SAOZ-instrumentet ble plassert ved siden av Dobson- og Brewer-instrumentet ved Universitetet i Oslo i tiden 14. oktober til 30. november. Selv om tidsrommet er kort, gir det allikevel en indikasjon på kvaliteten til SAOZ-instrumentet. Figur 19 viser prosentvis avvik for SAOZ i forhold til Dobson/Brewer. Det gjennomsnittlige avviket er -2,5% og standardavvik 4,1%. Årsaken til det relativt store standardavviket kan delvis være at SAOZ måler morgen og kveld, mens Dobson og Brewer-målingene hovedsakelig er foretatt midt på dagen.

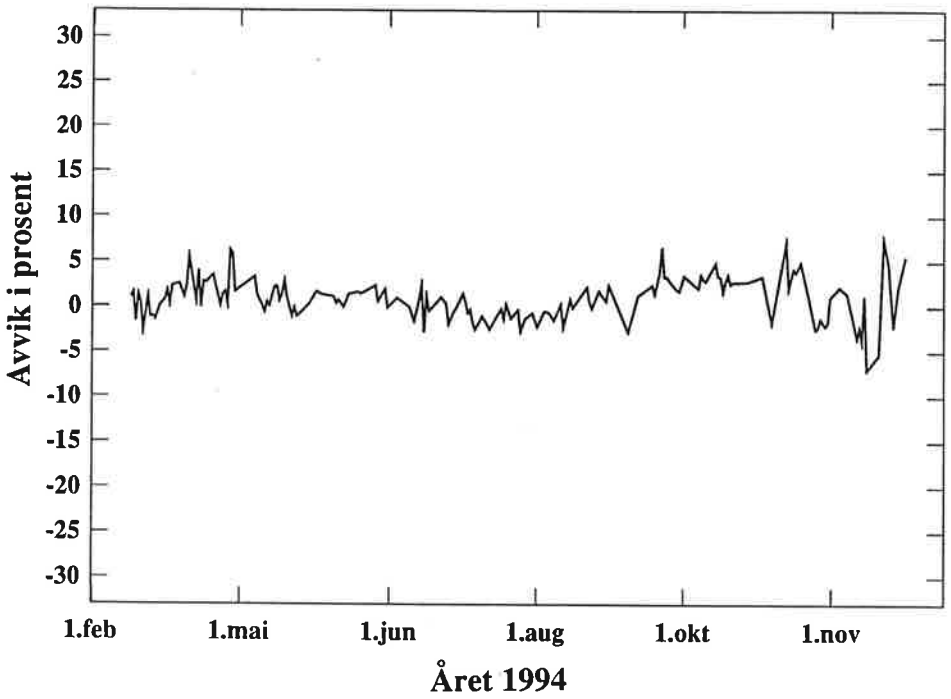
Figur 20 viser prosentvis avvik for TOMS i forhold til Brewer-instrumentet i Tromsø i 1994. Avviket er - 3,3% for hele perioden og standardavviket er 5,1%. Avviket varierer også her med tiden på året. Overensstemmelsen mellom TOMS og Brewer-instrumentet er derfor mindre god.



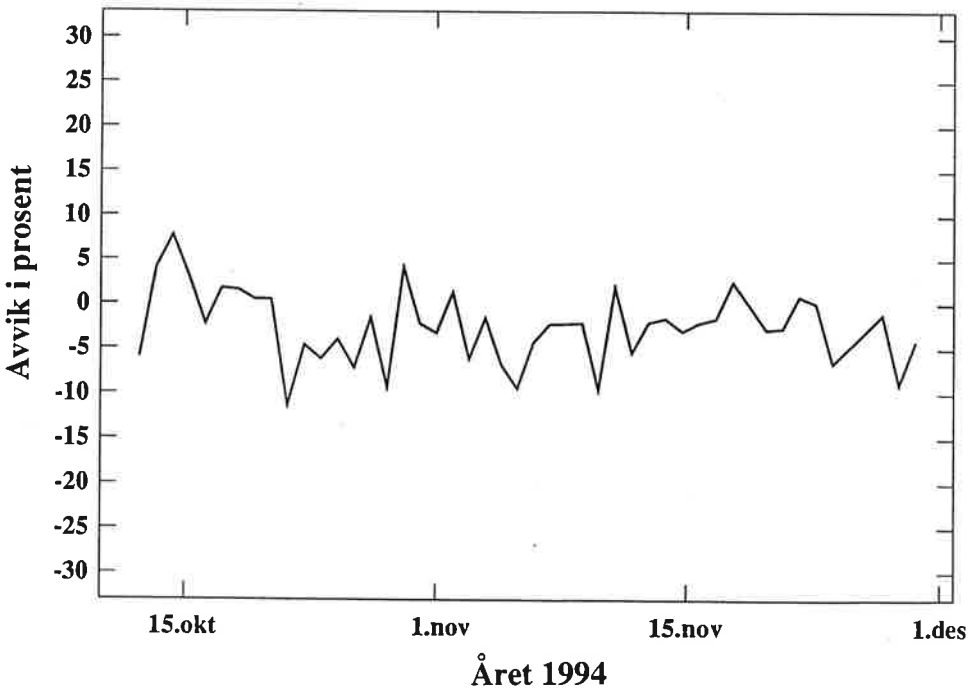
Figur 16: Sammenligning mellom målinger utført med satellitt-instrumentet TOMS og bakkemålinger basert på Dobson og Brewer (DB) for Oslo i 1994, 100(DB-TOMS)/DB.*



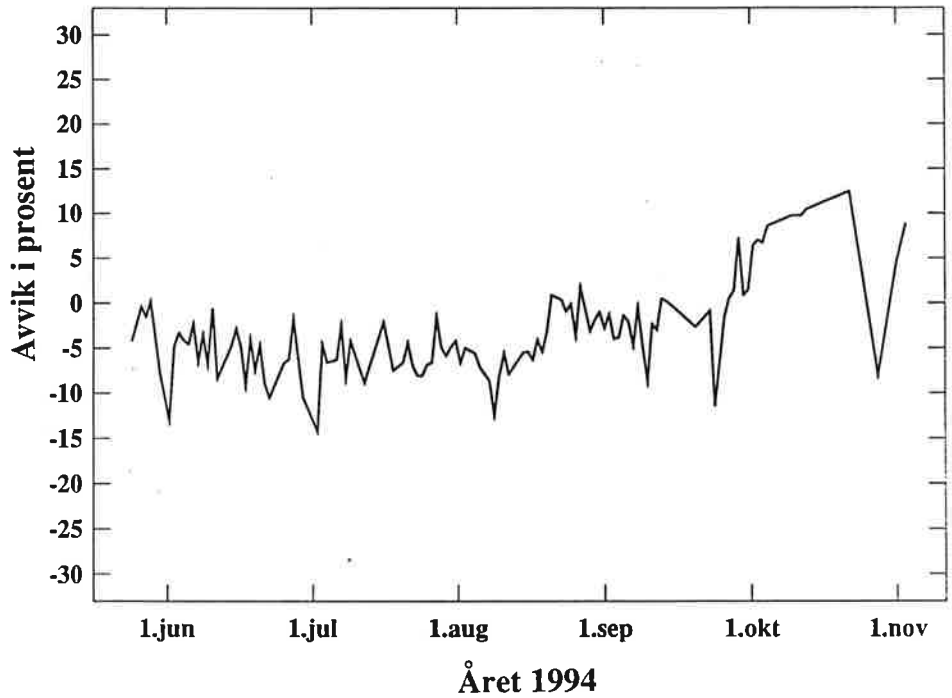
Figur 17: Sammenligning mellom målinger utført med Dobson- og Brewer-instrumentet for Oslo i 1994, 100(Dobson-Brewer)/Dobson). I Juni ble Dobson-instrumentet kalibrert på Tenerife.*



Figur 18: Sammenligning mellom ozonmålinger utført med GUV-511-instrumentet og Brewer/Dobson-instrumentene (DB) ved Universitetet i Oslo i 1994, 100(DB-GUV)/DB.*



Figur 19: Sammenligning mellom målinger med SAOZ-instrumentet og Brewer/Dobson-instrumentet ved Universitetet i Oslo i tiden 14.10.94 til 30.11.94, 100(DB-SAOZ)/DB.*



Figur 20: Sammenligning mellom målinger utført med Brewer og TOMS for Tromsø i 1994 , 100(Brewer-TOMS)/Brewer.*

4. Kalibrering av norske bakke-instrumenter

4.1 Dobson-instrumentene

Det har vært observert en markert nedgang i ozonmengden over Antarktis om våren siden slutten av 1970-årene. På den nordlige halvkule er det også observert en nedgang i ozonmengden spesielt om vinteren. På den nordlige halvkule har imidlertid nedgangen hittil vært mer moderat. På årsbasis har den gjennomsnittlige nedgangen vært mindre enn en halv prosent pr. år. For å kunne registrere slike små endringer nøyaktig kreves det god observasjonsteknikk og at instrumentene som benyttes er stabile over tid. Dobson-instrumentet er ansett som et meget stabilt instrument og har vært benyttet siden 1920-årene. Med noen års mellomrom arrangeres det kalibreringer av utvalgte Dobson-instrumenter i regi av WMO. Kalibreringen blir foretatt på steder med gode observasjonsforhold. Dobson-instrument nr. 8 på Svalbard ble kalibrert siste gang i Boulder Colorado i 1977 og Dobson-instrument nr. 14 i Tromsø ble kalibrert siste gang i Arosa, Sveits, i 1990. Dobson-instrument nr. 56 i Oslo, som ble kalibrert i 1977 og i 1986, ble i 1994 invitert til å delta i kalibreringen som ble arrangert på Tenerife ("WMO 18. Intercomparison of Dobson spectrophotometers, Izana, Tenerife, 14-30 June 1994"). Kalibreringen ble ledet av Robert Evans fra NOAA. Her deltok et av verdens sekundære standardinstrumenter (Dobson nr. 65) som alle deltakende instrumenter ble kalibrert mot. Først ble en initial-kalibrering foretatt (Opedal, 1995), dvs. eventuell drift siden forrige kalibrering ble bestemt. Dobson nr. 56 ("Oslo-instrumentet") var her blant de beste som deltok. Det gjennomsnittlige avvik mellom Oslo-instrumentet og referanse-instrumentet i målt totalozon for AD-bølgelengdeparet var 0,8%, og for CD-paret 0,74%. Dette avviket er

så lite at det ikke er nødvendig å endre måledataene mellom 1986 og 1994. Etter at kilekalibrering, spektrallampekalibrering og rensing av optikk var foretatt, var avviket redusert til 0,04% for AD-paret og 0,19% for CD-paret.

Etter vannskaden på Dobson-instrument nr. 14 ("Tromsø-instrumentet") i august 1993 var det helt nødvendig med en ny kalibrering og ettersyn av instrumentet (Svenøe, 1995). Dobson-instrument nr. 8 som siden 1984 var lokalisert i Longyearbyen ble transportert til Tromsø våren 1994. Begge instrumenter ble overhalt og kalibrert av Archie Asbridge fra SCI-TEC/WMO i Tromsø våren 1994. En svært viktig del i Dobson-instrumentet er den optiske kilen som benyttes til å svekke lyset fra en av inngangsspaltene i instrumentet. Under arbeidet ble det oppdaget at den optiske kilen i instrument nr. 14 hadde vært utsatt for en aldringsprosess. Dette er en typisk prosess som forekommer i gamle instrumenter med selatin-kiler (de første originale kiler som var benyttet i Dobson-instrumenter). Ifølge A. Asbridge fant man spor av slike prosesser så tidlig som i 1957 i et av de kanadiske instrumenter. Ved å gå tilbake til de gamle kalibreringsdataene fra Arosa i 1990 ble det konstatert at denne aldringsprosessen allerede var i gang da. Archie Asbridge hadde før besøket i Tromsø vært ved Ealing Beck i England hvor de produserer Dobson-instrumenter i dag. Han hadde med seg en ny optisk kile som ble montert inn i Dobson-instrument nr. 14 uten ekstra kostnad. Den optiske kilen ble deretter kalibrert.

Etter at Dobson-instrument nr. 56 ("Oslo-instrumentet") kom tilbake fra kalibreringen på Tenerife ble instrument nr. 8 og instrument nr. 14 flyttet til Oslo. I juli ble den endelige kalibreringen av de to instrumentene foretatt mot det nykalibrerte instrument nr. 56 (Opedal, 1994). WMO har godkjent denne kalibreringen selv om alt arbeidet ble foretatt i Norge uten bruk av standard-instrument.

På grunn av vannskaden i instrument nr. 14 ("Tromsø-instrumentet") og bytte av optisk kile er det nødvendig og reanalysere datasettet for Tromsø fra 1990 til 1994. Dette arbeidet utføres av Universitetet i Tromsø i samarbeid med Archie Asbridge, og vil være avsluttet i løpet av 1995.

4.2 Brewer-instrumentene

Brewer-instrument nr. 42 i Oslo ble kalibrert av Ken Lamb fra SCI-TEC i mai 1994 mot Brewer nr. 17 (det "reisende" standard Brewer-instrument). Instrumentet viste god stabilitet siden forrige kalibrering som ble foretatt i august 1993.

Et nytt Brewer-instrument finansiert av SFT kom til Tromsø i april 1994 og ble installert av Ken Lamb fra SCI-TEC tidlig i juni 1994. Dette nye instrumentet (Brewer nr. 104) ble kalibrert mot den reisende standard, Brewer nr. 17. Dårlig vær med mye regn ga langt fra ideelle kalibreringsforhold. En ny kalibrering ble derfor foretatt i august 1994. Alle ozonverdier fra juni til august ble beregnet på nytt.

Det nye Brewer-instrumentet måler i tillegg til ozon også SO_2-innholdet i atmosfæren og UV stråling spektralt fra 280 nm til 360 nm med 0,5 nm oppløsning. Instrumentet har en dobbel monokromator som innebærer at instrumentet

kan måle totalozon ved små solhøyder og UV-stråling nøyaktig i den mest kortbølgete delen av solspekteret.

En ny kalibreringsenhet er bygget ved Nordlysobservatoriet (Svenøe, 1995). Denne er utstyrt med doble vegger og vannavkjøling. Dette innebærer at kalibreringslampen holdes på konstant temperatur uavhengig av temperaturen i omgivelsene, noe som er av betydning siden endring av temperaturen i lampen kan endre utstrålingen fra kaliberingslampen, og dermed selv kalibreringen. Den vannavkjølte kalibreringsenheten har så langt vist seg å være meget stabil ved både innendørs og utendørs bruk. Dermed kan man på en sikker og enkel måte foreta kalibrering utendørs under virkelige forhold og med virkelige instrumenttemperaturer.

4.3 SAOZ-instrumentet

Som et ledd i SESAME (the Second European Arctic and Middle latitude Experiment) ble det arrangert en målekampanje i Camborne, England, fra 12. til 13. september 1994. Hensikten med kampanjen var å sammenligne ozon- og NO_2-målinger fra ulike UV-synlig spektrometere. Samtlige instrumenter som ble benyttet under kampanjen blir også benyttet i SESAME. I alt ni forskningsgrupper deltok med 12 instrumenter hvorav NILU deltok med ett SAOZ-instrument, som til vanlig er plassert i Ny-Ålesund på Svalbard. To andre SAOZ-instrumenter deltok i kampanjen.

Resultatene fra de sammenlignende målingene i Camborne vil bli samlet i en egen rapport til deltagerne i SESAME og NERC (National Environmental Research Council). Foreløpige resultater viser at forskjellen i total ozon mellom de tre SAOZ-instrumentene er mindre enn 2%. For NO_2 er forskjellen mellom de tre instrumentene noe større, ca. 5%.

4.4 GUV-511-instrumentet

GUV-511-instrumentet som er plassert ved siden av Brewer nr. 42, ved Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, ble i januar kalibrert ved kalibrerings-laboratoriet hos Biospherical Instruments i San Diego, California, USA. Samtidig ble et nytt filter installert i 340 nm-kanalen. Dette innebærer at denne kanalen vil være mer stabil enn tidligere. De andre kanalene har vært stabile.

5. Referanser

Brewer MKIV Spectrophotometer (1990) Operations Manual. OM-BA-CO1/B, May 1, 1990.

Dahlback, A. (1995) Measurements of biological effective UV-doses, total ozone abundance and cloud effects with multi-channel moderate bandwidth filter instruments. Submitted to Appl. Opt.

Henriksen, K. og Svenøe, T, (1994) Ozonmålinger med Dobson- og Brewer-instrumentet ved Universitetet i Tromsø i 1994. (Måledata)

Larsen, S.H.H. (1993) Ozonmålinger med Dobson-instrumentet ved Universitetet i Oslo 1979-1993. (Måledata)

Opedal, L. (1994) Rapport fra kalibrering av Dobson #56, Izana, Tenerife, juni 1994. Universitetet i Oslo.

Svenøe, T. (1995) Årsrapport 1994 for ozonmålinger og drift avDobson #14 og Brewer #104 ved Nordlysobservatoriet, Universitetet i Tromsø.

Tønnessen, F. et al. (1994) Ozonmålinger med Dobson- og Brewer-instrumentet ved Universitetet i Oslo i 1994. (Måledata).

Norsk institutt for luftforskning (NILU)
Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 20/95	ISBN-82-425-0672-8	
DATO 4/5-95	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 26	PRIS NOK 45,-
TITTEL Overvåking av ozonlaget Årsrapport 1994		PROSJEKTLEDER Geir O. Braathen NILU PROSJEKT NR. O-8985	
FORFATTER(E) Arne Dahlback, Geir O. Braathen og Frode Stordal		TILGJENGELIGHET * A OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep. 0032 OSLO			
STIKKORD Stratosfære-ozon	UV-stråling	Måledata	

REFERAT
Rapporten presenterer måledata fra norske bakkestasjoner i 1994.

TITLE
Monitoring of the ozone layer. Annual report 1994.

ABSTRACT
Data for 1994 from the Norwegian Ozone Monitoring Programme are presented.

** Kategorier:*	*A*	*Åpen - kan bestilles fra NILU*
	B	*Begrenset distribusjon*
	C	*Kan ikke utleveres*