

# Måling av naturlig ultrafiolett stråling i Norge. Årsrapport for 1996 og 1997.

*Hannevik M., Johnsen B., Mikkelborg O. og Saxebøl G.*

*Referanse:*

Hannevik M et al. Måling av naturlig ultrafiolett stråling i Norge. Årsrapport for 1996 og 1997. StrålevernRapport 1998:10. Østerås: Statens strålevern, 1998.

*Emneord:*

Ultrafiolett stråling. UV. Naturlig UV. GUV 541. Bentham DM 150. Spektralradiometer. Flerbåndsradiometer. UV-indeks.

*Resymé:*

Nettverket for overvåking av naturlig ultrafiolett (UV) stråling i Norge består av 7 stasjoner og har vært operativt siden begynnelsen av 1996. Basisinstrumentene er flerbåndsradiometre av typen GUV 541 og GUV 511. Et spektralradiometer av type Bentham DM 150 er tilknyttet nettverket. I rapporten presenteres bl.a. totaldose og variasjoner over året for samtlige stasjoner for 1996 og 1997. Det gis også eksempler på beregning av UV-indeks.

*Reference:*

Hannevik M et al. Monitoring natural ultraviolet radiation in Norway. Annual report for 1996 and 1997. StrålevernRapport 1998:10. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 1998. Language: Norwegian.

*Key words:*

Ultraviolet radiation. UV. Solar UV. GUV 541 Bentham DM 150. Spectroradiometer. Multiband radiometer. UV-index.

*Abstract:*

Solar ultraviolet radiation (UVR) has been monitored at seven places in Norway since the beginning of 1996. The monitoring network is equipped with multiband-radiometers, GUV 541 and GUV 511 and one spectroradiometer, Bentham DM 150. The report presents total dose and variations during the year for all stations from 1996 and 1997. Examples of UV-index are shown.

Forfattere: Hannevik M., Johnsen B., Mikkelsen O. og Saxebøl G.

*Godkjent:*

Ole Harbitz, Direktør, Statens strålevern.

21 sider.

Utgitt 1998-11-12.

Opplag 400.

Form, omslag: Graf, Oslo.

Trykk: Grüner & Jebsen A/S, Østerås.

*Bestilles fra:*

Statens strålevern, Postboks 55, 1345 Østerås.

Telefon 67 16 25 00, telefax 67 14 74 07.

ISSN 0804-4910

## **Innholdsfortegnelse**

*Definisjoner*

*Sammendrag*

*1. Innledning*

*2. Målsetting for et norsk nettverk*

*3. Beskrivelse av nettverket*

**3.1 Stasjonene**

**3.2 Instrumentering**

3.2.1 Basisinstrumenter GUV 541

3.2.2 Spektralradiometer Bentham DM 150

3.2.3 Sammenligningsmålinger.

*4. Drift av nettverket*

*5. Datalagring og bearbeiding*

**5.1 Bruk av data for informasjon.**

**5.2 UV-indeks**

**5.3 Minimal Erythem Dose, MED.**

*6. Måleresultater for perioden jan. 1996 til nov. 1997.*

*7. Konklusjon*

*8. Referanser*

## Definisjoner.

*Biologiske effektiv irradians:* Her det samme som CIE-vektet irradians.

*CIE-vektet irradians:* Spektral irradians vektet med CIE's (Commission International de l'Eclairage) anbefalte virkningsspekter for dannelse av erythem i lys, upigmentert hudtype.

*Irradians:* strålings-effekt per arealenheter innfallende på en plan flate, enhet **W/m<sup>2</sup>**.

*MED:* Minimal Erythem Dose definert som den energimengde per flate-enhet (stråledosen) som skal til for å produsere en svak synlig rødhet på et bestrålt område av huden, her definert som **210 J/m<sup>2</sup>** (Joule pr. kvadratmeter) CIE-vektet dose.

*Spektral irradians:* irradians per bølgelengdeintervall, enhet **W/(m<sup>2</sup>nm)**

*Virkningsspektrum:* beskriver hvor effektiv strålingen ved forskjellige bølgelengder er til å fremkalle/forårsake en bestemt biologisk effekt. CIE-virkningsspektrum er basert på erythemdannelse (solforbrenning).

*UV-indeks:* Et mål på styrken til de skadelige UV-strålene. Indeksen beregnes som CIE-vektet irradians gitt i W/m<sup>2</sup> multiplisert med 40. Er normalt et tall mellom 0 og 15.

## Sammendrag

Nettverket for overvåking av naturlig ultrafiolett (UV) stråling i Norge består av 7 stasjoner fra Grimstad i sør til Ny-Ålesund i nord. Bortsett fra Oslo som har vært i drift siden februar 1994, har alle målestasjonene vært operative siden begynnelsen av 1996. Nettverket administreres av Statens strålevern og Statens Forurensningstilsyn (SFT) ved NILU og finansieres av Sosial-og Helsedepartementet og Miljøverndepartementet.

Basisinstrumentene på målestasjonene er flerkanalsinstrumenter, GUV 541 fra Biospherical Instruments. Det måler irradians innenfor fem bølgelengdeintervaller i UV-området. Disse dataene gir mulighet for beregning av flere størrelser, blant annet doser, doserater og UV-indeks. NILU har videre utviklet programmer for beregning av skytetthet, ozon og bakkerefleksjon.

Måledata logges automatisk hvert minutt året rundt og data lagres på Strålevernet og på NILU. Data korrigeres årlig for endring i instrumentenes følsomhet. Drift for perioden fra produksjon i 1995 til recalibrering sommer 1997 presenteres. Alle resultater i rapporten er korrigert for drift. Det har vært lite avbrudd i målingene i løpet av den toårs perioden nettverket har vært i drift. I rapporten presenteres totaldose og variasjoner over året for samtlige stasjoner for 1996 og 1997. Det gis også noen eksempler på anvendelse av data til bl.a. beregning av UV-indeks. UV-nivået varierer med breddegrad. I total årtdose er det omtrent en halvering fra Landvik (58°N) til Ny-Ålesund (79°N). For alle stasjoner, bortsett fra Bergen og Ny-Ålesund, har den fine sommeren i 1997 gitt en økt årtdose på mellom 5% og 8% i forhold til 1996.

To års måleserier gir ikke grunnlag for trendanalyser, men på sikt vil data fra nettverket kunne brukes til vurdering av eventuelle endringer av UV-nivå.

## 1. Innledning

Klimaendringer og reduksjon av ozonlaget har fått stor oppmerksomhet de senere årene. Det er usikkert i hvor stor grad menneskeskapte aktiviteter har endret naturlige balanser og ført til endringer i atmosfærens sammensetning. Biologiske og klimatiske effekter fra dagens nivåer av miljøskadelige og klimaforstyrrende gassutslipp, og prognosene framover er usikre fordi det globalt sett eksisterer få observasjonssteder for slike miljøfaktorer. Få av disse stedene har langvarige samtidige registreringer av ozon og UV-stråling. Et redusert ozonlag vil medføre at en større andel kortbølget UV-stråling når ned til jordoverflaten.

UV-stråling er elektromagnetisk stråling med bølglengder i området 100-400nm<sup>1</sup>.

UV-stråling inndeles ofte i bølglengde-områdene UVC fra 200-280nm, UVB fra 280-320nm og UVA fra 320-400nm. UVC og delvis UVB-strålingen fra sola absorberes av ozonlaget mens UVA slipper nesten uhindret gjennom atmosfæren. Målinger av naturlig UV er derfor begrenset til UVA og UVB-området.

USA og Australia har hatt UV-nettverk siden midten av 70-tallet. Andre land, blant dem England, Sverige og Finland, har i løpet av de siste ti årene også utført målinger av naturlig UV. Disse nettverkene er primært rettet mot den helsemessige siden av UV-strålingsklimaet. Et nordisk samarbeid om UV-nettverk begynte i 1989 etter initiativ fra strålevernsmyndighetene. Dette startet planlegging av arbeidet for et landsdekkende UV-nettverk, hvor bl.a. flere av landets forskningsmiljøer var representert. På slutten av 1994 vedtok helse- og miljøvernmyndighetene at et slikt nettverk skulle etableres i Norge.

Direkte helseeffekter av UV-eksponering er begrenset til øyne og hud og kan føre til bl.a. solforbrenning på hud og betennelsesreaksjoner på øyet. Mer alvorlige effekter er svekking av immunsystemet og økt risiko for utvikling av grå stær og hudkreft. Kreftregisterets data dokumenterer en kraftig økning i antallet nye hudkrefttilfeller, og særlig foflekk-kreft, gjennom de siste 20-30 årene. Forskning tyder på at dette skyldes økt eksponering for UV-stråling gjennom endrete kles- og solingsvaner. Norsk institutt for naturforskning (NINA) har dokumentert at soling er den mest benyttede ferie- og fritidsaktiviteten i Norge (FAKTA nr.24 1992). På kort sikt synes derfor helseaspektet å være den viktigste siden av de umiddelbare negative effektene av økt UV-eksponering. Imidlertid kan man redusere negativ helsepåvirkning gjennom aktiv kunnskapsformidling, bl.a. basert på de data et norsk UV-nettverk ville gi.

På lengre sikt kan økologiske konsekvenser av en eventuell endring i den naturlige UV-strålingen få større betydning fordi dette vil påvirke bio-produksjonen og samspillet mellom arter i vår flora og fauna, og ikke bare vår helse, isolert sett. Forskningstokt i Sør-ishavet har dokumentert at dagens nivå av UV-stråling regulerer plankton produksjonen i disse områdene. Polar natur er spesielt sårbar for endringer i det naturlige UV klimaet og vår nær arktiske beliggenhet gjør data fra et norsk UV-nettverk svært verdifulle, også ut fra et miljøsynspunkt. Derfor er nettverket et samarbeid mellom helse og miljømyndighetene.

Nettverket har vært operativt siden januar 1996. Sosial og helsedepartementet og Miljøverndepartementet finansierer nettverket som administreres av Statens Strålevern og Statens Forurensningstilsyn (SFT) ved NILU.

---

<sup>1</sup> nm=nanometer=10<sup>-9</sup>meter

## 2. Målsetting for et norsk nettverk

Opprettelsen av et norsk UV-nettverk har som overordnet mål å skaffe sikrest mulig data for naturlig UV i Norge som kan knyttes til den helse- og miljømessige betydningen av det naturlige strålingsklimaet. Et annet viktig mål er å kunne påvise eventuelle endringer over tid. Det betyr data som har betydning både for miljø og helsekonsekvenser, og som er av internasjonalt akseptert kvalitet. Nettverket må ha god stabilitet i drift av alle stasjonene, registrering, overføring og lagring av data. Overvåking vil også danne grunnlag for eventuelle tiltak i form av varsling av unormalt høye UV-nivåer.

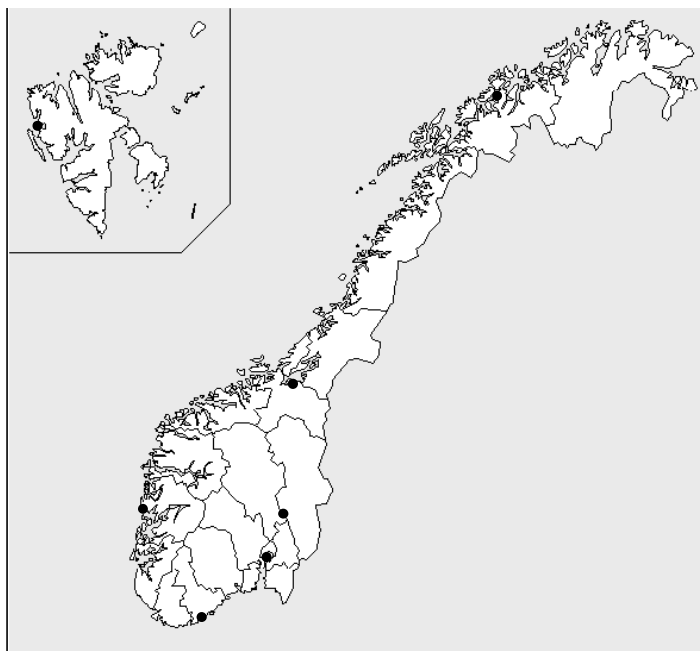
Sekundære mål, gjennom tolkning av data, er som her i stikkordsform beskrevet:

- Analyser av UV-utviklingen over tid som grunnlag for vurdering av publikumsvarsling.
- Forebyggende og bevisstgjørende opplysningsvirksomhet, rettet mot befolkningens solingsvaner. Undervisning og kompetanseoppbygging.
- Dokumentere årlig og sesongmessig varisjonsbredde for naturlig UV-stråling.
- Etablering av «Grunnlinje» for relatering av framtidige måleresultater.
- Dokumentere sammenheng mellom redusert ozonlag og endret innstråling av UV.
- Kartlegge eventuelle andre faktorerets betydning.
- Geografisk og topografisk fordeling av UV-stråling.
- Grunnlag for mulige satsingsområder innen UV-relatert forskning innenfor jordbruk, havbruk og annen primær- produksjon.
- Bidrag til nordisk og internasjonalt samarbeid.

## 3. Beskrivelse av nettverket.

### 3.1 Stasjonene

Det norske nettverket består av 7 basisinstrumenter plassert på følgende faste stasjoner:



Stasjonene nevnt fra syd mot nord:

- Planteforsk Grimstad/Landvik (58<sup>0</sup>N)
- Universitetet i Oslo (60<sup>0</sup>N)
- Universitetet i Bergen (60<sup>0</sup>N)
- Planteforsk Hedmark/Kise (61<sup>0</sup>N)
- Universitet i Trondheim (63<sup>0</sup>N)
- Universitet i Tromsø (70<sup>0</sup>N)
- Forskningsstasjonen i Ny-Ålesund (79<sup>0</sup>N)

I Oslo, Trondheim og Tromsø er instrumentene plassert ved og ettersett av Fysisk Institutt, i Bergen ved Geofysisk institutt og på Landvik og Kise ved Norsk institutt for planteforskning sine stasjoner.

NILU er ansvarlig for drift av nettverks-instrumentene i Oslo, Tromsø og Ny-Ålesund mens Strålevernet er ansvarlig for resten. Stasjonene er valgt for å få en best mulig dekning av landet i nord-syd retning og samtidig dekke områder som er representative for landbruk (Kise), har høy befolkningstetthet (Landvik), og høyt antall soltimer i løpet av sommermånedene. Instrumentene er plassert på steder der de har mest mulig fri horisont.-

Et åttende instrument av samme type fungerer som referanse for de øvrige, det beskrives nærmere nedenfor. Når dette instrumentet ikke er i bruk for sammenligningsmålinger eller er til recalibrering, som foregår hovedsakelig i i løpet av mai og juni, er det plassert på Strålevernet sammen med et spektralradiometer som er tilknyttet nettverket.

## 3.2 Instrumentering

### 3.2.1 Basisinstrumenter GUV 541

Basisinstrumentene i nettverket er flerkanalsinstrumenter, av type GUV 541 fra Biospherical Instruments. De måler irradians (innstrålingstetthet) innenfor fem bølgelengde-intervaller i UV-området, ved 305nm, 313nm, 320 nm, 340nm og 380nm, med båndbredder på ca. 10nm. Basisinstrumentene er temperatur-regulerte, automatiserte og logger måledata hvert minutt året gjennom. Klokkene på de lokale PC'ene som logger data på stasjonene, synkroniseres automatisk hvert døgn.



Figur 1. Alle de syv nye GUV 541 taket på Blindern på sammenligningsmålingene i 1995.

De syv nye instrumentene ble kalibrert hos fabrikant i mai 1995 og samtlige åtte instrumenter deltok i en norsk sammenligningsmåling i Oslo en måned senere (Johnsen og Hannevik, 1997). Ett av basisinstrumentene, med serie nummer GUV #9273, er et referanseinstrument

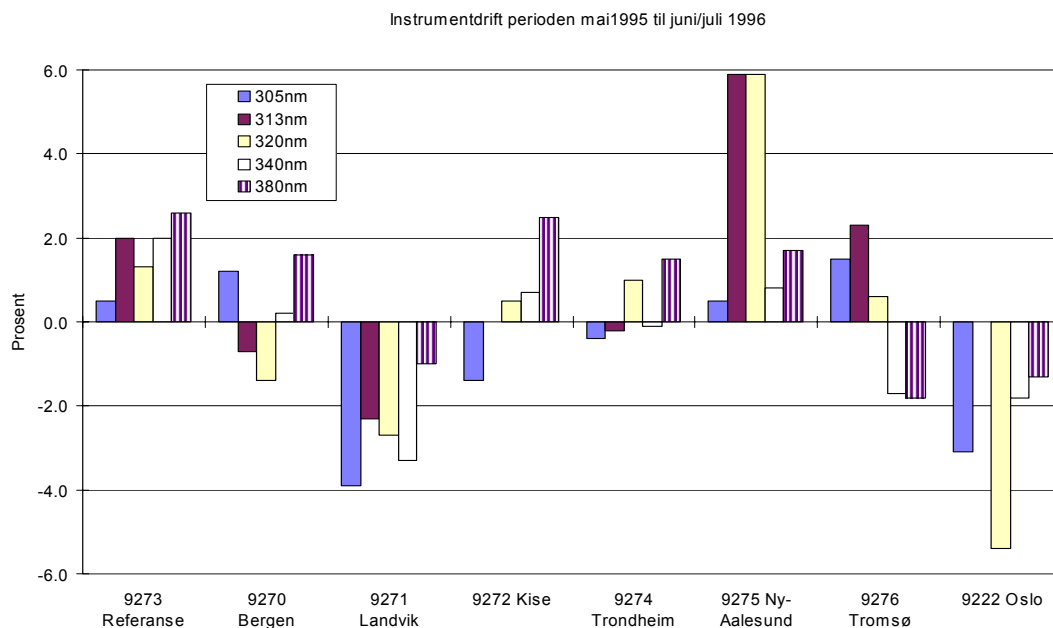


for nettverket. Relativt til referanseinstrumentet, samstemte samtlige instrumenter innenfor 1% for fire av kanalene, og innenfor 2% for den femte av kanalene (305nm).

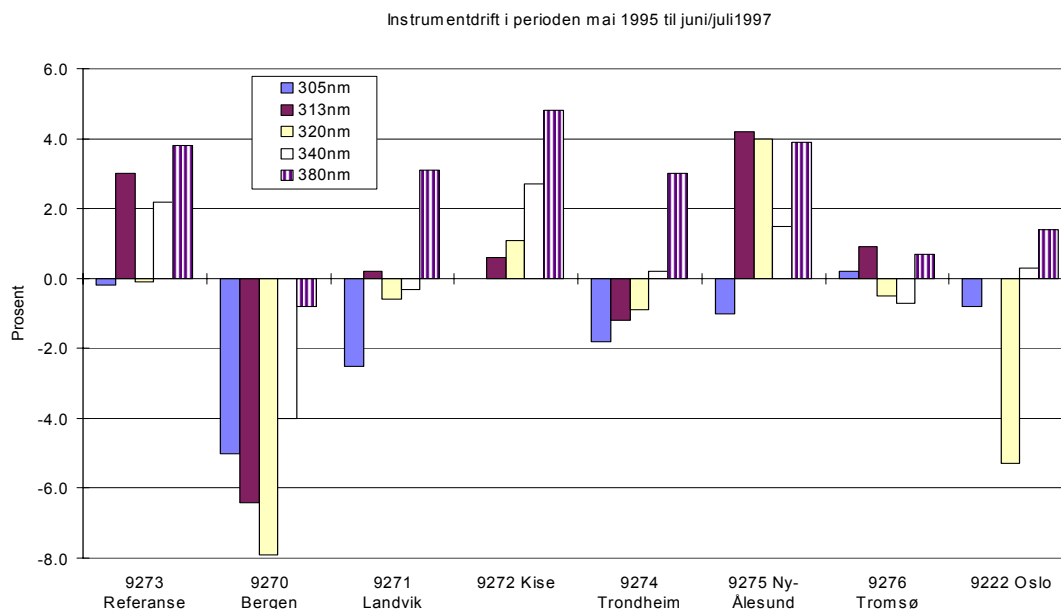
Over tid endres instrumentenes følsomhet p.g.a. aldringsfenomener. Det er derfor nødvendig med årlig recalibrering av samtlige instrumenter. Referanseinstrumentet er detaljert karakterisert og fungerer som en sekundær standard. Det deltar i internasjonale sammenligningsmålinger, recalibreres hver vår hos fabrikant og sirkulerer hver sommer mellom alle de syv stasjonene for sammenligningsmålinger. På denne måten får man årlig korrigert for instrument-drift uten å få avbrudd i måleseriene. Endringen i følsomhet presenteres i figur 2 a) og b) for de første to årene nettverket har vært operativt, gitt som prosentvis avvik fra kalibrering i 1995.

Drift for referanseinstrumentet er beregnet på grunnlag av kalibrering hos fabrikant, Biospherical Instruments i mai 1995 og recalibreringer i mai 1996 og 1997. Fabrikanten oppgir at de årlige kalibreringstestene er repeterbare innenfor  $\pm 1$  til 2 prosent. De andre instrumentenes driftsrater er beregnet på grunnlag av sammenligningsmålinger med referanseinstrumentet i løpet av juni/juli i 1996 og 1997. Repeterbarheten av sammenligningsmålingene er her innenfor  $\pm 1$  til 2 prosent, som kommer i tillegg til usikkerheten i referanseinstrumentet. Resultatene for drift, figur 2 over, viser at denne årlige kontrollen er viktig. Gjennom året ellers tas referanseinstrumentet ned ca. hver tredje måned for testing på optisk laboratorium ved Strålevernet.

På tross av at 7 av disse 8 instrumentene (NILU sitt instrument på Blindern er fra 1994) er bestilt samtidig og med samtlige komponenter fra samme produksjonsserie, varierer driften med opp til 8 prosent for samme kanal i løpet av de to årene de har vært operative. Imidlertid gir det mindre grunn til bekymring så lenge en har såpass tett oppfølging av hvert instrument, samt har mulighet til å spore drift i instrumentene via innbyrdes forhold mellom kanal verdier (vist av Dahlback). Instrumentet i Bergen har hatt størst endringer og vil av den grunn bli tatt inn for stabilitetstester i 1998. Fra sammenligningsmålingene har en sett at nøyaktig nivellering og orientering av instrumentene er kritisk, fordi sensorene i hvert instrument er retningsavhengige.



(a)



(b)

Figur 2 a) og b) Drift for hver kanal for samtlige instrumenter fra mai 1995 til juni/juli 1996 fra mai 1995 til juni/juli 1997 basert på fabrikkens årlige rekalkibrering av referanseinstrumentet og årlige sammenligningsmålinger med referanseinstrumentet.

### 3.2.2 Spektralradiometer Bentham DM 150

Spektralradiometeret av type Bentham DM 150 er en dobbelt-gitter monokromator som måler spektral irradians (innfallende stråling innenfor et lite bølgelengdeintervall) over hele det aktuelle UV-området og en del av det synlige området, 290-450 nm. Instrumentet er koblet til et skyggeband (rotating shadow band), slik at det etter å ha målt total innstråling fra hele himmel halvkulen (global stråling) kan skygge for solen for måling av andelen av diffust spredt stråling. Målesekvensen gjentas hvert kvarter.



*Figur 3. Inngangsoptikken til Bentham DM 150 med skyggebånd. Skyggebåndet har lokalisert solen og foretar en måling av diffust spredt stråling.*

Figur 4 viser spektralfordelingen for henholdsvis global og diffust spredt solstråling for en klarværsdag i juni 1997. For det ultrafiolette området (290-400nm) kan en se at det diffuse strålings-bidraget utgjør nesten 50% av globalstrålingen, mens det avtar utover i det synlige området. I Figur 5 er vist tilhørende biologisk effektive (CIE-vektede) spektra, som mål på forbrennings-styrken til global og diffus bidraget av stråling (se forøvrig kap. 5). Av figuren ser en at UV-strålingen med de korteste bølgelengdene (UVB) bidrar sterkest ved beregning av effektiv dose.

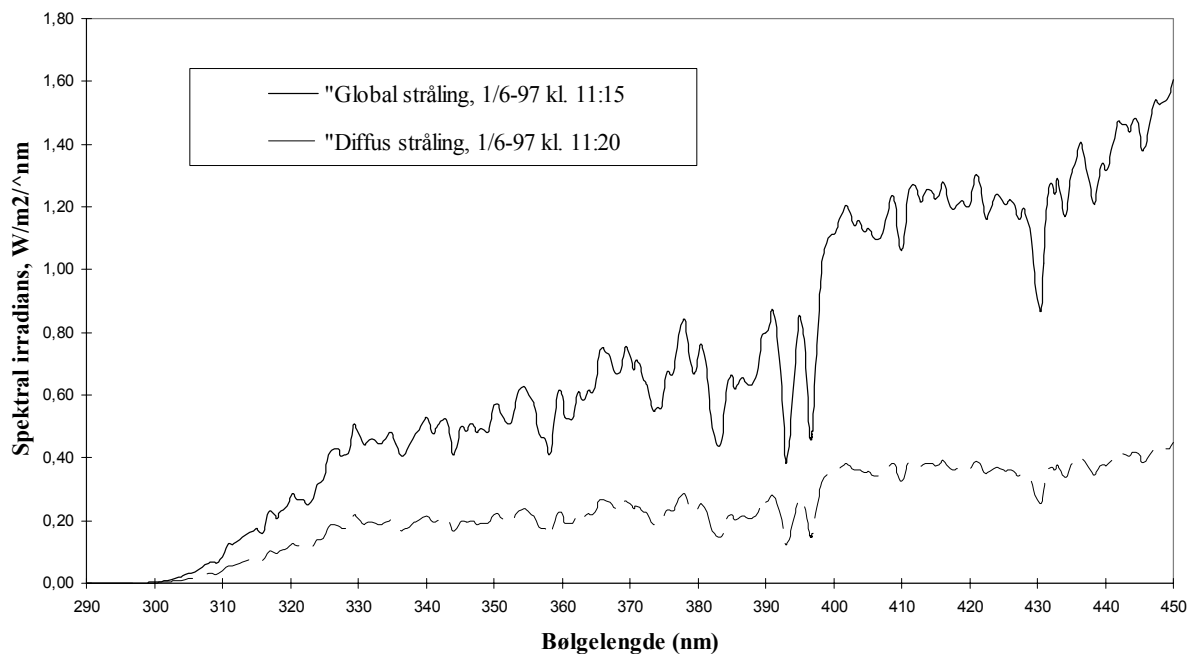
Måledata fra spektralradiometeret vil primært brukes for korreksjon av GUV-data. Dette kan eksempelvis være å finne eventuelle systematiske avvik ved forskjellige solhøyder, skyforhold, ozon nivåer etc. I Figur 6 vises biologisk effektive spektre målt på ulike tidspunkt på en klarværsdag. Svekningen med avtakende solhøyde er her relativt større for de korteste bølgelengdene fordi ozonlaget har størst absorpsjonsevne i dette bølgelengde området og fordi strålene med avtakende solhøyde får en relativt lengre gangvei gjennom ozonlaget.

### *3.2.3 Sammenligningsmålinger.*

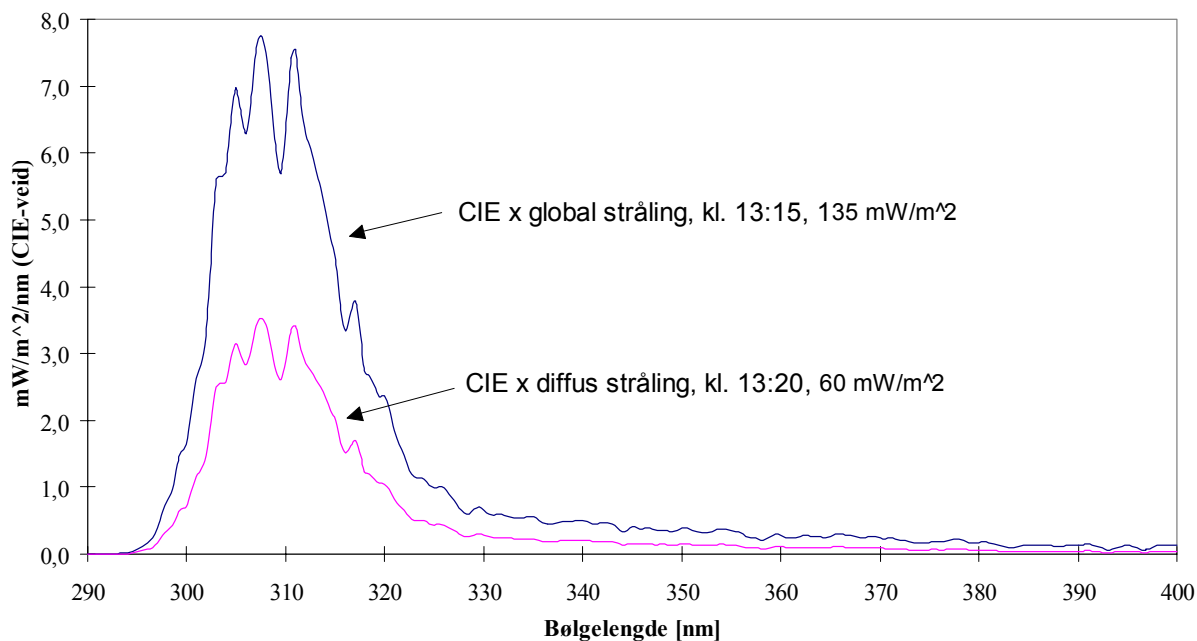
De to referanse-instrumentene (Bentham og GUV#9273) var med på en nordisk sammenligningsmåling på Tenerife i oktober 1996 sammen med instrumenter fra i alt 10 land (Kjeldstad et al., 1997). Spektralmålinger med Bentham instrumentet samsvarte innenfor  $\pm 2\%$  med referanse data for tre dagers blindtester. GUV-instrumentet ble sammenlignet med ulike typer filterradiometre som inngår i nasjonale målenettverk. Instrumentet avvek nær  $-12\%$  fra den aktuelle referansen, men det må her bemerkes at sammenligningen ble gjort på basis av en 'cosinus'-korrigeret referanse, som ligger ca.  $+10\%$  høyere enn referansen anvendt for sammenligningen av spektralradiometrene over. GUV-instrumentet utmerket seg ved å ha minst innvirkning av varierende solhøyde blant filterradiometrene.

Den nære beliggenheten mellom Universitetet i Oslo og Strålevernet på Østerås gjør at en for klarværsdager kan gjøre direkte sammenligninger mellom instrumentene på disse stedene. Et eksempel er vist i Figur 7, hvor minutt-vise doser målt med GUV#9222 på Blindern er sammenlignet med doser beregnet ut fra spektre målt på Østerås med Bentham spektral

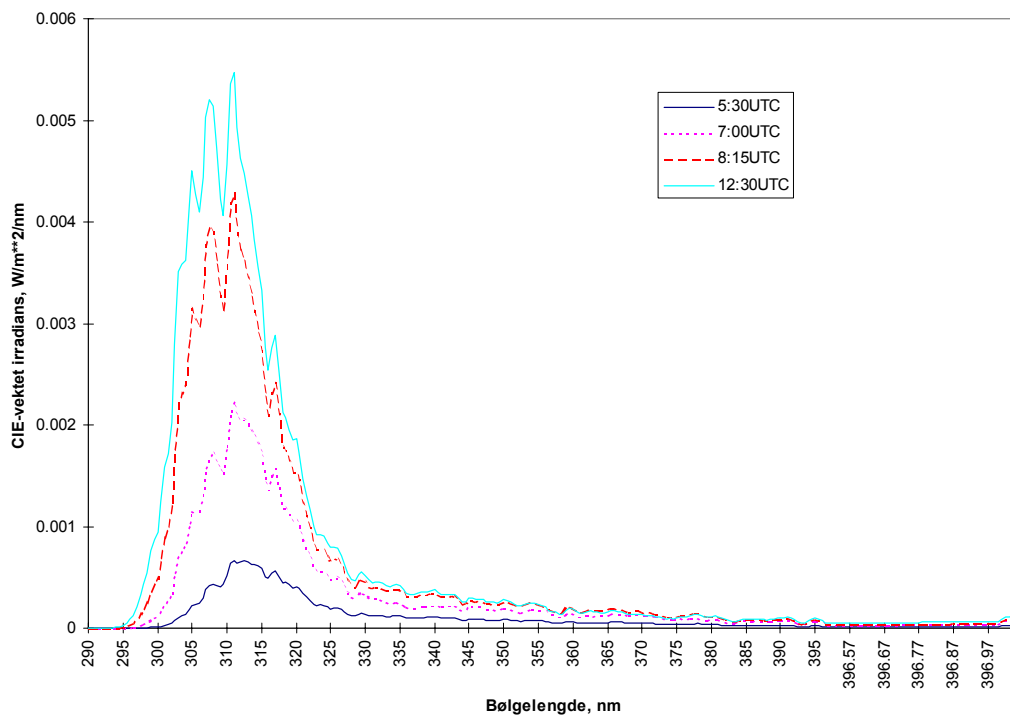
radiometeret. Overensstemmelsen er innenfor få prosent, bortsett fra perioder med drivende skyer. Referanse instrumentet GUV#9273 befant seg på dette tidspunkt i USA for recalibrering hos fabrikanten.



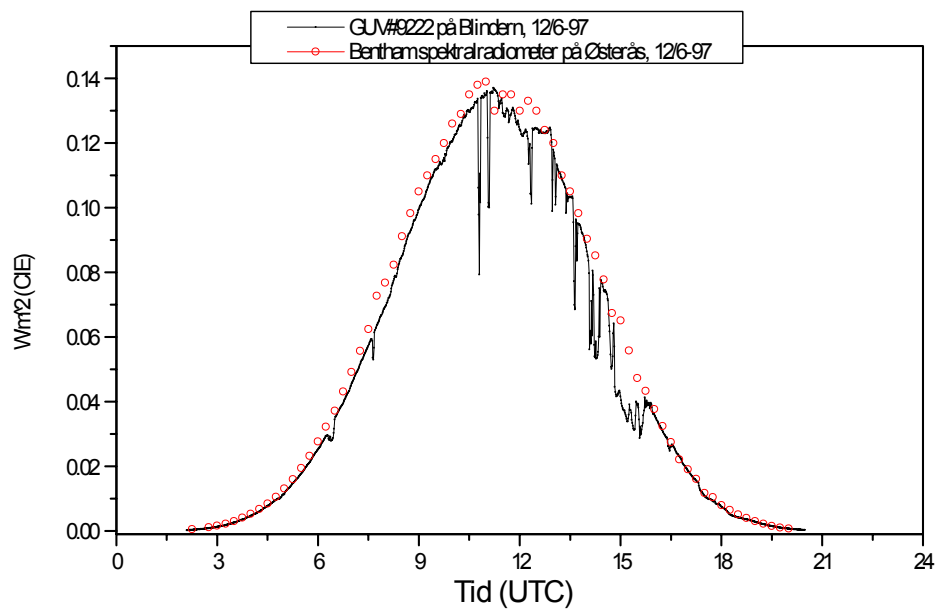
Figur 4 Global og diffus stråling målt på Strålevernet den 1.juni 1997.



Figur 5. Biologisk effektiv (eller CIE-vektet) global og diffus UV-stråling på Strålevernet 1.juni 1997



Figur 6. Biologisk effektiv (eller CIE-vektet) global UV-stråling målt på Strålevernet ved forskjellige tidspunkter den 9.juni 1997.



Figur 7. CIE-doser målt med GU#9222 på Blindern, sammenlignet med CIE-doser beregnet ut fra spektral målinger med Bentham spektralradiometer på Østerås.

## 4. Drift av nettverket

Som tidligere nevnt er GUV instrumentet automatisert og avhengig av fungerende datamaskin. Det kreves ingen spesialkunnskap ved stasjonene. Instrumentene rengjøres og etterses ukentlig. Primært kontrolleres det hvorvidt logging av måledata fungerer, for så å finne årsak til eventuelle problemer. Stasjonene har hatt en oppetid på mellom 97% og 99% i 1997. Avbrudd har i hovedsak skyldtes strømbrudd i forbindelse med tordenvær sist sommer og startvansker. Dataloggingen gjenopptas normalt så snart strømbruddet er over. Avbrudd på grunn av strømstans vil trolig elimineres ved å installere avbruddsfrie strømforsyninger. Dette vil bli i første omgang bli gjort ved Kise og Landvik.-

## 5. Datalagring og bearbeiding

Måledata logges på lokale PC'er hvert minutt hele døgnet. Hver natt overføres gårldagens data til Strålevernet og til NILU ved hjelp av et modem- eller internet basert dataoverføringssystem. Dataene lagres som ukorrigerede rådata. Samtidig synkroniseres PC'ene, normalt vil tidsavvikene mellom stasjonene være mindre enn 10 sekunder. Det er utviklet en database ved Strålevernet som beregner UV-indeks, daglig maksimal CIE-vektet irradians eller tilsvarende verdi midt på dagen samt integrerte dagsdoser. Under disse beregningene blir data korrigeret med individuelle korreksjonsfaktorer. Ved hjelp av programmer utviklet ved NILU kan det for samtlige stasjoner i nettverket beregnes størrelser som skytetthet, total ozonmengde, bakkerefleksjon, doserater og totale dagsdoser. Dette rapporteres i NILU sin årsrapport til SFT for overvåking av ozonlaget.

Dataene vil være grunlaget for informasjonsvirksomhet, trendanalyser og av ulike forskningsmiljøer, eventuelt også for varsling.

### 5.1 Bruk av data for informasjon.

En viktig motivasjon for etablering av nettverket var å snu den negative utviklingen i hudkreft forekomst, særlig med tanke på ondartet føflekk kreft (maligne melanomer). Det har vært en diskusjon internasjonalt om hvordan informasjon skal formidles for å påvirke folks solingsvaner i en positiv retning. I følge Kreftregisteret kan de langt fleste tilfeller forebygges ved endrede solingsvaner. I dette avsnittet gis noen eksempler på bruk av data til informasjonsformål. Det er to enheter som benyttes mest ved vurdering av UV-stråling fra sola; UV-indeks og MED (Minimal Erythema Dose). UV-indeks er en øyeblikksverdi som beskriver hvor sterk UV-strålingen er ved et gitt tidspunkt. MED gir UV-dosen innenfor et gitt tidsintervall. Den kan også gis som en øyeblikksverdi ved å gi angi nivået som MED/tidsenhet. Nærmere forklaring på de to enhetene gis i de to neste avsnittene.

### 5.2 UV-indeks

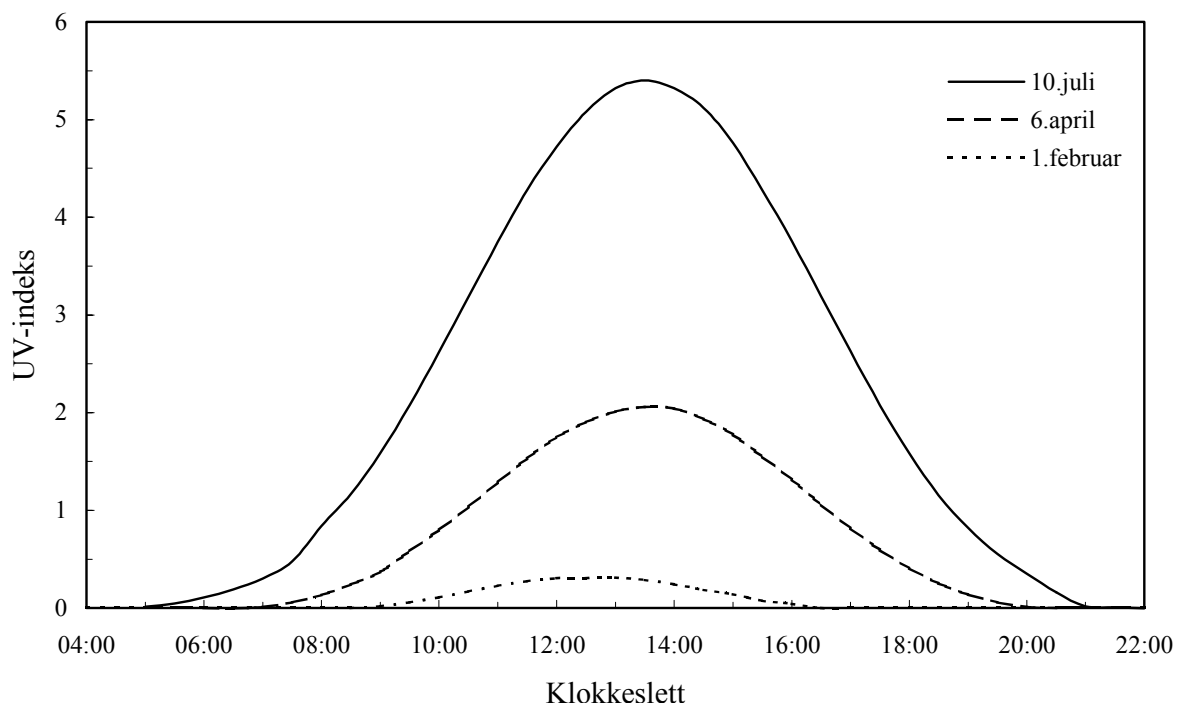
WMO ( World Meteorological Organization) har utfra et ønske om enhetlig utformet UV-informasjon anbefalt at man benytter en enhet kalt UV-indeks (se definisjoner). Det er en verdi som angir styrken på sollysets skadelige UV-stråler. I sør-Norge kan den sommerstid komme opp mot verdien 6, det samme gjelder for snødekte flater sent på våren. Ved ekvator kan den komme opp mot 15. Se tabell 1.

UV-indeksen gir en øyeblikksverdi, ikke en samlet dose over en tidsperiode. Det er vanlig å angi UV-indeksen for den tid på dagen da UV-strålingen er mest intensiv, rundt kl 1300 sommertid.

Tabell 1: Inndeling av UV-indeks skalaen

UV-indeks	0-2	2-4	4-7	7-10	>10
Styrke på UV-strålingen	Minimal	Lav	Middels	Høy	Ekstrem
«Sikker» soltid for hudtype II	Hele dagen	1-2 timer	30-60 min	15-30 min	5-15 min
Tilsvarende:	Vinter i Norge	Påsketider i Norge	Midtsommer i Norge og Nord-Europa. Høst i syden	Sommer i syden	UV-indeks 12 tilsvarende grenseverdi for solarier

UV-indeksen endres kraftig i løpet av dagen med solens gang over himmelen og med varierende ozonlag og skyforhold. Figuren nedenfor viser et eksempel på hvordan UV-indeksen varierer over tre klarværsdager i løpet av vinter-, vår og sommer på Landvik.



Figur 8: UV-indeks beregnet for Landvik for tre dager i løpet av hhv. vinter, vår og sommer i 1997. Kurvene for 6. april og 10. juli er forskjøvet én time pga. sommertid, dvs. maksimalverdier ca. kl.13 i stedet for kl. 12.

### 5.3 Minimal Erythem Dose, MED.

MED er en dose-enhet for UV som har vært benyttet i lang tid. Èn MED tilsvarer den UV-dosen som gir en lett grad av solbrenthet og beregnes som CIE-vektet irradians multiplisert med bestrålingstiden, angitt i enheten  $J/m^2$ . For lyse hudtyper tilsvarer dette omtrent 210  $J/m^2$ . En del av de nasjonale nettverkene rundt i Europa opererer med instrumenter som gir doseverdier i enheter av MED per tidsenhet, vanligvis MED/time.

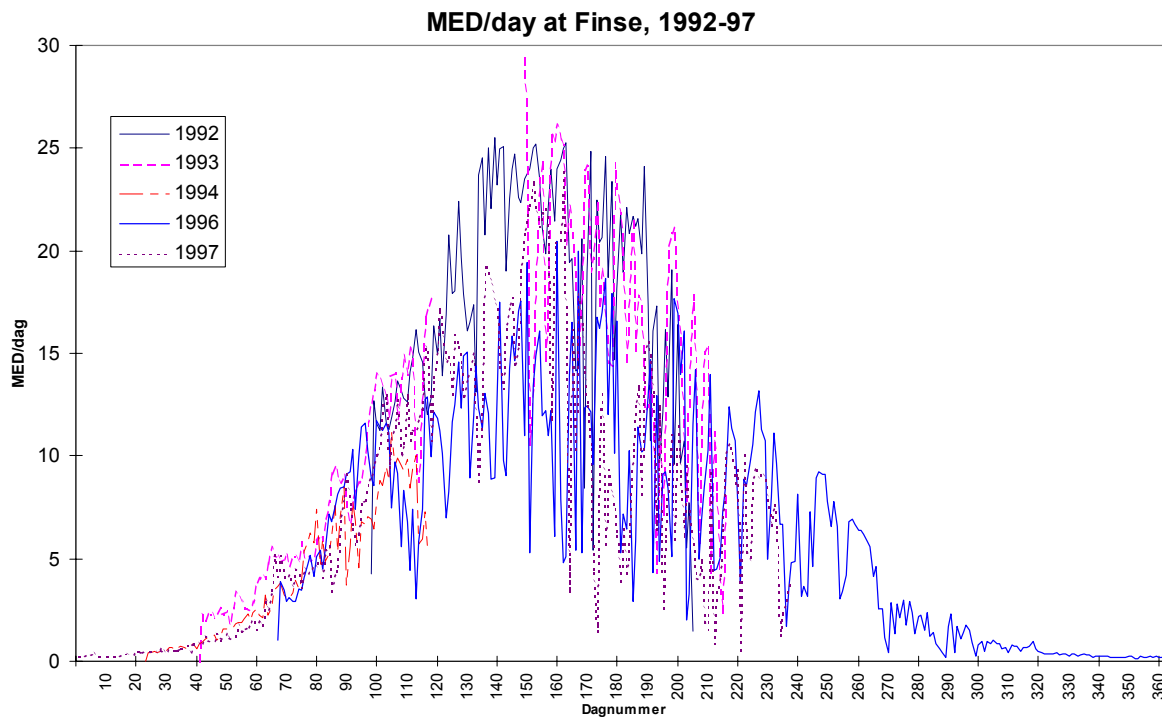
I tillegg til basisinstrumentene har Strålevernet ett slikt instrument, kalt UV-biometer SL 501 fra Solar Light, som ikke inngår i UV- nettverket. Det har vært plassert på Finse siden 1992. Resultater fra 5 års målinger er vist i Figur 9. Avbrudd i måleseriene skyldes tekniske problemer knyttet til ekstreme værforhold, men har gitt verdifulle erfaringer for fjernmåling av UV stråling.

I tabellen nedenfor gis maksimalverdier på horisontal flate målt tre steder i Norge i løpet av vinter-, vår- og sommer. "Sikker soltid" tilsvarer her en bestråling tilsvarende ca. 2 MED.

Tabell 2: Noen eksempler på dosebidrag forskjellige steder i Norge ved ulike årstider.

	Oslo	Finse, 1220 moh*	Tromsø
Januar max	~ 0,5 MED/dag	0,5 MED/dag	0,1 MED/dag
Mars "	6 "	5 "	4 "
juni/juli "	17 "	25 "	14 "

\*Verdiene er registrert med Strålevernets UV-biometer.



Figur 9. Dagsdoser på Finse for perioden 1992 til 1997 målt med Strålevernets UV-biometer. Dag 174 tilsvarer 23.juni.



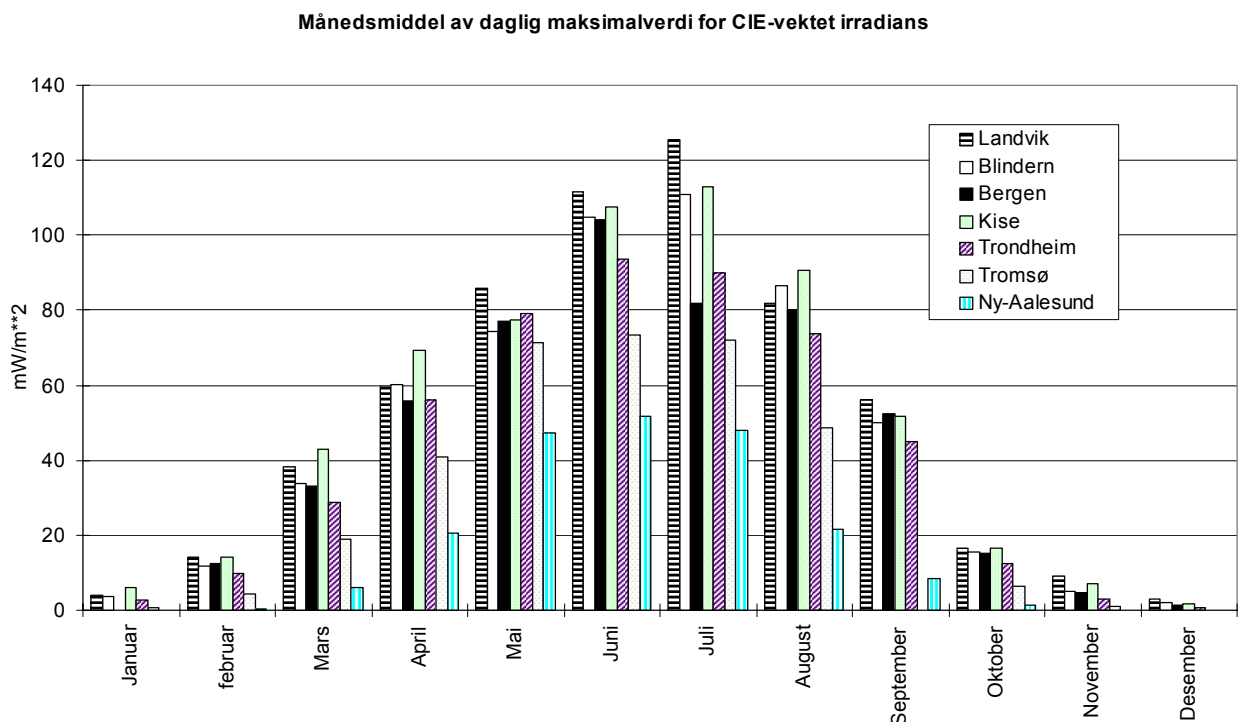
Resultatene i Figur 9 viser dagsdoser på Finse for hele måleperioden. Usymmetrien for vår og høst i figuren illustrerer blant annet betydningen av snødekt flate. Sammenlignet med nivåene i lavlandet viser resultatene at man en sen vårdag kan få 50% høyere dose på snødekt vidde 1200 meter over havet enn på bar mark i lavlandet. I årene 1992 og 1993 var også ozonlagets reduksjon ekstrem om våren. Særlig skiller våren 1992 seg ut med like høye nivåer tidlig i mai som rundt midtsommer.

## 6. Måleresultater for perioden jan. 1996 til nov. 1997.

Rådataene fra basisinstrumentene kan brukes til beregning av spektral irradians og biologisk effektiv irradians. Ultrafiolett stråling ved forskjellige bølgelengder er ikke like effektiv til å gi en biologiske virkning, eksempelvis er forbrenningsrisikoen for hvert foton i UVB området omtrent tusen ganger høyere enn for fotoner i UVA området. CIE's virkningsspekter for dannelse av erythem (lett solforbrenning i lys hud) er her lagt til grunn for beregning av doser fra GUV målinger. Beregningene kan lett tilpasses andre virkningsspekter eller en framtidig endring av eksisterende CIE spekter.

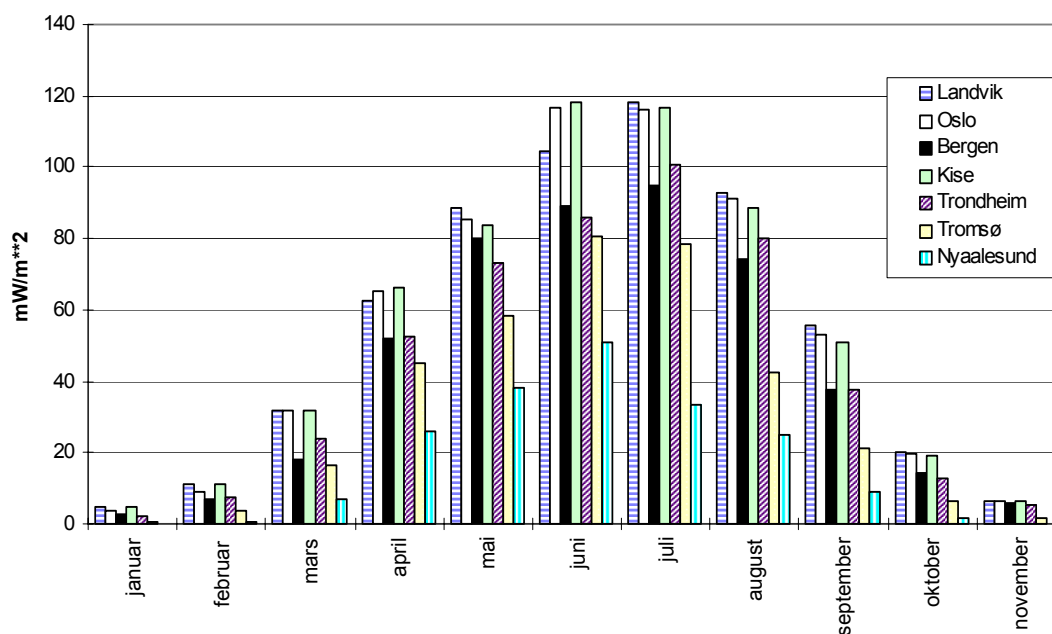
I dette avsnittet presenteres resultater fra 1996 og fram til og med november 1997. Data er bearbejdet slik at de gir informasjon om doser ( $J/m^2$ ) og doserater ( $mW/m^2$ ).

Figur 10 og 10 nedenfor viser månedlige middelerdier for daglig maksimal doserate for samtlige stasjoner i nettverket for henholdsvis 1996 og 1997.



Figur 10. Månedlige middelerdier for høyeste daglige doserate ved 7 stasjoner i nettverket for 1996. 120  $mW/m^2$  tilsvarer en UV-indeks på 4.8.

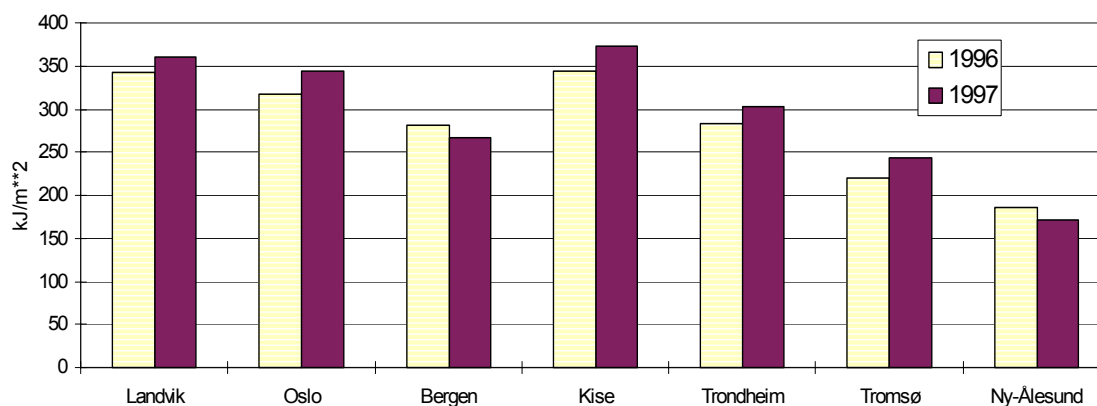
Månedsmiddel av daglig maksimalverdi for CIE-vektet irradians



Figur 10. Månedlige middelerverdier for høyeste daglige doserate ved 7 stasjoner i nettverket for 1997.

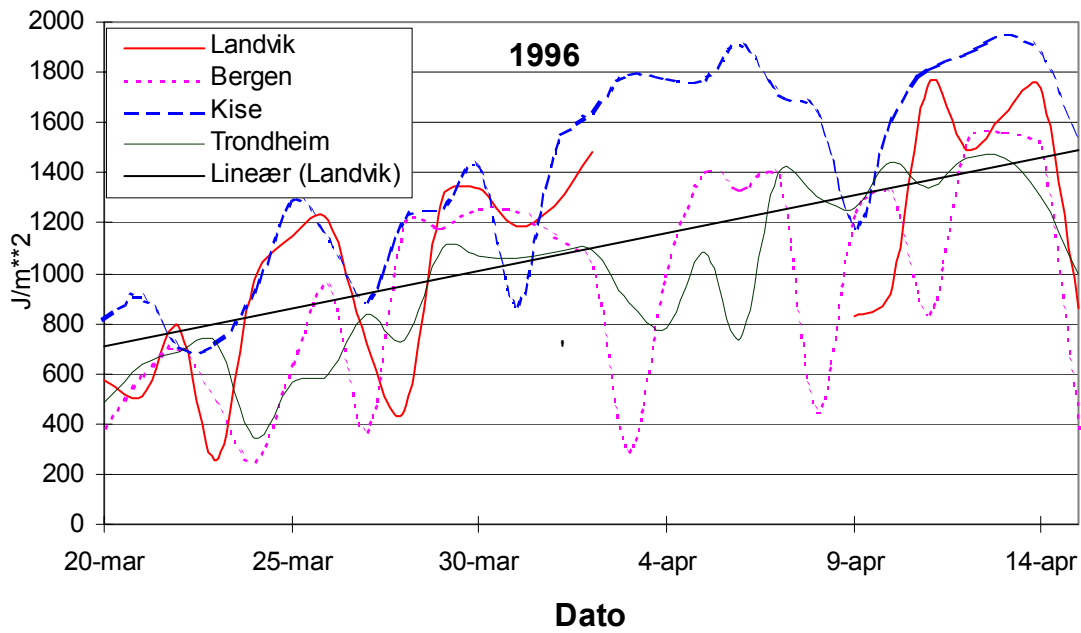
Figur 12 nedenfor viser total årdsdose for samtlige stasjoner for 1996 og 1997. Det er en klar breddegradssammenheng, bortsett fra for Bergen der antall soltimer generelt er mindre enn for de andre stasjonene, og Kise, som har et relativt tørrere klima enn ved de kystnære stasjonene. Total årdsdose på  $350 \text{ kJ/m}^2$  tilsvarer snaut 1700 MED.

Total årdsdose for samtlige stasjoner for 1996 og 1997

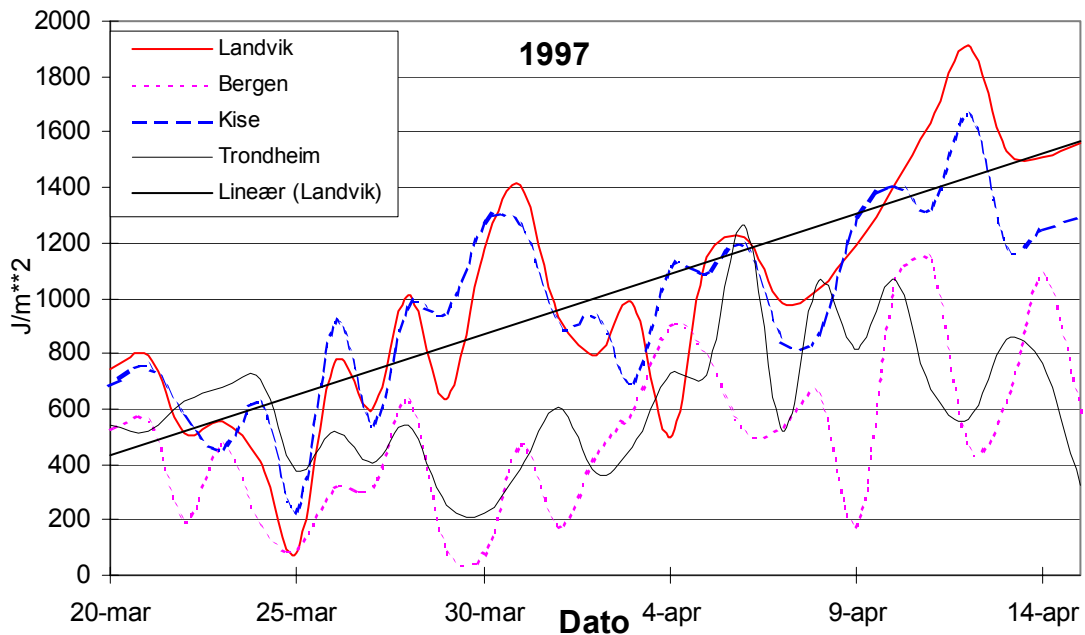


Figur 12. Total årdsdose for 7 stasjoner i perioden 1996 til 1997.-

I Figur 13 a og b er tatt ut et kort tidsintervall fra 20.mars til 15 april som tilsvarer tidlig og sen påske. En ser av figurene at i løpet av denne perioden øker dagsdosen omtrent til det dobbelte ved klarvær. Den viktigste faktoren som påvirker påskesola i tillegg til været er når påsken inntreffer i kalenderåret.



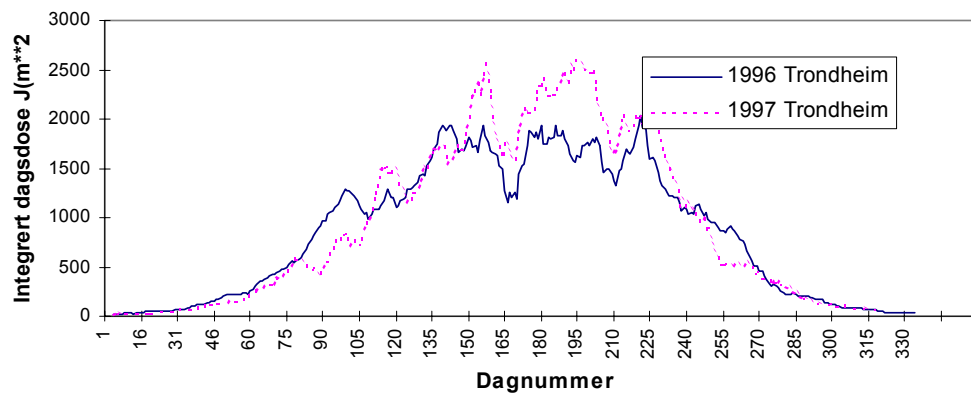
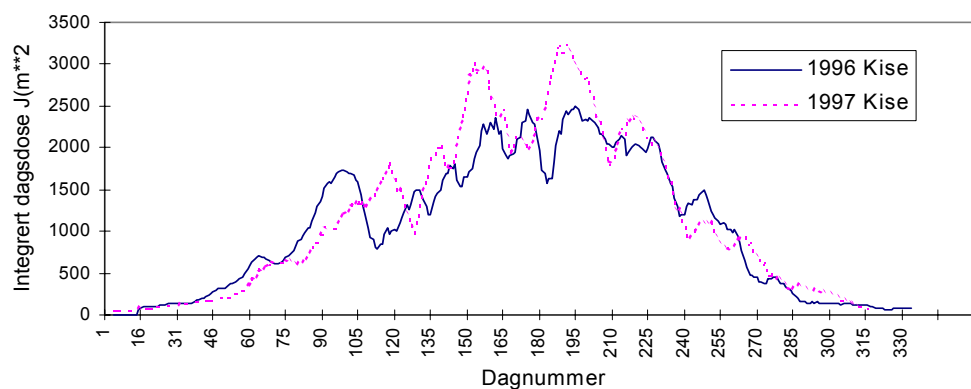
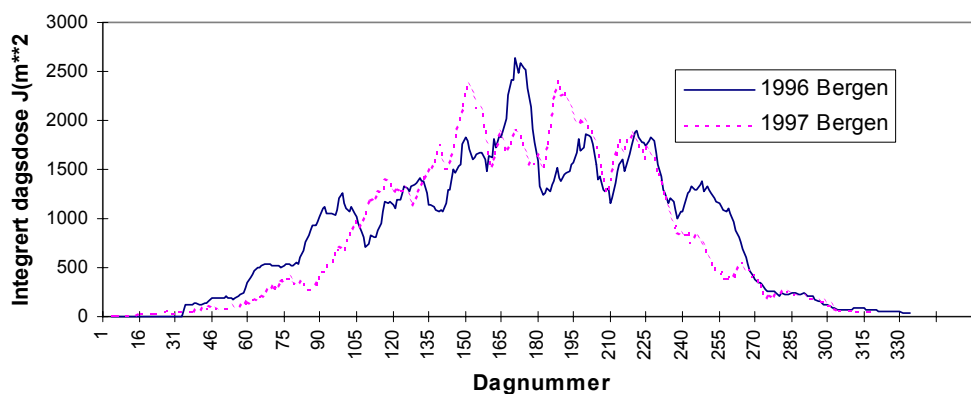
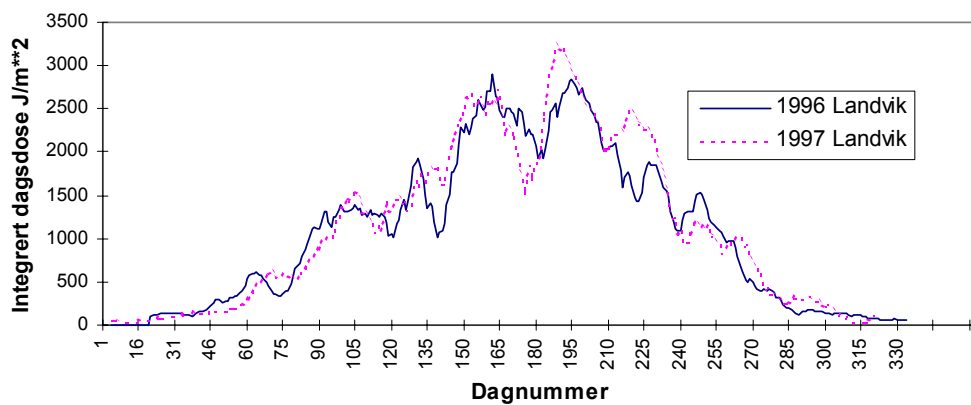
(a)



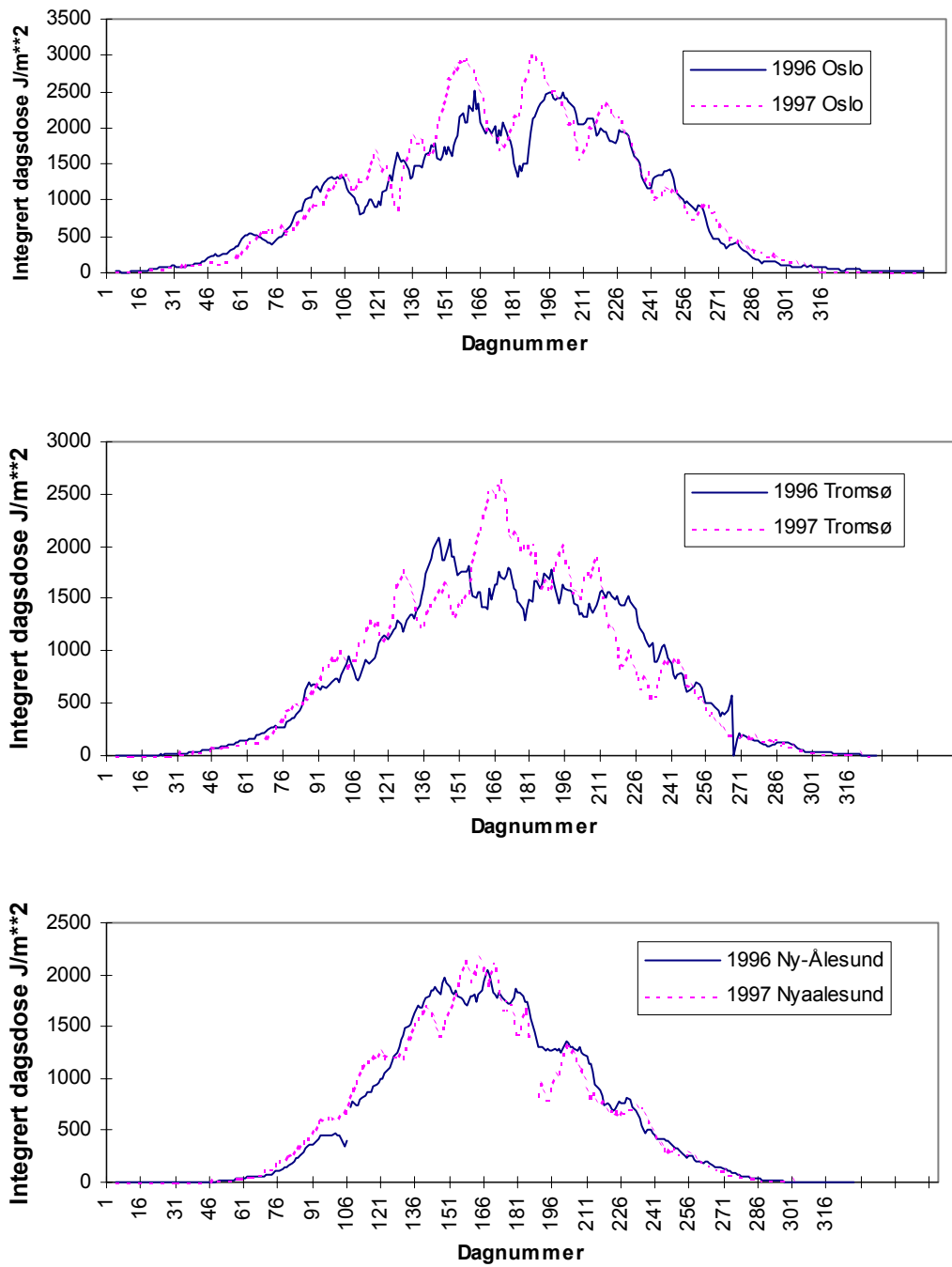
(b)

Figur 13 a) og b). Daglig endring av dagsdoser fra 20. mars til 15. april for henholdsvis 1996 og 1997. ( $210 J/m^2$  tilsvarer 1 MED.)

I figurene nedenfor vises 10-dagers middel av dagsdoser for samtlige stasjoner for perioden 1996 og 1997. De hurtige dag til dag variasjonene som hovedsakelig skyldes varierende skydekke er midlet bort

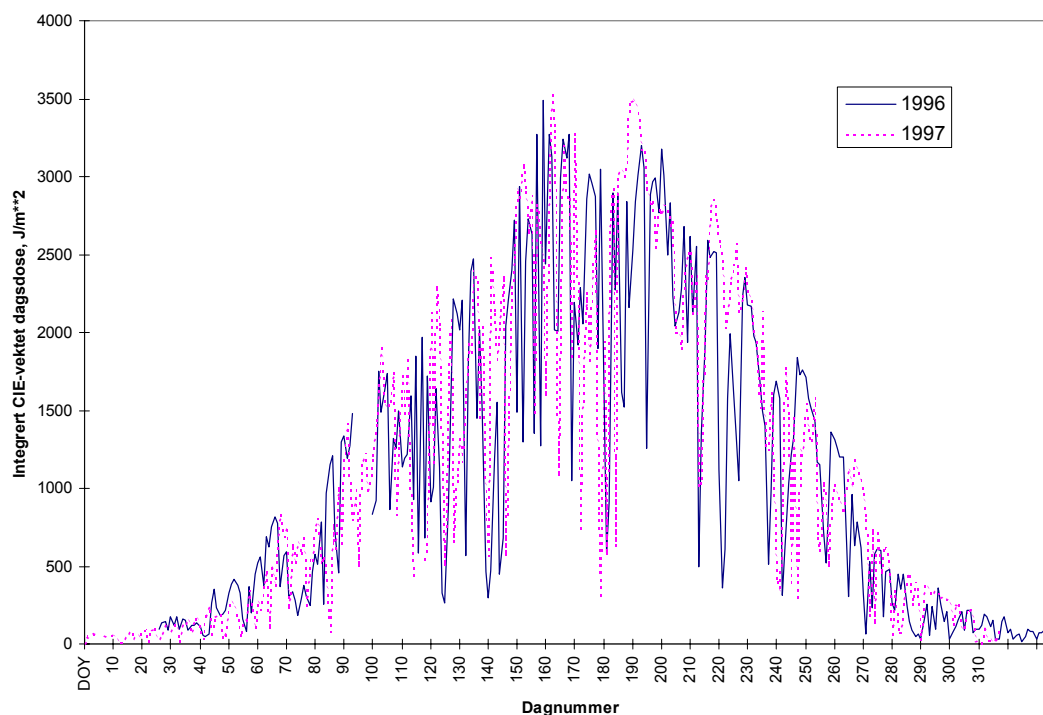


Figur 14. Dagsdose midlet over 10 dagers intervaller på Landvik, Bergen, Kise og Trondheim i 1996 og 1997. Dag 174 tilsvare 23.juni



Figur 14 forts., Dagsdoser midlet over 10 dagers intervaller for stasjoner i Oslo, Tromsø og Ny-Ålesund.

Nedenfor vises et dagsplott for Landvik for perioden januar 1996 til november 1997.



Figur 15. Dagsdoser for Landvik i 1996 og 1997.

## 7. Konklusjon

Nettverket har nå vært i drift i to år. Nettverket er automatisert og har en stabil drift med lite avbrudd i måleseriene. Instrumenteringen oppfylder de kriterier en forutsatte under planleggingen. Database er delvis utviklet, og er under videre utvikling blant annet for tilrettelegging for presentasjon/oppslag av til enhver tid korrigerte data.

Data fra denne perioden har gitt kunnskap om faktiske strålingsnivå rundt i landet, som f.eks. at årsdosen nord-syd varierer med en faktor 2. De gir informasjon om forholdet mellom dosenivåer gjennom året. Nettverket gir reelle og sammenlignbare målinger rundt i landet. Det viser f.eks. at nivåene man kan oppnå på snødekt vidde på forsommeren kan være opp til 50% høyere enn tilsvarende på bar mark i lavlandet.

Data fra nettverket vil på sikt brukes til informasjon i form av UV-indeks og såkalt «sikker solingstid». Data vil også bli tilgjengelige for forskningsmiljøer som ønsker tilgang på rådata for egen bearbeiding. To års måleserier er for lite til å vurdere eventuelle endringer av UV-nivå, dette vil gjøres på sikt.

## 8. Referanser

Dahlback A. 1996. *Measurements of biologically effective UV-doses, total ozone abundance and cloud effects with multi-channel moderate filter instruments*. Applied Optics 1996; 35: 6514-6521.

Johnsen, B og Hannevik M. (ed), 1997. *The 1995 intercomparison of UV- and PAR instruments at the University of Oslo*. StrålevernRapport 1997:7. Oslo.

Kjeldstad, B., Johnsen, B., Koskela, T., (ed), 1998. *The Nordic intercomparison of ultraviolet and total ozone instruments at Izaña October 1996*. Final report. Finnish Meteorological Institute, Meteorological Publications. In press.

McKinlay, A.F. and Diffey, B.L. (1987). *A reference UV erythema action spectrum*. CIE Journal. June 1987.