



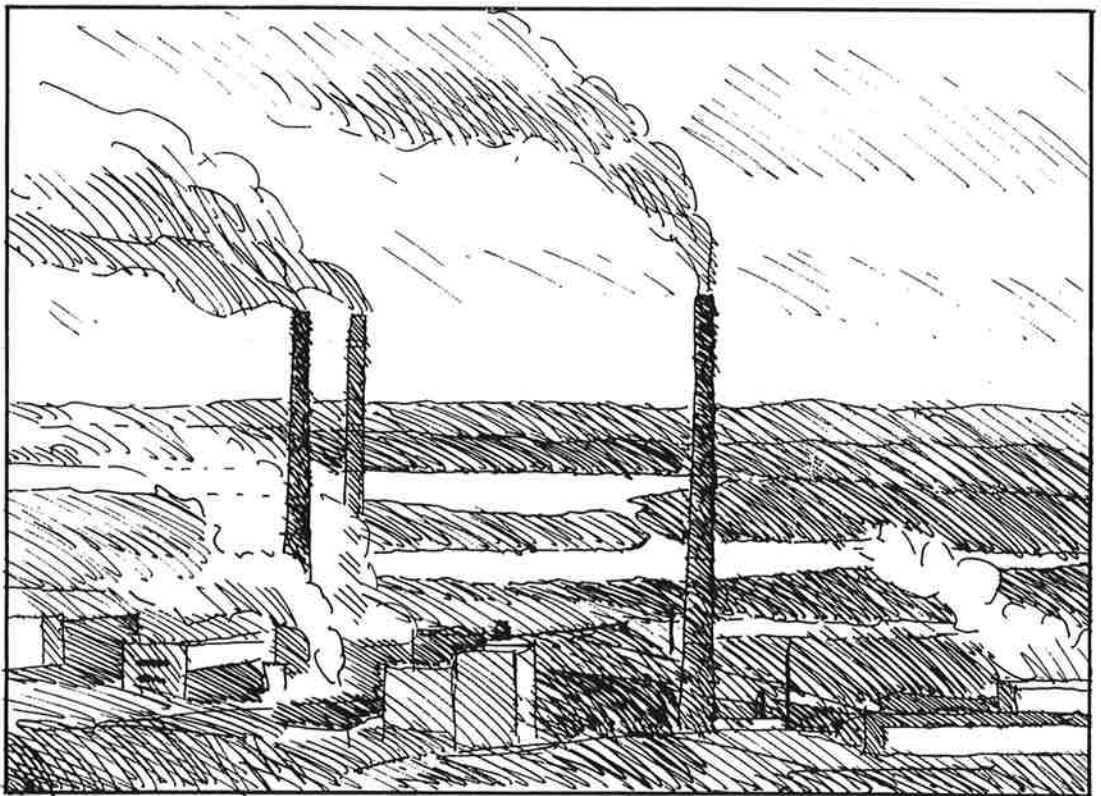
Statlig program for forurensningsovervåking

Rapport nr.: 636/96

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon: NILU

Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland Oktober 1994-mars 1995



TA-1299/1996



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.

Henvelender 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 1/96
REFERANSE : O-8976
DATO : FEBRUAR 1996
ISBN : 82-425-0730-9

Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland

Oktober 1994-mars 1995

Leif Otto Hagen, Bjarne Sivertsen, Mona Johnsrud og Tone Bekkestad

**Utført etter oppdrag
fra Statens forurensningstilsyn**



Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100
2007 Kjeller

Forord

I 1988 fikk Norsk institutt for luftforskning (NILU) i oppdrag fra Statens forurensningstilsyn (SFT) å planlegge en større undersøkelse av forurensningssituasjonen i Sør-Varanger. Hensikten var å kartlegge forekomst og omfang av luftforurensninger og virkninger på det akvatiske og terrestriske miljøet.

I perioden 1.10.1988-31.3.1991 gjennomførte NILU en omfattende undersøkelse av luftkvalitet, nedbørkvalitet, meteorologiske forhold og korrosjon i området (basisundersøkelse). Fra 1.4.1991 er omfanget av måleprogrammet på norsk side noe redusert, og har karakter av et mer langsiktig overvåkingsprogram som bør pågå fram til utslippene fra nikkelsmelteverkene på russisk side er vesentlig redusert.

Innhold

	Side
Forord	1
Sammendrag.....	5
Summary.....	9
1. Innledning.....	13
2. Basisundersøkelsen 1988-1991.....	13
3. Måleprogram oktober 1994-mars 1995	14
4. Måleresultater	17
4.1 Meteorologiske forhold.....	17
4.1.1 Vindmålinger.....	17
4.1.2 Temperatur	19
4.1.3 Luftens relative fuktighet	19
4.1.4 Atmosfærisk stabilitet.....	20
4.2 Luftkvalitet.....	21
4.2.1 Svoveldioksid (SO ₂)	21
4.2.2 Trendanalyse for SO ₂	26
4.2.3 Svevestøv.....	37
4.3 Nedbørkvalitet.....	38
5. Modellberegninger av SO₂	42
5.1 Utslippsdata.....	43
5.2 Langtidsmiddelkonsentrasjoner	46
5.3 Vurdering av beregningsresultatene.....	48
6. Miljøvernsamarbeidet med Russland i grenseområdene.....	50
7. Referanser og annen relevant litteratur.....	51
Vedlegg A Månedlige frekvensmatriser for vindretning, vindstyrke og stabilitet fra Viksjøfjell og Svanvik vinteren 1994/95.....	55
Vedlegg B Plott av målte timemiddelverdier av SO₂	63

Sammendrag

Målinger av luftforurensninger i Sør-Varanger har pågått siden 1974. For tiden måles Norges høyeste SO₂-konsentrasjoner i dette området. På russisk side måles det enda høyere konsentrasjoner. I vinterhalvåret 1994/95 ble det registrert overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier for SO₂ på alle 7 målestedene i grenseområdene. Norge stiller til disposisjon nødvendig måleutstyr til de russiske stasjonene.

Måleprogram

Målingene inngår i Statlig program for forurensningsovervåking og er en del av det bilaterale miljøvernssamarbeidet mellom Norge og Russland. I vinterhalvåret 1994/95 omfattet målingene meteorologiske forhold og luft- og nedbørkvalitet. Luftkvalitetsmålingene på norsk side av grensa omfattet svoveldioksid på fem stasjoner og svevestøv og meteorologiske forhold på to stasjoner (Viksjøfjell og Svanvik). Døgnmålingene av SO₂ i Karpdalen, Holmfoss og Svanvik og svevestøvmålingene i Svanvik ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95. Nedbørkvalitet ble også målt på to stasjoner (Svanvik og Karpdalen). I tillegg har Det norske meteorologiske institutt to stasjoner i området. På russisk side er det målt konsentrasjoner av svoveldioksid på to stasjoner (Maajavri og Nikel) og svevestøv på en stasjon (Nikel). Hydrometeorologisk institutt i Murmansk har dessuten målinger av meteorologiske forhold i Nikel og Jäniskoski.

Det felles norsk-russiske måleprogrammet i grenseområdene har pågått siden januar 1990. En ekspertgruppe står for planleggingen og gjennomføringen av måleprogrammet, som omfatter nedbørkvalitet og konsentrasjoner av SO₂ og tungmetaller. Norge stiller til disposisjon nødvendig måleutstyr til de russiske stasjonene.

Fellesprogrammet i grenseområdene omfatter også spredningsberegninger med forskjellige typer modeller for beregning av forurensningskonsentrasjoner over avstander inntil 100 km fra utslippskildene. Partene stiller nødvendige utslippsdata og meteorologiske data til rådighet.

Meteorologi

De meteorologiske målingene i Sør-Varanger omfatter vindretning, vindstyrke, temperatur og stabilitetsforhold i Svanvik og på Viksjøfjell, samt relativ fuktighet på Viksjøfjell. Vindmålingene i perioden oktober 1994-mars 1995 viste at vind fra vest-sørvest forekom hyppigst på Viksjøfjell, mens det blåste oftest fra sør-sørvest i Svanvik. Vindstyrken var høyest på Viksjøfjell (400 m o.h.) og lavest i Svanvik. Månedsmiddeltemperaturene i desember, januar, februar og mars var høyere enn normalt, mens det var litt kaldere enn normalt i oktober. I november var det omtrent som normalt.

Luftkvalitet

SO₂ måles med kontinuerlig registrerende instrumenter på Viksjøfjell og i Svanvik, og med NILUs døgnprøvetaker i Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss og Svanvik. Døgnmålingene på de tre sistnevnte stasjonene ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95. På russisk side blir det målt SO₂ med kontinuerlig registrerende instrumenter ved Maajavri og i Nikel. Kontinuerlig registrerende instrumenter er nødvendige for å måle kortvarige konsentrasjoner i episoder, for å se hvor lenge episodene varer, og hvor ofte de forekommer. Knyttet til samtidige vindmålinger kan SO₂-målingene også benyttes til å forklare forskjellige kilders betydning for SO₂-belastningen.

Både på Viksjøfjell og i Svanvik ble det målt korttidskonsentrasjoner (timemidler og døgnmidler) til dels langt over anbefalte norske luftkvalitetskriterier og internasjonale grenseverdier for luftkvalitet.

De fleste overskridelsene av de anbefalte luftkvalitetskriteriene for SO₂ på norsk side ble målt på Viksjøfjell, som også hadde den høyeste timemiddelverdien. På Viksjøfjell var middelverdien i vinterhalvåret 1994/95 45,6 µg/m³, mens høyeste døgnmiddelverdi var 219 µg/m³, og høyeste timemiddelverdi var 2 497 µg/m³. Tilsvarende anbefalte luftkvalitetskriterier er 40 µg/m³ som middelverdi for seks måneder og 90 µg/m³ som døgnmiddelverdi (SFT, 1992). Som timemiddelverdi har Verdens helseorganisasjon en grenseverdi på 350 µg/m³ for virkninger på helse. For virkninger på vegetasjon er verdiene noe lavere.

På russisk side ble det målt både høyere middel- og maksimumskonsentrasjoner og høyere frekvens av timemiddelverdier over 350 µg/m³ enn på de norske stasjonene.

De kontinuerlige registreringene av SO₂ sammenholdt med vindretning viser klart at smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij er hovedkildene til SO₂ i grenseområdene. Lokalt i Nikel var middelkonsentrasjonen av SO₂ 380 µg/m³ ved vind fra nikkelverket mot målestasjonen.

En samlet analyse av SO₂-forurensningen i grenseområdene i vinterhalvårene i perioden 1977-1995 viser reduserte konsentrasjoner fra slutten av 1970-årene fram til 1993/94. Måleresultatene fra noen av de norske stasjonene med lengst måleserie, Svanvik og Holmfoss, viser en nedgang i det gjennomsnittlige nivået som omtrent svarer til reduksjonen i årsutslippene av SO₂ fra smelteverket i Nikel i årene 1980-1993.

De fleste stasjonene viste imidlertid økte nivåer igjen vinteren 1994/95. Økningen var mest markert på Viksjøfjell i Norge og Maajavri og Nikel i Russland, dvs. de stasjonene som er mest belastet av utslippene i Nikel.

Om denne økningen skyldes økt produksjon og/eller økte utslipp ved smelteverket er vanskelig å si fordi det ikke foreligger utslippstall etter 1993. Det ser imidlertid ikke ut til at de meteorologiske forholdene kan forklare økningen.

Målinger av svevestøv midlet over 2-3 døgn på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel viste konsentrasjoner klart under det anbefalte norske luftkvalitetskriteriet på $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som halvårsmiddelverdi. Middelverdien vinteren 1994/95 var $4,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Svanvik, $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Viksjøfjell og $14,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i Nikel. Høyeste enkeltverdi på norsk side var $17,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Viksjøfjell. Dette er lavere enn grenseverdien fra Verdens helseorganisasjon og det anbefalte norske luftkvalitetskriteriet på $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som døgnmiddelverdi. Middelkonsentrasjonen av svevestøv på Viksjøfjell vinteren 1994/95 var på samme nivå som vinteren 1993/94.

Svevestøvmålingene i Svanvik ble avsluttet i januar 1995.

Modellberegninger av SO_2

Det er beregnet langtidsmiddelkonsentrasjon av svoveldioksid for vinterhalvåret (oktober 1994-mars 1995). I tillegg er månedens konsentrasjonsfordeling av SO_2 beregnet. Utslippsdata er estimert ut fra offisielle utslippstall for 1993 (totalutslipp for året) og typiske årsvariasjoner av utslippene.

Spredningsberegningene av SO_2 for vinterhalvåret 1994/95 viser at bakkekonsentrasjonene av svoveldioksid i denne perioden er lavere enn tidligere. I 1992/93 ble det beregnet et område med maksimumskonsentrasjoner i overkant av $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nordøst for Nikel. De estimerte konsentrasjonene vinteren 1994/95 er i overkant av $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De mest belastede områdene i Norge er som tidligere funnet å være mellom Svanvik og Holmfoss og mellom Karpdalen og Viksjøfjell. Bakkekonsentrasjonene av SO_2 er her beregnet til å være $10\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I 1992/93 var konsentrasjonene i det samme området $20\text{--}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sammenligning av målte og beregnede verdier for hver enkelt måned viste at det var godt samsvar mellom målinger og beregninger i Kirkenes (litt høyere målte verdier), mens det for Svanvik, Maajavri og Viksjøfjell ikke var noen entydig sammenheng.

På de mest (og oftest) belastede stasjonene Maajavri og Viksjøfjell var målte konsentrasjoner vinteren 1994/95 høyere enn de beregnete, noe som kan tyde på at utslippene ikke er redusert i forhold til våre utslippsantakelser.

Nedbørkvalitet

Nedbørkvalitet ble målt på to stasjoner på norsk side i vinterhalvåret 1994/95, Karpdalen og Svanvik. Prøvene ble tatt over en uke med skifte hver mandag, samt den første dagen i hver måned.

Av de to stasjonene hadde Karpdalen lavest pH og høyest sulfatkonsentrasjon. Sammenliknet med vinteren 1993/94 ble det målt lavere pH og høyere sulfatkonsentrasjoner vinteren 1994/95.

Nedbørprøvene analyseres også for konsentrasjoner av tungmetallene Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, As, Co og Cr. I tillegg til avsetning med nedbør kan støvpartiklene sedimentere i prøvetakerne i perioder uten nedbør. Konsentrasjonene av Pb, Cd og Zn var omtrent på samme nivå som det en vanligvis finner på bakgrunnsstasjonene på Østlandet og Sørlandet, men noe høyere enn ellers i landet.

Tungmetallene Ni, As og Cu slippes ut fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij. I forhold til vinteren 1993/94 hadde både Svanvik og Karpdalen klart høyere konsentrasjoner av disse metallene i nedbøren vinteren 1994/95.

Air Quality Monitoring in the Border Areas of Norway and Russia October 1994-March 1995

Summary

The Norwegian Institute for Air Research (NILU) has been measuring air pollutants close to the border between Norway and Russia since 1974. The Norwegian Pollution Control Authority (SFT) asked NILU to plan and carry out a comprehensive investigation of air quality, precipitation chemistry, and various environmental impacts starting from October 1988. Data from the winter season 1994/95 show that the Norwegian air quality guideline values for SO₂ were exceeded at all the 7 monitoring stations in the border areas.

Measurement programme

From 1990 a joint programme for studying air quality and precipitation chemistry has been carried out on each side of the Norwegian-Russian border.

During the winter season of 1994/95 air quality data were collected at 5 locations, precipitation chemistry at 2 locations and meteorological parameters at 4 locations on the Norwegian side of the border. On the Russian side air quality and meteorological parameters were measured at 2 locations.

Air quality

SO₂ has been measured continuously at Viksjøfjell, Svanvik, Maajavri and Nikel, while diurnal samples are collected at Kirkenes, Karpdalen, Holmfoss and Svanvik. Diurnal sampling of SO₂ was put to an end on 1 January 1995 at Karpdalen, Holmfoss and Svanvik. Continuous measurements of SO₂ are necessary to register the high short term peak concentrations during episodes. A typical feature of SO₂ concentrations at the monitoring stations is represented by low long term average concentrations whereas the peak values (24-hour averages or shorter) are well above air quality guideline values.

During the winter season of 1994/95 (October-March) the short term average concentrations on the Norwegian monitoring stations were far above the Norwegian and international guideline values. At Viksjøfjell, where the highest values were most often measured at the Norwegian side, the average value during the monitoring period was 45,6 µg/m³, the highest 24-hour average was 219 µg/m³, and the highest 1-hour average value was 2 497 µg/m³. The guideline values for protection of human health are 40 µg/m³ (Norway), 90 µg/m³ (Norway) and 350 µg/m³ (World Health Organization, WHO), respectively. The guideline values for protection of vegetation are even lower. At Maajavri and Nikel the highest daily average value and the number of occurrences of 1-hour average values exceeding 350 µg/m³ were higher than at the Norwegian stations.

The measurements show that SO₂ concentrations increased from southwest towards northeast in Sør-Varanger and that they are even higher on the Russian side of the border.

A statistical evaluation of SO₂ data from the winter half years during the years 1977-1995 shows reduced concentrations from the late 1970's to 1993/94. Winter mean SO₂ concentrations and yearly total SO₂ emissions from the smelting works in Nikel seem to be reduced by about the same amount during these years.

Most stations showed increased SO₂ levels in 1994/95. Meteorological conditions can not explain increased SO₂ concentrations. No information about SO₂ emissions from the nickel smelters are available since 1993.

Measurements of suspended particles at Viksjøfjell, Svanvik and Nikel show concentrations below the Norwegian recommended guideline value for 6-month average concentrations (40 µg/m³) and the guideline value for diurnal average concentrations (70 µg/m³).

Model calculations of SO₂

Calculations of long term mean concentrations of sulphur dioxide has been performed for the winter October 1994-March 1995. In addition, concentration distribution of SO₂ for each month is estimated. Emission data is estimated based on official emission data for 1993 (total emission for the year) and typical seasonal variations.

The dispersion calculations of SO₂ for the winter 1994/95 show that the concentrations of sulphur dioxide is lower than previous years. In 1992/93 an area of maximum concentrations was calculated to occur northeast of Nikel (200 µg/m³). In 1994/95 this area had estimated values just above 100 µg/m³.

In Norway, the highest concentrations are estimated to occur between Svanvik and Holmfoss and between Karpdalen and Viksjøfjell. Concentrations of SO₂ are estimated to 10-30 µg/m³. The estimated values for the same area was 20-50 µg/m³ in 1992/93.

Comparison between measured and calculated values for the respective months showed good agreement between the two for Kirkenes (measured values are higher), whereas for Svanvik, Maajavri and Viksjøfjell there seem to be no distinct relation.

Precipitation chemistry

Measurements of precipitation chemistry indicated that the pH values in precipitation in the winter season 1994/95 were lower than in 1993/94. Concentrations of Pb, Cd and Zn were at the same level as the concentrations usually found at background stations in the south-eastern part of Norway, but higher than in the western and northern parts of the country.

The metals Ni, As and Cu are emitted from the smelters in Nikel and Zapoljarnij. The concentrations of these metals in precipitation were higher during the winter season 1994/95 than the previous winter season 1993/94.

Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland

Oktober 1994-mars 1995

1. Innledning

Luftforurensningene i Sør-Varanger har vært betydelige i flere 10-år. Store utslipp av SO₂ og tungmetaller fra smelteverk i daværende Sovjetunionen (og tidligere Finland) har foregått siden før 2. verdenskrig.

I 1974 opprettet Norsk institutt for luftforskning (NILU) en målestasjon i Svanvik for døgnmålinger av SO₂. Samtidig ble det opprettet fem stasjoner i Kirkenes og en stasjon på Hesseng, ca. 5 km sør for Kirkenes. Stasjonene i Kirkenes og omegn ble valgt for å måle forurensningene fra A/S Sydvaranger i Kirkenes. En av disse stasjonene, Rådhuset i Kirkenes, er stadig i drift.

I 1978 ble to nye stasjoner, Holmfoss og Jarfjordbotn, satt i drift. I august 1986 ble stasjonen i Jarfjordbotn erstattet av Karpdalen. For tiden måles Norges høyeste SO₂-konsentrasjoner i Sør-Varanger (se f.eks. Hagen, 1994).

2. Basisundersøkelsen 1988-1991

Fra oktober 1988 til mars 1991 ble det gjennomført en omfattende undersøkelse på norsk side (basisundersøkelse) i grenseområdene mot Russland. Undersøkelsen ble gjort på oppdrag fra Statens forurensningstilsyn.

Formålet med basisundersøkelsen var:

1. Kartlegge forekomst og omfang av luftforurensninger.
2. Kartlegge virkninger på det akvatiske miljøet.
3. Kartlegge virkninger på det terrestriske miljøet.

NILUs aktiviteter i basisundersøkelsen omfattet:

- Målinger av luftkvalitet.
- Målinger av nedbørkvalitet.
- Målinger av meteorologiske forhold.
- Målinger av korrosjon.
- Beregninger av utslipp, spredning og avsetning av luftforurensninger.

Som følge av miljøvernavtalen mellom Norge og daværende Sovjetunionen ble det i januar/februar 1990 satt igang målinger av luft- og nedbørkvalitet på tre stasjoner på russisk side. Måleutstyret ble stilt til disposisjon fra norsk side.

Resultatene fra basisundersøkelsen og det felles norsk-russiske måleprogrammet er presentert i halvårslige framdriftsrapporter. Det er også i samarbeid med russerne utarbeidet to rapporter på engelsk for periodene 1.1.1990-31.3.1991 og 1.4.1991-31.3.1993.

I rapportene konkluderes det med at luftforurensningene i området hovedsakelig skyldes utslippene fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij, og at det største problemet er knyttet til svært høye konsentrasjoner av svoveldioksid (SO₂) i korte perioder ("episoder") under spesielle meteorologiske forhold. Analyser av tungmetaller i svevestøv viser konsentrasjoner av nikkel, kobber, arsen og kobolt som er 5-20 ganger høyere enn ved målesteder i Sør-Norge utsatt for langtransporterte luftforurensninger. Både SO₂- og tungmetallbelastningen og korrosjonshastigheten er størst på Jarfjordfjellet i nordøst og avtar sørover i Pasvik.

I nikkilverkenes nærområder, der de diffuse utslippene i lav høyde dominerer, kreves det en reduksjon av utslippene til mindre enn 8% av dagens nivå dersom Verdens Helseorganisasjons grenseverdier for SO₂ skal overholdes. På større avstander, der utslippene fra høye skorsteiner dominerer, kreves det en reduksjon til 10-15% av dagens nivå. Med strengere krav til luftkvalitet knyttet til skogskader blir kravet til reduksjon av utslippene ytterligere skjerpet.

3. Måleprogram oktober 1994-mars 1995

Måleprogrammet for luft- og nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i vinterhalvåret 1994/95 er vist i tabell 1 og 2. Plasseringen av målestasjonene er vist i figur 1.

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet i grenseområdene i perioden 1.10.1994-31.3.1995.

Stasjon	SO ₂		Svevestøv 2+2+3 døgn ¹⁾
	Døgnverdier	Timeverdier	
Viksjøfjell		x	x
Karpdalen	x ²⁾		
Kirkenes	x		
Holmfoss	x ²⁾		
Svanvik	x ²⁾	x	x ³⁾
Maajavri		x	
Nikel		x	x

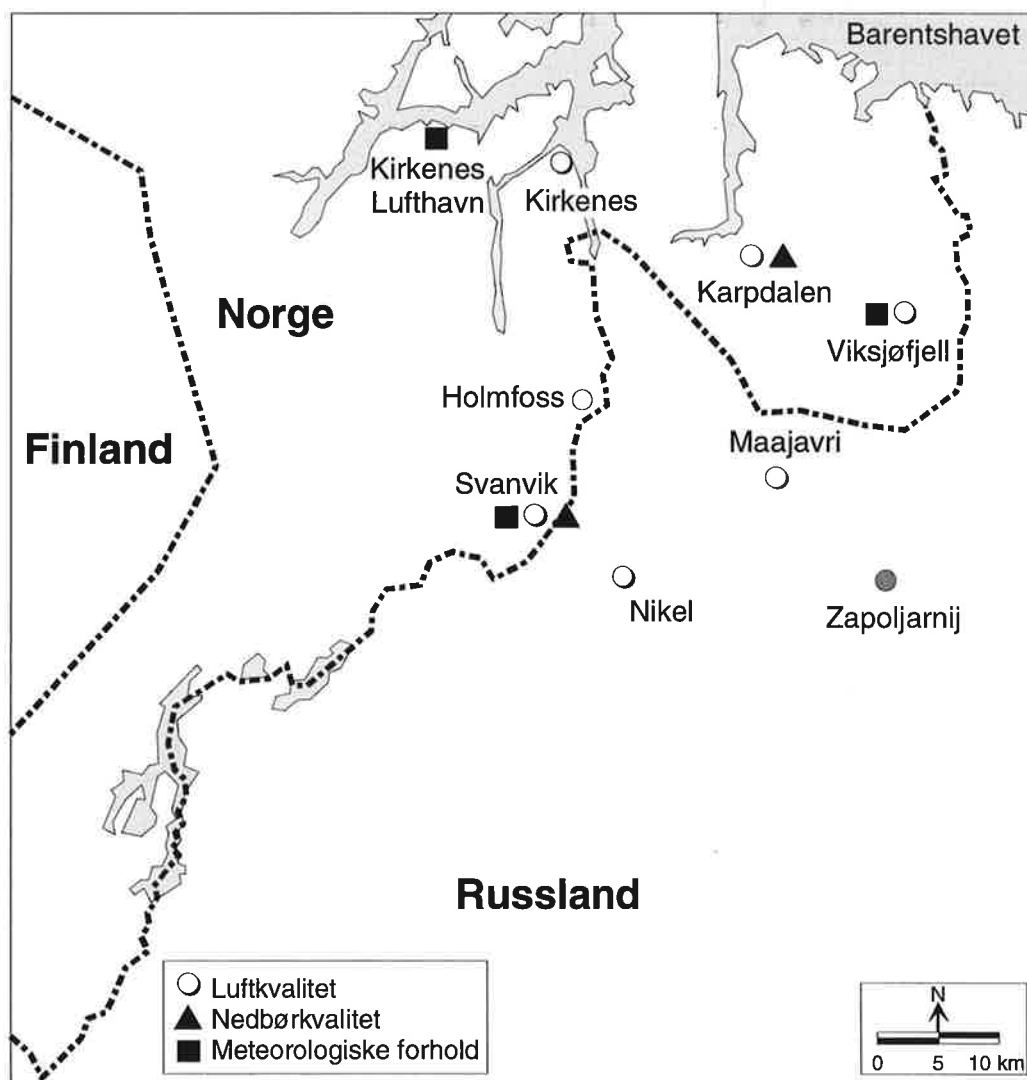
1 To-filter-prøvetaker. Prøvene tas over 2+2+3 døgn (mandag-onsdag, onsdag-fredag, fredag-mandag)

2 Prøvetaking av SO₂ i Karpdalen, Holmfoss og Svanvik ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95.

3 Prøvetaking av svevestøv i Svanvik ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95.

Tabell 2: Måleprogram for nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i perioden 1.10.1994.-31.3.1995.

Stasjon	Nedbørkvalitet (ukeverdier)	Meteorologiske forhold (timeverdier)				
		Vind- retning	Vind- styrke	Tempe- ratur	Relativ fuktighet	Stabilitet
Viksjøfjell		x	x	x	x	x
Karpdalen	x					
Svanvik	x	x	x	x		x



Figur 1: Målestasjoner for luftkvalitet, nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i Norge og Russland i vinterhalvåret 1994/95.

På Viksjøfjell, i Svanvik, i Nikel og ved Maajavri måles SO_2 med kontinuerlig registrerende instrumenter. Bortsett fra Maajavri har stasjonene oppringt samband, slik at de kan kontrolleres og data overføres til NILU til enhver tid. På fire av de norske stasjonene har det vært døgnprøvetakere for SO_2 . Fra 1. januar 1995 er måleprogrammet for SO_2 redusert ved at døgnmålingene er stoppet i Karpdalen, Svanvik og Holmfoss. Døgnmålingene i Kirkenes har hatt et opphold fra midten av januar til midten av juni 1995. Stasjonen i Kirkenes drives av Sør-Varanger kommune, men prøvene analyseres av NILU.

På Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel tas det prøver av svevestøv med en to-filterprøvetaker, som deler støvet i grov- og finfraksjon. Utvalgte prøver fra de tre stasjonene analyseres på mengden av en del tungmetaller. Også prøvene fra den russiske stasjonen analyseres av NILU. Prøvetaking av svevestøv i Svanvik ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95.

I Karpdalen og Svanvik tas det ukeprøver av nedbør. Prøvene analyseres på nedbørmengde, ledningsevne, pH, SO_4 , Cl, Mg, NO_3 , NH_4 , Ca, K og Na, samt tungmetallene Pb, Cd, Zn, Ni, Cu, As, Co og Cr. Stasjonen i Svanvik inngår i det nasjonale skogovervåkingsprogrammet.

Både på Viksjøfjell og i Svanvik er det i toppen av en 10 m mast kontinuerlig registrering av vindstyrke, vindretning og temperatur, samt relativ fuktighet på Viksjøfjell. I tillegg måles temperaturdifferansen mellom 10 m og 2 m over bakken som et mål for atmosfærisk stabilitet (vertikal spredningsevne). Begge stasjonene har oppringt samband.

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har værstasjon på Kirkenes lufthavn (Høybuktnoen). Her fås data for vindretning, vindstyrke, temperatur, nedbør og luftfuktighet 3-4 ganger i døgnet.

Svanvik er med i et overvåkingsprogram for skogskader. Målingene i Svanvik startet i september 1986. Programmet omfatter nedbørkvalitet, luftprøver over 2+2+3 døgn for bestemmelse av SO_2 , SO_4 , $\text{NO}_3 + \text{HNO}_3$, $\text{NH}_3 + \text{NH}_3$, timemiddelverdier av ozon og døgnmiddelverdier av NO_2 .

Svanvik har også en av 29 stasjoner som er med i et beredskapsprogram mot radioaktivitet. Stasjonen ble satt i drift i 1986 og måler gammastråling. Stasjonen har oppringt samband, og det varsles automatisk hvis strålingen går over fastsatte grenser (Berg, 1995). Høsten 1993 ble dette målenettet utvidet med en stasjon i Verhnetulomski, ca. 80 km sørvest for Murmansk. Stasjonen ligger mellom kjernekraftverket i Poljarnij Zori på Kola og Finnmark. Stasjonen har et gammaspektrometer av samme type som ved 11 av de 28 stasjonene i Norge. Hydromet i Murmansk har det tekniske oppsynet med stasjonen. Instrumentet er koblet til det norske telenettet via Murmansk. Data overføres til NILU hver annen time. Miljøkomiteen i Murmansk kan med datamaskin og modem kontakte NILUs database for å hente strålingsdata fra Verhnetulomski og fra den nordre del av det norske nettet når de måtte ønske det.

4. Måleresultater

I dette kapitlet gis en kortfattet presentasjon av hovedresultatene av målingene av meteorologiske forhold, luftkvalitet og nedbørkvalitet for vinterhalvåret 1994/95.

4.1 Meteorologiske forhold

Det blir målt meteorologiske forhold på to stasjoner, Viksjøfjell, som ligger om lag 400 m over havet, og Svanvik, som ligger nede i Pasvikdalen. Stasjonsplasseringen er vist i figur 1. Begge steder er det plassert en 10 m høy mast og en automatisk værstasjon. Det gjøres kontinuerlige registreringer av vindretning, vindstyrke og temperatur 10 m over bakken, og stabilitet uttrykt som temperaturdifferansen mellom 10 og 2 m over bakken. På Viksjøfjell registreres også luftens relative fuktighet. Måleresultatene lagres som timemiddelverdier. I tillegg lagres høyeste verdi av vindstyrke midlet over 2 sekunder for hver time (vindkast). Dataene overføres daglig ved oppringt samband.

Målinger fra DNMI's stasjon på Høybuktnøen (Kirkenes Lufthavn) benyttes for å vurdere representativiteten av temperatur- og fuktighetsmålingene.

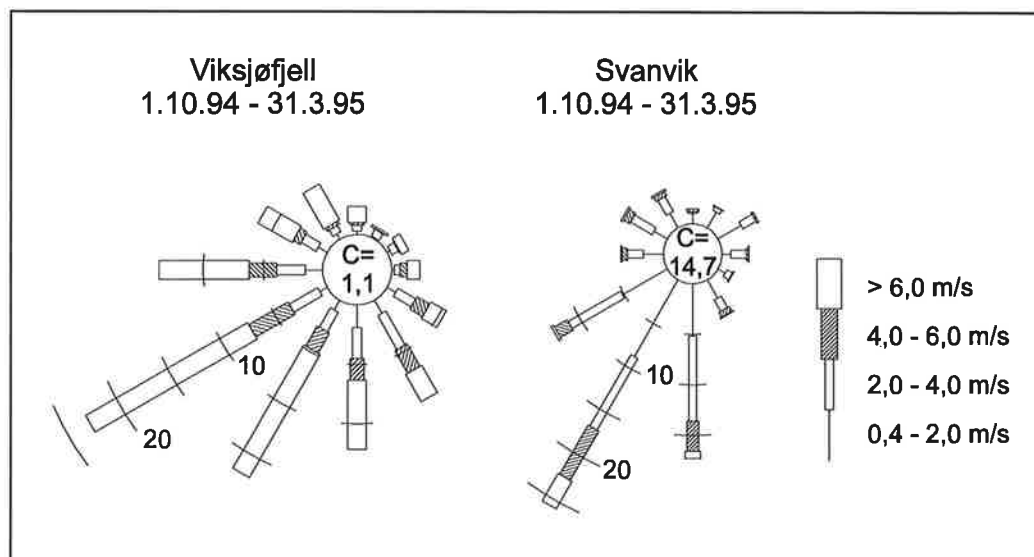
Datadekningen for de meteorologiske målingene i Svanvik var god, men fra Viksjøfjell mangler data for vindretning fra midten av november til midten av februar. Korrosjon og sterk vind førte til at vindfløya løsnet, slik at nord-retningen varierte tilfeldig og dataene måtte forkastes. I perioden med manglende data har vi brukt vinddata registrert ved forsvarrets anlegg på samme sted.

4.1.1 Vindmålinger

Figur 2 viser vindroser for perioden oktober 1994-mars 1995 fra Viksjøfjell og Svanvik. Vindrosene viser frekvensen av vind i tolv 30 graders sektorer, dvs. hvor ofte det blåser fra disse retningene. Symbolet C i midten av vindrosene står for frekvensen av vindstille. Med vindstille menes her at timemiddelvindstyrken har vært mindre enn 0,4 m/s.

Vindrosa fra Viksjøfjell viser at vind fra vest-sørvest forekom hyppigst i vinterhalvåret 1994/95. Vind fra nord-nordøst hadde lavest hyppighet. Figuren viser også at frekvensen av vindstyrker over 6 m/s var størst ved vind fra mellom sør og vest og lavest ved vind fra østlige retninger. I Svanvik blåste det oftest fra sør-sørvest.

Vindretningsfordelingene på de to stasjonene vinteren 1994/95 liknet i hovedtrekk på fordelingene fra tidligere vintre.



Figur 2: Vindroser for perioden oktober 1994-mars 1995 fra Viksjøfjell og Svanvik.

Tabell 3 gir andel vindstille, midlere vindstyrke, hyppigheten av vind over 6 m/s, maksimal timemiddel vindstyrke og sterkeste vindkast månedsvis og totalt for vinterhalvåret 1994/95 fra Viksjøfjell og Svanvik. Tabellen viser at det blåste betydelig sterkere på fjellet ved Viksjøfjell enn nede i dalen ved Svanvik. De høyeste vindstyrkene i perioden ble målt 31. januar og 1. februar 1995. Da blåste det full storm med orkan i kastene på Viksjøfjell og frisk bris i Svanvik.

Tabell 3: Statistikk over vindstyrker ved Svanvik og Viksjøfjell i perioden oktober 1994-mars 1995 (m/s).

Stasjon	Måned	Andel vindstille (%)	Midlere vindstyrke (m/s)	Andel > 6 m/s (%)	Maks. timemiddel (m/s)	Tid for maks.	Maks. vindkast (m/s)	Tid for maks. vindkast
Viksjøfjell	Oktober	0,0	8,1	69,7	18,9	07. kl 22	26,0	07. kl 23
	November	1,8	6,9	55,1	17,8	05. kl 22	25,4	06. kl 04
	Desember	0,9	6,1	44,1	17,1	23. kl 04	24,5	02. kl 04
	Januar	1,4	8,8	58,6	25,8	31. kl 19	32,8	31. kl 19
	Februar	3,0	5,7	31,7	27,8	01. kl 03	34,6	01. kl 04
	Mars	0,0	9,7	69,3	24,3	13. kl 24	31,3	13. kl 16
	Okt.-mars	1,1	7,6	55,1	27,8	01. 02. kl 03	34,6	01. 02. kl 04
Svanvik	Oktober	7,9	2,4	3,0	7,8	08. kl 02	16,1	07. kl 22
	November	16,6	1,9	0,3	7,1	05. kl 22	15,2	06. kl 03
	Desember	13,0	2,3	2,6	7,3	11. kl 14	13,1	19. kl 07
	Januar	25,5	2,4	5,6	8,1	14. kl 01	14,9	14. kl 01
	Februar	17,3	1,9	2,3	8,7	01. kl 06	17,9	01. kl 06*
	Mars	9,6	3,3	13,5	8,4	15. kl 20	16,4	15. kl 05
	Okt.-mars	14,7	2,4	4,7	8,7	01. 02. kl 06	17,9	01. 02. kl 06*

* Samme verdi samme dag kl 11.

4.1.2 Temperatur

Tabell 4 gir en oversikt over temperaturmålingene på Viksjøfjell, Svanvik og DNMI's stasjon Kirkenes lufthavn. På Kirkenes lufthavn er det sammenliknet med normaltemperaturen, som er middelverdien for 30-årsperioden 1961-1990. Målingene viser at månedsmiddeltemperaturen i oktober 1994 var litt lavere enn normalen. I november var det omtrent som normalen, mens det i desember, januar, februar og mars var klart varmere enn normalen på Kirkenes lufthavn.

Tabell 4: *Temperaturer på Viksjøfjell, Svanvik og Kirkenes lufthavn i perioden oktober 1994-mars 1995 (°C).*

Stasjon		Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars
Viksjøfjell	Middel	- 2,5	- 6,8	- 6,3	- 8,1	- 8,4	- 5,8
	Maks.	7,9	1,0	- 1,3	0,8	- 1,3	1,7
	Min.	-14,0	-13,9	-15,6	-17,5	-18,4	-13,5
Svanvik	Middel	- 0,3	- 6,6	- 5,1	- 9,1	- 7,4	- 3,5
	Maks.	11,2	4,3	1,8	3,8	1,9	4,7
	Min.	-14,3	-21,4	-18,1	-27,2	-28,3	-20,2
Kirkenes lufthavn	Middel	- 0,2	- 5,3	- 4,7	- 7,2	- 6,9	- 3,5
	Normal	0,4	- 5,5	- 9,7	-11,8	-11,3	- 7,4
	Maks.	11,2	3,9	2,3	4,0	1,3	4,4
	Min.	-11,9	-16,3	-16,4	-21,2	-21,4	-14,0

Høyeste målte temperatur, 11,2°C, ble registrert i Svanvik 7. oktober kl 14. Samme temperatur ble målt på Kirkenes lufthavn 8. oktober. Høyeste temperatur på Viksjøfjell, 7,9°C, ble målt 7. oktober kl 21. Den laveste temperaturen, -28,3°C, ble målt i Svanvik 15. februar kl 02. Den laveste temperaturen på Viksjøfjell, -18,4 °C, ble målt 14. februar kl 10. Kald luft som i inversjonsperioder samles i bunnen av Pasvikdalen, gjør at det måles lavere minimumstemperatur i Svanvik enn på Viksjøfjell.

Sammenliknet med vinteren 1993/94 var det vinteren 1994/95 kaldere i november og varmere de øvrige månedene.

4.1.3 Luftens relative fuktighet

Tabell 5 viser månedsmiddelverdiene av luftens relative fuktighet for hver måned i perioden oktober 1994-mars 1995. Viksjøfjell hadde de høyeste middelverdiene av relativ fuktighet i alle månedene.

Tabell 5: *Månedsmiddelverdier av relativ fuktighet (%) i perioden oktober 1994-mars 1995 på Viksjøfjell og Kirkenes lufthavn.*

Stasjon	Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars
Viksjøfjell	93	94	95	92	95	93
Kirkenes lufthavn	86	89	90	85	90	85

4.1.4 Atmosfærisk stabilitet

Stabilitet målt ved temperaturdifferansen mellom 10 m og 2 m o.b. (ΔT) er et mål for termisk turbulens og er avgjørende for den vertikale spredningen og fortynningen av luftforurensninger. Fire stabilitetsklasser defineres på følgende måte:

Ustabil sjiktning	:	$\Delta T < -0,5$	°C
Nøytral sjiktning	:	$-0,5 \leq \Delta T < 0$	°C
Lett stabil sjiktning	:	$0 \leq \Delta T < 0,5$	°C
Stabil sjiktning	:	$0,5 \leq \Delta T$	°C

Nøytral sjiktning, det vil si når temperaturen avtar litt med høyden, forekommer oftest ved overskyet vær med eller uten nedbør og i perioder med sterk vind. Nøytral temperatursjiktning gir vanligvis gode spredningsforhold. Ustabil sjiktning, når temperaturen avtar raskt med høyden, forekommer ved sterk solinnstråling som gir oppvarming av bakken. Ustabil sjiktning gir god spredning av luftforurensende utslipp, men er ugunstig ved utslipp fra høye skorsteiner fordi utslippene vil nå bakken nær kilden før de er særlig fortynnet, noe som vil gi høye konsentrasjoner.

Lett stabil og stabil sjiktning, det vil si at temperaturen øker med høyden, forekommer oftest om natta og om vinteren når det er sterk utstråling og avkjøling ved bakken. Ved slike forhold undertrykkes spredningen av luftforurensninger. Dette er mest ugunstig for utslipp fra kilder nær bakken. Ved stabil sjiktning vil ikke utslipp fra høye skorsteiner nå bakken før på store avstander.

Forekomst av de fire stabilitetsklassene er gitt månedsvis i tabell 6.

Tabell 6: Forekomst (%) av fire stabilitetsklasser ved Viksjøfjell og Svanvik vinteren 1994/95.

Stasjon	Måned	Ustabil	Nøytral	Lett stabil	Stabil
Viksjøfjell	Oktober	0,0	41,5	53,1	5,4
	November	0,0	45,1	46,4	8,5
	Desember	0,0	50,7	41,1	8,2
	Januar	0,1	46,9	38,6	14,4
	Februar	0,3	58,6	31,1	10,0
	Mars	1,5	67,2	23,9	7,4
Svanvik	Oktober	0,5	58,9	23,7	16,9
	November	0,0	56,7	19,6	23,8
	Desember	0,0	65,9	17,3	16,8
	Januar	0,0	53,0	16,8	30,2
	Februar	0,0	53,0	27,1	19,9
	Mars	0,3	76,6	11,7	11,4

Tabellen viser at det svært sjelden var ustabil sjiktning på de to målestasjonene i vinterhalvåret. Svanvik hadde større forekomst både av nøytral og stabil sjiktning

enn Viksjøfjell hele vinteren, mens Viksjøfjell hadde den største forekomsten av lett stabil sjiktning.

Månedlige frekvensmatriser for stabilitet, vindstyrke og vindretning fra Viksjøfjell og Svanvik er gitt i vedlegg A.

4.2 Luftkvalitet

4.2.1 Svoveldioksid (SO_2)

SO_2 -målinger er utført på fem stasjoner på norsk side og to stasjoner på russisk side av grensen. Stasjonene er: Viksjøfjell, Karpdalen, Rådhuset i Kirkenes, Holmfoss og Svanvik i Norge og Maajavri og Nikel i Russland. Målingene av SO_2 med døgnprøvetaker ved Karpdalen, Holmfoss og Svanvik ble avsluttet 1. januar 1995. Tre av stasjonene, Viksjøfjell, Svanvik og Nikel har kontinuerlig registrerende instrumenter med oppringt samband. Den russiske stasjonen Maajavri har kontinuerlig registrerende instrument som logger data til filer. Dataene lagres som timemiddelverdier. Kontinuerlig registrerende instrumenter er nødvendige for å måle toppkonsentrasjoner i episoder, for å se hvor lenge episodene varer, og hvor ofte de forekommer. Timemiddelverdiene kan også knyttes direkte til målte vindretninger for å bestemme kilde(r) eller kildeområde(r).

De kontinuerlig registrerende instrumentene (monitorene) har en usikkerhet i timemiddelkonsentrasjonene på ca. $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved det måleområdet som er valgt (opp til vel $3\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Datadekningen fra Svanvik og Nikel var god med data i 89-99% av tiden. Fra Viksjøfjell mangler data i oktober og deler av november, men i de øvrige månedene var datadekningen 99%. Fra Maajavri mangler data i hele oktober og november og deler av desember og mars. Fra Rådhuset i Kirkenes mangler data fra midten av januar og ut perioden.

Et sammendrag av SO_2 -målingene i perioden oktober 1994-mars 1995 med monitorer og døgnprøvetakere er gitt i tabell 7 og 8. Grafisk fremstilling av de timevise dataene er gitt i vedlegg B.

Målingene viser at Viksjøfjell var mest belastet i perioden på norsk side, mens de høyeste konsentrasjonene totalt sett ble målt ved Maajavri. SO_2 -konsentrasjonene avtok sørover i Pasvikdalen, og de laveste verdiene ble målt i Svanvik. Selv om Svanvik ligger nærmest utslippet, var middelveiden av SO_2 lav, fordi det ikke blåste så ofte i den retningen.

Sammenliknet med gjennomsnittskonsentrasjonene vinteren 1993/94 var konsentrasjonene høyere vinteren 1994/95.

Tabell 7: Sammendrag av målinger av SO₂ med kontinuerlig registrerende instrumenter på Viksjøfjell, Svanvik, Maajavri og Nikel i perioden oktober 1994-mars 1995 (µg/m³).

Stasjon og måned	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Ant. døgnobs.	Antall døgnmidler			Høyeste time-middel	Ant. time-obs.	Antall timeverdier			
				>50	>90	>300			>100	>350	>700	>1000
Viksjøfjell												
Oktober 1994												
November	53,6	154	14	5	4	0	1 222	325	44	16	2	1
Desember	44,7	156	31	12	4	0	889	735	91	15	2	0
Januar 1995	45,7	187	31	11	6	0	1 378	739	94	20	2	1
Februar	53,1	201	28	11	4	0	1 167	667	97	18	7	2
Mars	35,9	219	31	6	3	0	2 497	735	58	14	3	2
Okt. '94-mars '95	45,6	219	135	45	21	0	2 497	3 201	384	83	16	6
Svanvik												
Oktober 1994	4,6	35	31	0	0	0	156	730	3	0	0	0
November	15,2	227	30	2	1	0	1 264	715	14	4	2	1
Desember	6,1	70	31	1	0	0	254	736	7	0	0	0
Januar 1995	13,3	97	31	2	1	0	206	733	24	0	0	0
Februar	8,2	57	28	1	0	0	209	663	11	0	0	0
Mars	15,9	104	31	2	2	0	363	732	39	1	0	0
Okt. '94-mars '95	10,6	227	182	8	4	0	1 264	4 309	98	5	2	1
Maajavri												
Oktober 1994												
November												
Desember	118,3	442	16	12	9	2	1 575	361	95	54	10	5
Januar 1995	100,8	358	31	18	12	2	1 843	688	161	63	18	6
Februar	77,4	339	28	14	16	1	1 087	621	117	37	17	5
Mars	29,3	178	21	5	1	0	421	480	36	7	0	0
Okt. '94-mars '95	81,0	442	96	49	38	5	1 843	2 150	409	161	45	16
Nikel												
Oktober 1994	60,3	1 177	31	6	3	1	2 198	696	52	29	23	16
November	65,6	483	30	9	6	2	3 702	681	88	29	9	7
Desember	22,5	381	31	4	1	1	1 237	661	32	9	5	1
Januar 1995	63,7	425	31	8	7	2	1 690	687	109	33	8	4
Februar	26,3	200	28	5	2	0	1 174	624	38	11	2	2
Mars	35,5	208	31	7	4	0	903	694	68	17	2	0
Okt. '94-mars '95	46,1	1 177	182	39	23	6	3 702	4 043	387	128	49	30

Den høyeste døgnmiddelverdien på norsk side vinteren 1994/95 ble målt ved Holmfoss, mens Viksjøfjell hadde flest døgnmiddelverdier over 90 µg/m³, som er det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av SO₂. Stasjonene på russisk side hadde imidlertid både høyere maksimale døgnmiddelverdier og flere verdier over 90 µg/m³ enn de norske stasjonene.

Tabell 8: Sammendrag av døgnmålinger av SO_2 i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu g/m^3$).

Stasjon og måned	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Laveste døgnmiddel	Ant. døgnsobs.	Antall døgnmidler	
					>50	>90
Kirkenes						
Oktober 1994	7	47	0	27	0	0
November	16	131	0	28	3	1
Desember	22	180	0	31	4	1
Januar 1995	17	94	0	31	3	1
Februar						
Mars						
Oktober '94-mars '95	16	180	0	117	10	3
Svanvik						
Oktober 1994	6	45	0	31	0	0
November	17	245	0	30	3	1
Desember	7	76	0	31	2	0
Oktober-desember '94	10	245	0	92	5	1
Holmfoss						
Oktober 1994	8	62	0	30	2	0
November	15	109	0	30	3	2
Desember	22	262	0	31	4	2
Oktober-desember '94	15	262	0	91	9	4
Karpdalen						
Oktober 1994	9	85	0	31	1	0
November	15	93	0	30	4	1
Desember	33	195	0	31	10	3
Oktober-desember '94	19	195	0	92	15	4

Den høyeste timemiddelverdien på norsk side ble målt på Viksjøfjell 25. mars kl 07 og var på $2\,497\,\mu g/m^3$. Vindmålingene denne timen viste $2,5\,m/s$ fra sør-sørvest (189°), som kan tyde på at utslipp fra Nikel belastet stasjonen.

Den høyeste timemiddelverdien i Svanvik, $1\,264\,\mu g/m^3$, ble målt 23. november kl 09. Denne timen var vindmåleren i Svanvik ute av funksjon.

På russisk side ble den høyeste timemiddelverdien registrert i Nikel 23. november kl 06. Verdien var på $3\,710\,\mu g/m^3$. Også denne timen var vindmåleren i Svanvik ute av funksjon. Vindmåleren på Viksjøfjell sto også stille denne perioden. Slike korte driftsstanser på vindmålerne om vinteren skyldes oftest at de rimer ned og fryser fast i perioder med svak eller ingen vind. Det er derfor mest sannsynlig at det var svak vind eller vindstille i området da disse høye konsentrasjonene ble målt.

Fra Maajavri mangler SO_2 -data fra oktober og november. Den høyeste timemiddelverdien, $1\,843\,\mu g/m^3$, ble registrert 3. januar kl 24. Denne timen blåste det $3,2\,m/s$ fra vest-sørvest på Viksjøfjell, noe som kan tyde på at Maajavri var eksponert for utslipp fra Nikel.

Maajavri hadde timemiddelverdier over Verdens helseorganisasjons foreslåtte grenseverdi på $350\,\mu g/m^3$ i 7,5% av timene med målinger. Tilsvarende tall for

Nikkel var 3,2%. På Viksjøfjell var det over 350 µg/m³ i 2,6% av tiden og i Svanvik i 0,1% av tiden.

Sammenliknet med vinteren 1993/94 ble det målt høyere maksimale timemiddelverdier vinteren 1994/95 på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel. Andelen timemiddelverdier over 350 µg/m³ var også klart høyere vinteren 1994/95 på alle stasjonene unntatt Svanvik.

Tidligere målinger av standardavviket i vindretningen på Viksjøfjell tyder på at røykfanene fra de høye pipene i Nikel og Zapoljarnij er ganske smale, som oftest med bare noen få kilometers utstrekning selv så langt fra utslippet som på Viksjøfjell. Konsentrasjonen blir derfor høy når målestasjonene ligger i røykfanen, mens bare noen graders endring i vindretningen kan føre til at de ikke blir eksponert. I lange perioder er stasjonene ikke eksponert, eller verdiene er lavere enn deteksjonsgrensen på 10 µg/m³. Denne variasjonen i dataene vises i figurene i vedlegg B.

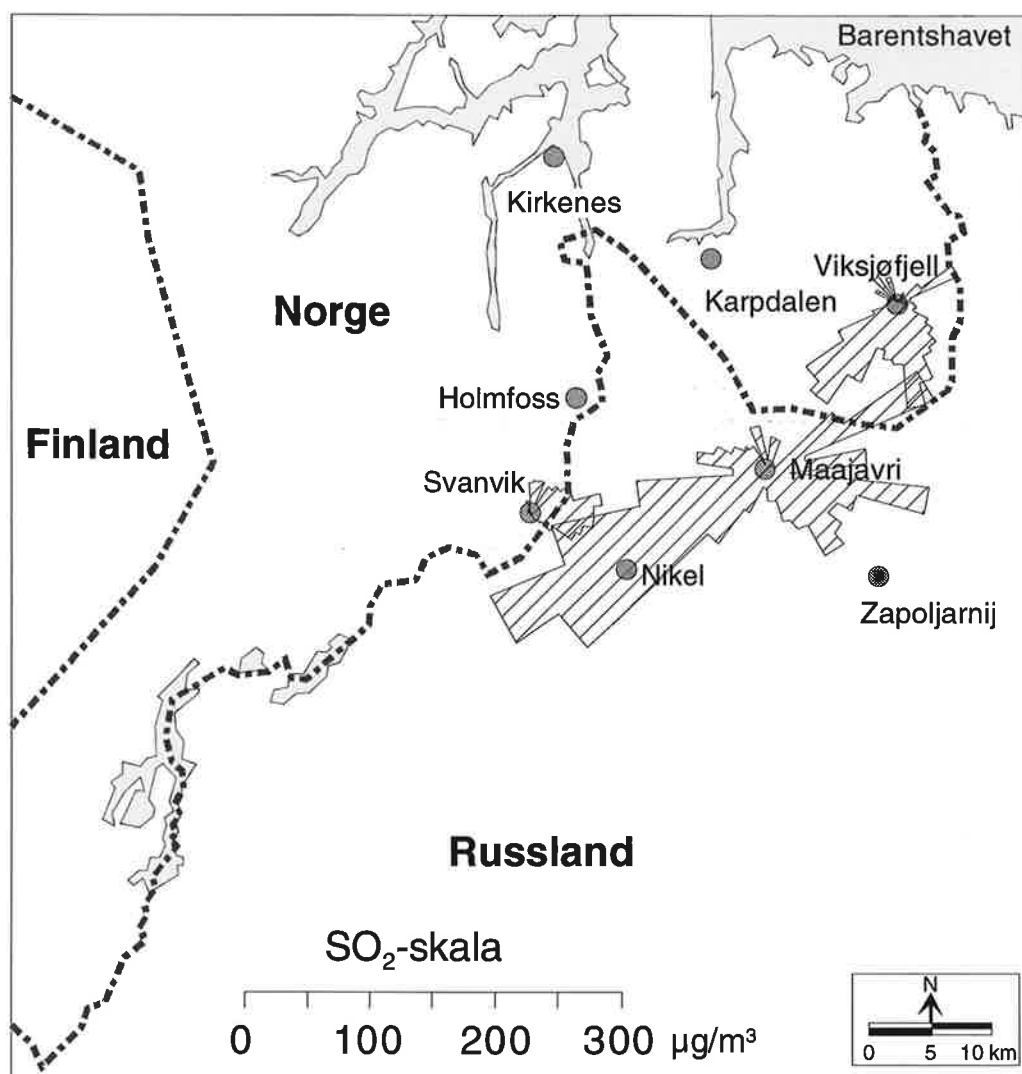
Timemiddelverdiene av SO₂ er sammenholdt med vindretning, vindstyrke og stabilitet. Ut fra dette er det beregnet forurensningsroser som vist i figur 3-4, med middelkonsentrasjoner for hver av 36 10°-vindsektorer. Ved beregning av forurensningsrosen for Nikel er det brukt vindmålinger fra Svanvik og ved beregning av rosen for Maajavri er det brukt vindmålinger fra Viksjøfjell.

I Svanvik var middelverdien 10,6 µg/m³ for perioden oktober 1994-mars 1995. Ved vind fra østlig kant (80°-110°) var middelkonsentrasjonen rundt 50 µg/m³, se figur 3. Ved vind i en bred sektor fra sør over vest til nord-nordøst var konsentrasjonene betydelig lavere enn ved vind fra nordøstlig til sørøstlig kant.

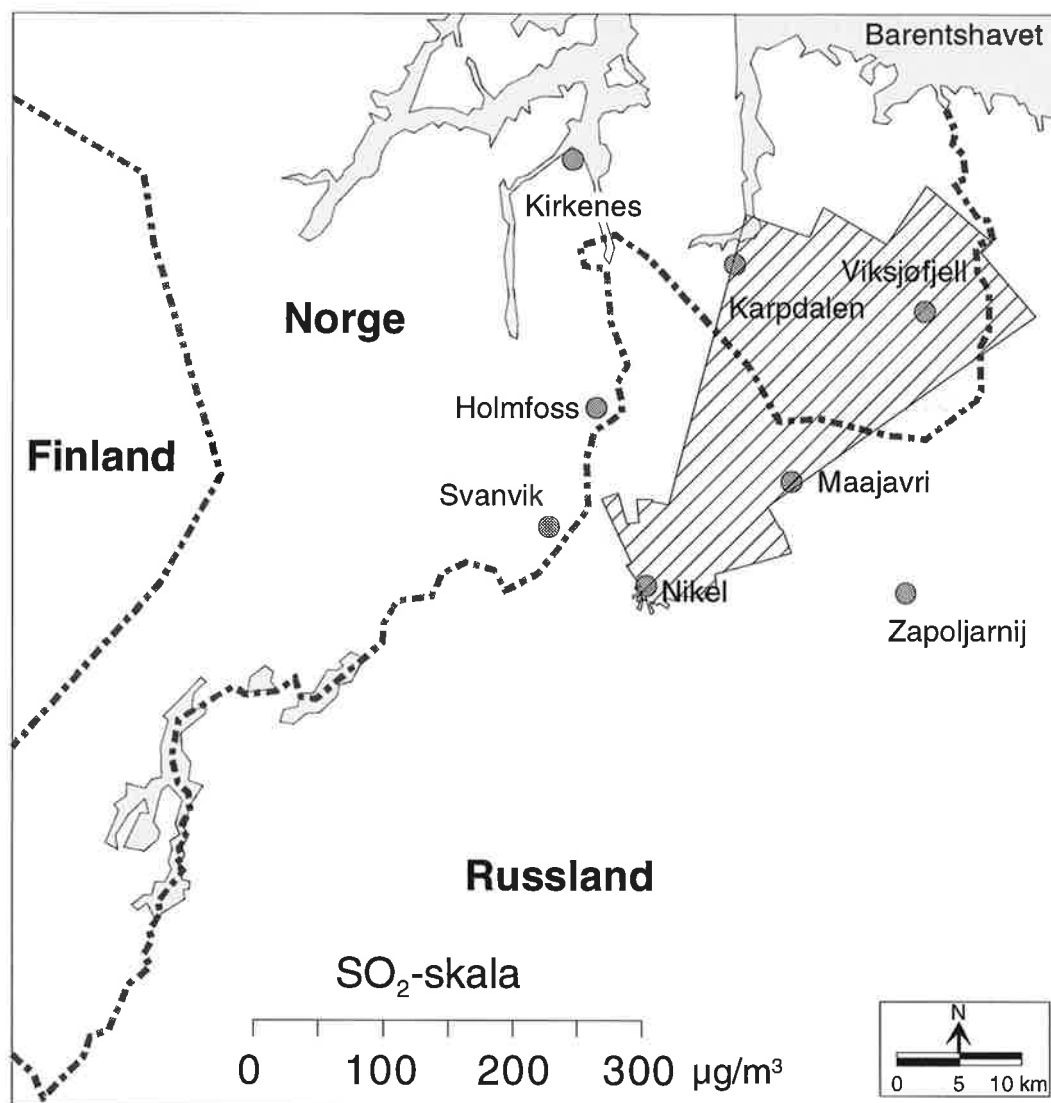
På Viksjøfjell var middelkonsentrasjonen 96,5 µg/m³ ved vind fra omkring 220° (Nikel) (se figur 3). Ved vind fra omkring 170° var middelkonsentrasjonen 82,9 µg/m³. Dette viser at også Zapoljarnij belaster stasjonen.

Maajavri hadde en middelkonsentrasjon på 244 µg/m³ ved vind fra Nikel (omkring 240°). Det var også forhøyete konsentrasjoner ved vind fra Zapoljarnij (omkring 140°). De forhøyete konsentrasjonene ved vind mellom nordøst og øst-sørøst ble målt under en enkelt episode i mars 1995. I denne episoden var det også høye konsentrasjoner på Viksjøfjell. Det antas at vindmålingene fra Viksjøfjell og Svanvik ikke beskriver de lokale vindforholdene ved Maajavri fullt ut i denne perioden.

Stasjonen i Nikel (figur 4) var sterkt belastet i en sektor fra nord til øst (vind målt i Svanvik) med den høyeste middelkonsentrasjonen ved 40° (381 µg/m³). Konsentrasjonene i de mest belastede sektorene var mye høyere i Nikel enn på de andre stasjonene. De høye konsentrasjonene i Nikel skyldes sannsynligvis de mange og store utslippene fra de lave skorsteinene. Utslippene fra de tre høyeste skorsteinene (150-160 m) vil sjelden eller aldri slå ned ved målestasjonen, som bare ligger 1 km fra bedriften.



Figur 3: Middelkonsentrasjoner av SO₂ for Viksjøfjell, Svanvik og Maajavri i 36 vindsektorer i perioden oktober 1994-mars 1995 (µg/m³).



Figur 4: Middelkonsentrasjoner av SO₂ i Nikel (samme skala som i figur 3) i 36 vindsektorer i perioden oktober 1994-mars 1995 (µg/m³).

4.2.2 Trendanalyse for SO₂

SO₂-målinger startet i Kirkenes-området og i Svanvik allerede i 1974. Senere ble målingene utvidet til Holmfoss, Jarfjordbotn og Karpdalen. Da den såkalte basisundersøkelsen startet i 1988 ble nye stasjoner opprettet på Viksjøfjell, i Noatun og på Kobbfoss. I 1990 og 1991 startet også målinger på russisk side med norsk måleutstyr på SOV 1, Maajavri (SOV 2), SOV 3 og i Nikel.

Tabell 9 gir en oversikt over måleperiodene på de ulike stasjonene i grenseområdene fra starten i 1974. I tabellen er det skilt mellom døgnprøvetakere, som bare gir døgnmiddelverdier, og kontinuerlig registrerende instrumenter, monitorer,

Tabell 9: Oversikt over SO_2 -målinger i grenseområdene med døgnprøvetakere (døgnmiddelverdier) og med kontinuerlig registrerende monitorer (timemiddelverdier) i perioden 1974-1995. Døgnprøvetaking i Svanvik, Holmfoss og Karpdalen ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95. For stasjoner merket med * (stjerne) er det i det følgende gjort trendanalyser av SO_2 -nivået.

Målested	Prøve- takingstid	19- 74	19- 75	19- 76	19- 77	19- 78	19- 79	19- 80	19- 81	19- 82	19- 83	19- 84	19- 85	19- 86	19- 87	19- 88	19- 89	19- 90	19- 91	19- 92	19- 93	19- 94	19- 95
Kirkenes*	Døgn																						
Svanvik*	Døgn																						
Svanvik*	Time																						
Holmfoss*	Døgn																						
Jarfjordbotn	Døgn																						
Karpdalen*	Døgn																						
Karpdalen*	Time																						
Viksjøfjell*	Time																						
Noatun	Døgn																						
Noatun	Time																						
Kobbfoss	Døgn																						
SOV 1	Time																						
Maajavri*	Time																						
SOV 3	Time																						
Nikel*	Time																						

hvor verdiene logges kontinuerlig og midles til timemiddelverdier. Noen stasjoner har i perioder hatt begge typer prøvetakere.

Døgnprøvetaking ble avsluttet i Svanvik, Holmfoss og Karpdalen ved årsskiftet 1994/95. For tiden er det døgnprøvetaking bare i Kirkenes, mens det benyttes monitører (timemiddelverdier) i Svanvik, på Viksjøfjell, på Maajavri og i Nikel. Bortsett fra Maajavri overføres SO₂-dataene daglig til NILU på telenettet.

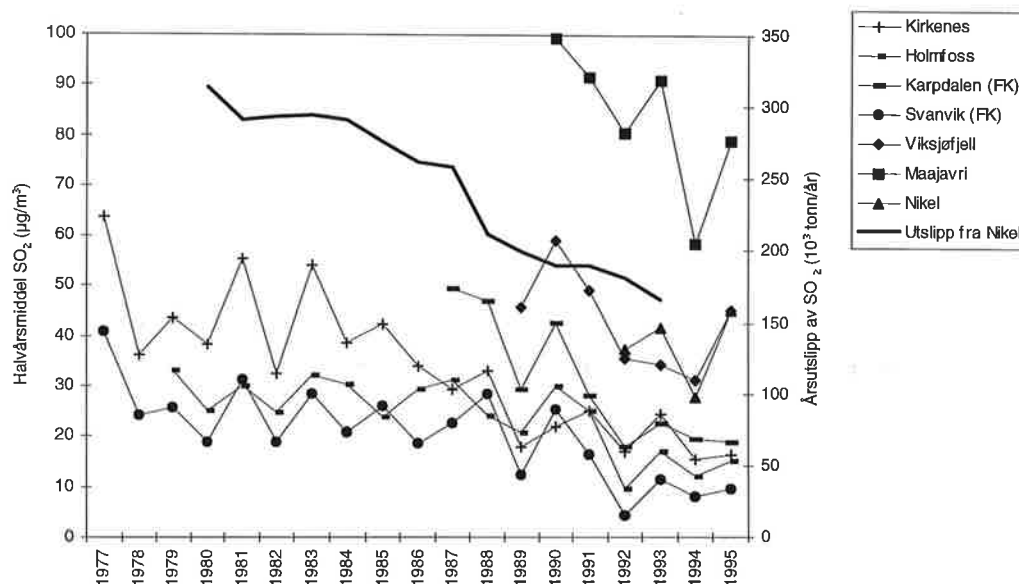
For stasjoner merket med * (stjerne) er det gjort en statistisk analyse av SO₂-verdiene for vinterhalvåret (oktober-mars) i de årene måledata foreligger fra 1977. For stasjoner med timedata er det utarbeidet statistikk både på grunnlag av timemiddelverdier og på grunnlag av døgnmiddelverdier beregnet av 24 timemiddelverdier. For hvert vinterhalvår er følgende statistiske parametre bestemt:

- maksimum : høyeste time/døgnmiddelverdi.
- 98-prosentil : 98 prosent av time/døgnmiddelverdiene er lavere enn denne verdien.
- aritmetisk middelverdi : gjennomsnittsverdi.
- median : 50 prosent av time/døgnmiddelverdiene er lavere enn denne verdien. Medianen er vanligvis noe lavere enn den aritmetiske middelverdien.
- 25-prosentil : 25 prosent av time/døgnmiddelverdiene er lavere enn denne verdien.

Resultatene av de statistiske analysene for SO₂ er vist i figurene 5-12. Figur 5 viser aritmetisk middelverdi for alle stasjoner for perioder med målinger (etter 1977) basert på målte døgnmiddelverdier eller beregnede døgnmiddelverdier ut fra målte timemiddelverdier. Figur 6-10 gir trend for de statistiske parametrene som er nevnt ovenfor på stasjoner med målte/beregnete døgnmiddelverdier, mens figur 11-12 gir tilsvarende statistikk for timemiddelverdier.

Figur 5 viser at SO₂-utslippet fra smelteverket i Nikel er redusert fra mer enn 300 000 tonn i 1980 til ca. 165 000 tonn i 1993, dvs. omtrent en halvering. Utslippene er ikke målt, men beregnet ut fra massebalanse og er offisielle russiske tall (Ryaboshapko, 1993 og Baklanov, 1994). Figuren viser at vintermiddelverdiene av SO₂ gjennomgående også er vesentlig redusert i samme periode. Verdiene varierer imidlertid en del fra år til år, som ikke bare skyldes endret utslipp, men forskjeller i spredningsforholdene. Viktige parametre er hvor ofte vinden blåser fra Nikel mot målestedet, vindstyrken og blandingsforholdene (stabiliteten i lufta). På flere av stasjonene med de lengste måleseriene, Svanvik og Karpdalen, er det midlere SO₂-nivået redusert omtrent i samme grad som utslippene fra Nikel. I Kirkenes er SO₂-nivået redusert enda mer, antagelig som følge også av reduserte lokale utslipp, både fra industrien og fra boligoppvarming.

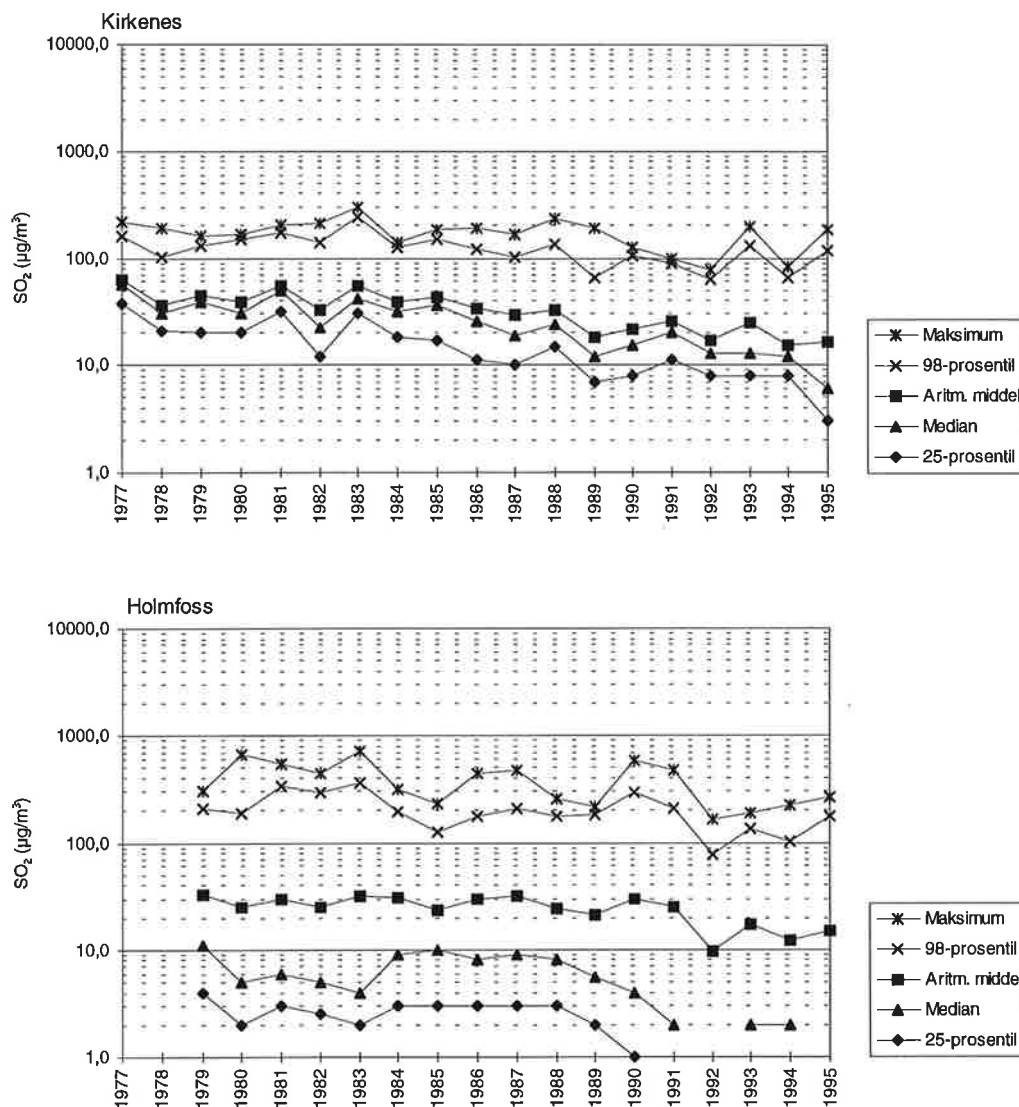
De fleste stasjonene, og særlig de som er mest påvirket av utslippene fra Nikel, viste høyere middelverdier vinteren 1994/95 enn vinteren 1993/94. Utslippstall fra Nikel for 1994 og 1995 foreligger ennå ikke. Det er derfor vanskelig å si sikkert om økningen skyldes økte utslipp. De meteorologiske spredningsforholdene synes imidlertid ikke å ha vært dårligere vinteren 1994/95 enn vinteren 1993/94.



Figur 5: Vintermiddelkonsentrasjoner (oktober-mars) av SO_2 i perioden 1976/77-1994/95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Figuren viser også årlige utslipp av SO_2 fra smelteverket i Nikel i perioden 1980-1993 (10^3 tonn/år).

Figurene 6-12 gir trend for utvalgte statistiske parametre i SO_2 -fordelingen på de enkelte stasjonene. Ordinaten i disse figurene er gitt i logaritmisk skala fordi det er meget stor forskjell i konsentrasjon mellom høye og lave SO_2 -verdier. I figurer med vanlig lineær skala ville det blitt meget vanskelig å skille mellom aritmetisk middelferdi, median og 25-prosentil-verdi, da disse verdiene ville bli nær hverandre.

På de følgende sidene er det gitt korte kommentarer til utviklingen i SO_2 -nivået på de enkelte stasjonene:



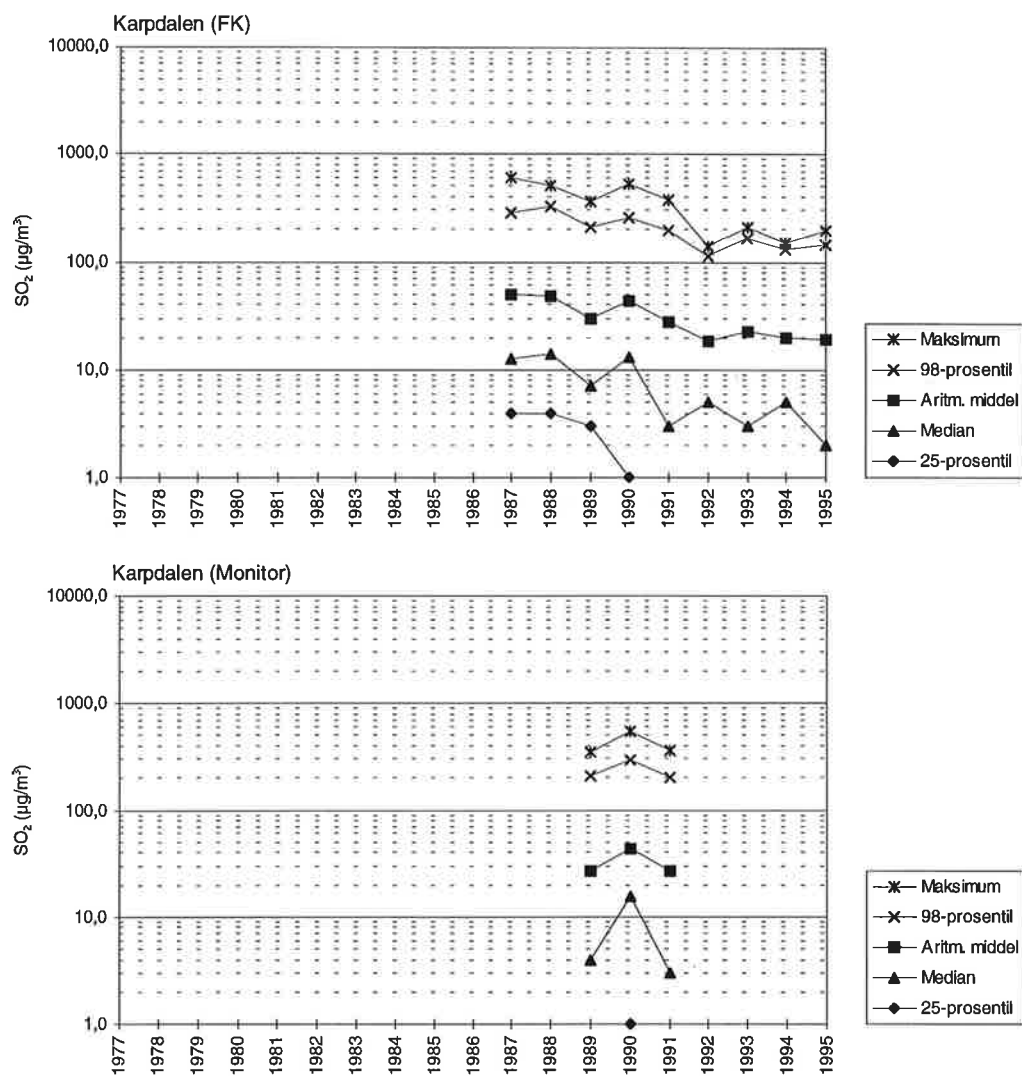
Figur 6: Døgnmiddelkonsentrasjoner av SO₂ i vinterhalvåret (oktober-mars) i Kirkenes og Holmfoss (µg/m³). Trend for utvalgte statistiske parametre.

• Kirkenes (figur 6)

Middel- og median-verdien er betydelig redusert fra slutten av 1970-årene til 1995. Relativt høye maksimal- og 98-prosentilverdier (over 90 µg/m³) forekommer imidlertid fortsatt.

• Holmfoss (figur 6)

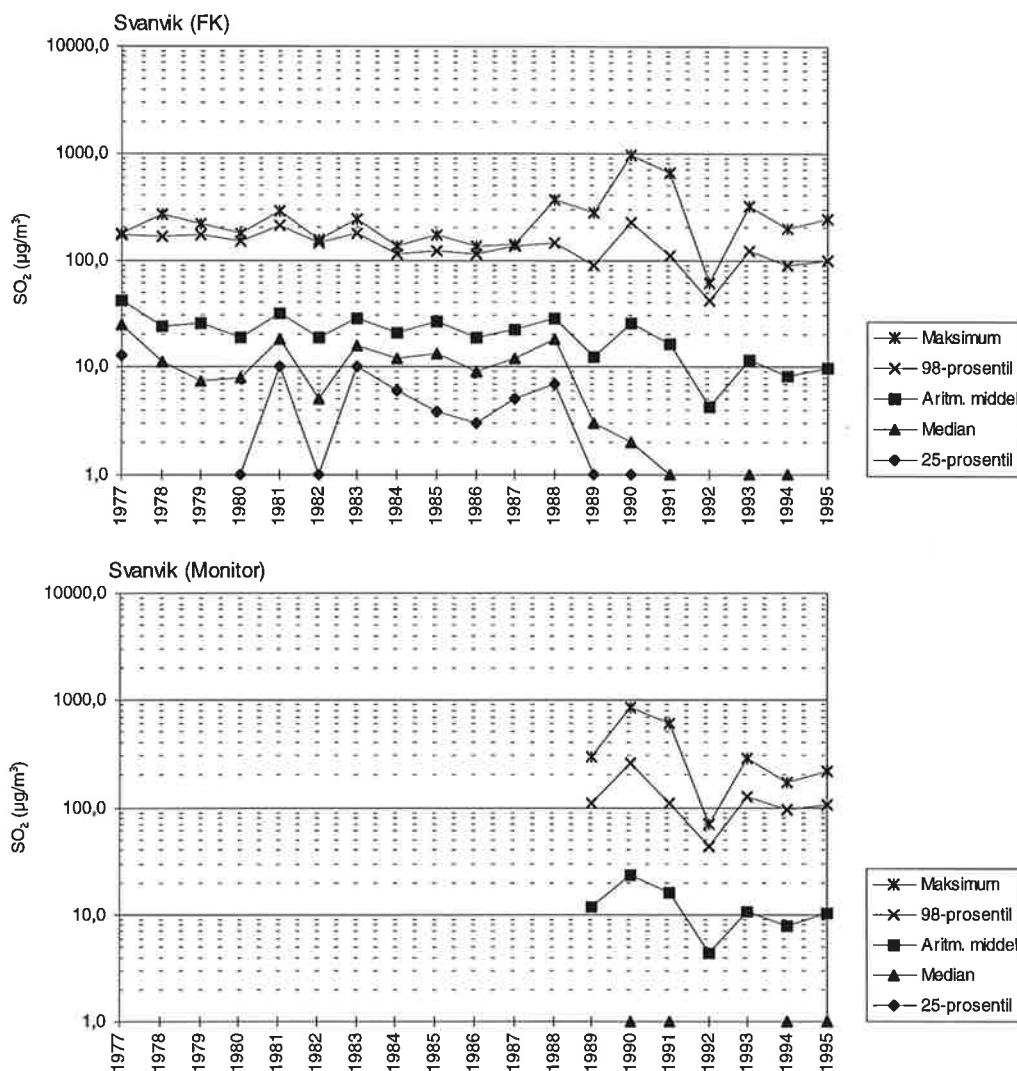
Som i Kirkenes er middel- og medianverdien redusert, men i noe mindre grad. De maksimale døgnmiddelverdiene er redusert fra 500-700 µg/m³ tidlig på 1980-tallet til 150-250 µg/m³ de siste årene. Halvparten av måledataene (medianen) er nå lavere eller lik 2 µg/m³, mens middelverdiene har vært 10-15 µg/m³ de siste årene. Målingene ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95.



Figur 7: Døgnmiddelkonsentrasjoner av SO_2 i vinterhalvåret (oktober-mars) i Karpdalen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Trend for utvalgte statistiske parametre.

• Karpdalen (figur 7)

Fra 1986/87 til 1994/95 er middelveiden vinterstid redusert fra $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til knapt $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens de høyeste døgnmiddelverdiene er redusert fra $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ til under $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

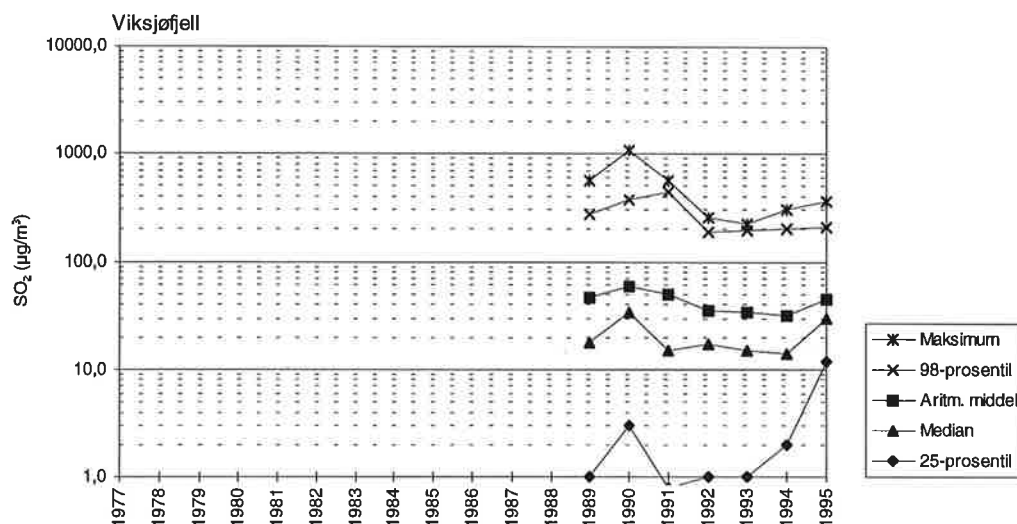


Figur 8: Døgnmiddelkonsentrasjoner av SO_2 i vinterhalvåret (oktober-mars) i Svanvik ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Trend for utvalgte statistiske parametre.

• Svanvik (figur 8 og figur 11)

Målingene i Svanvik har vist et relativt stabilt SO_2 -nivå fram til slutten av 1980-årene. Deretter har spesielt middel- og median-verdien gått ned, mens maksimumsverdien har variert mye fra år til år. Halvparten av tiden har døgnmiddelverdiene vært lavere eller lik $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siden 1990/91.

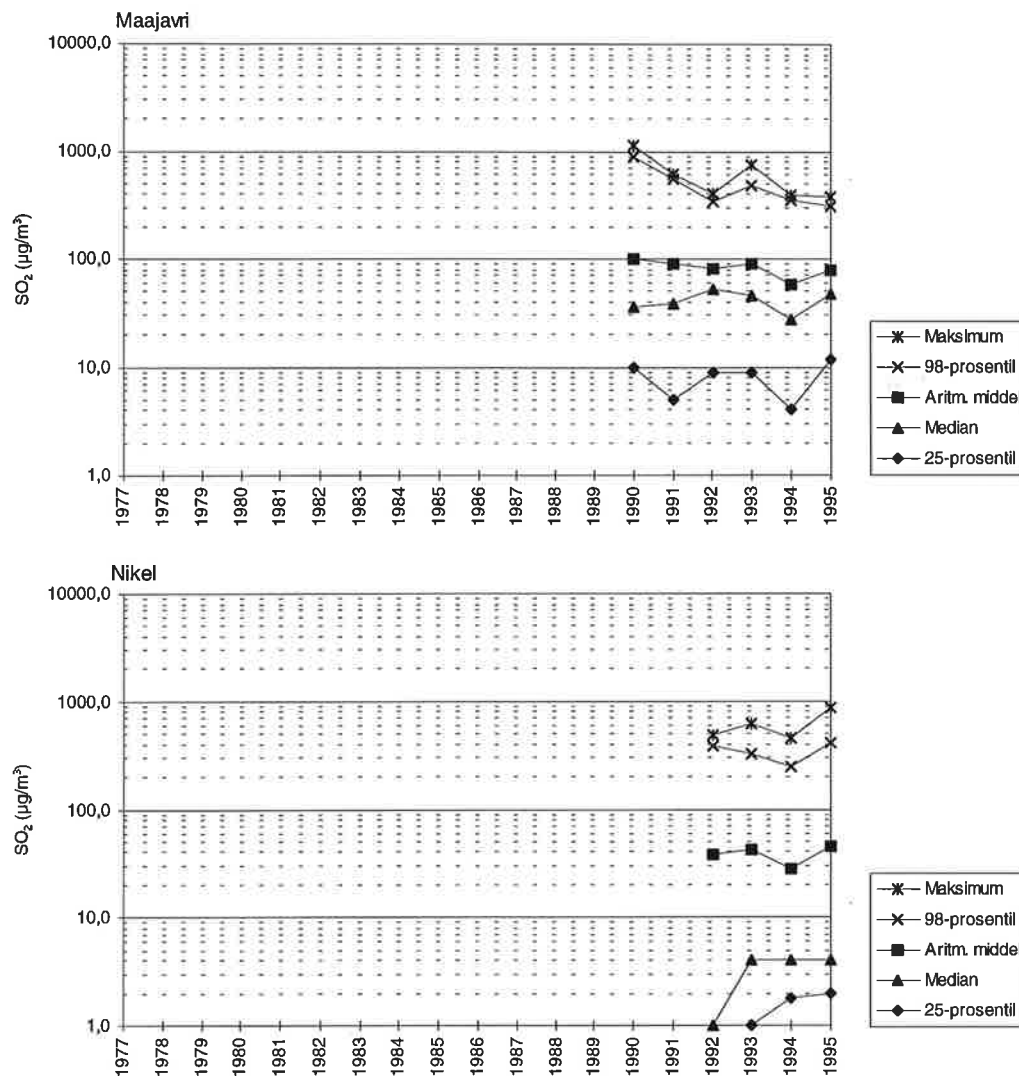
Målinger av timemiddelverdier siden 1988/89 (figur 11) viser maksimale verdier på opp til $2\,400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1989/90). Vinteren 1994/95 var den høyeste timemiddelverdien vel $1\,200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Verdens helseorganisasjons foreslåtte grenseverdi er $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Middelverdien har vært stabil på $8\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de tre siste vintrene.



Figur 9: Døgnmiddelkonsentrasjoner av SO₂ i vinterhalvåret (oktober-mars) på Viksjøfjell (µg/m³). Trend for utvalgte statistiske parametre.

• Viksjøfjell (figur 9 og figur 11)

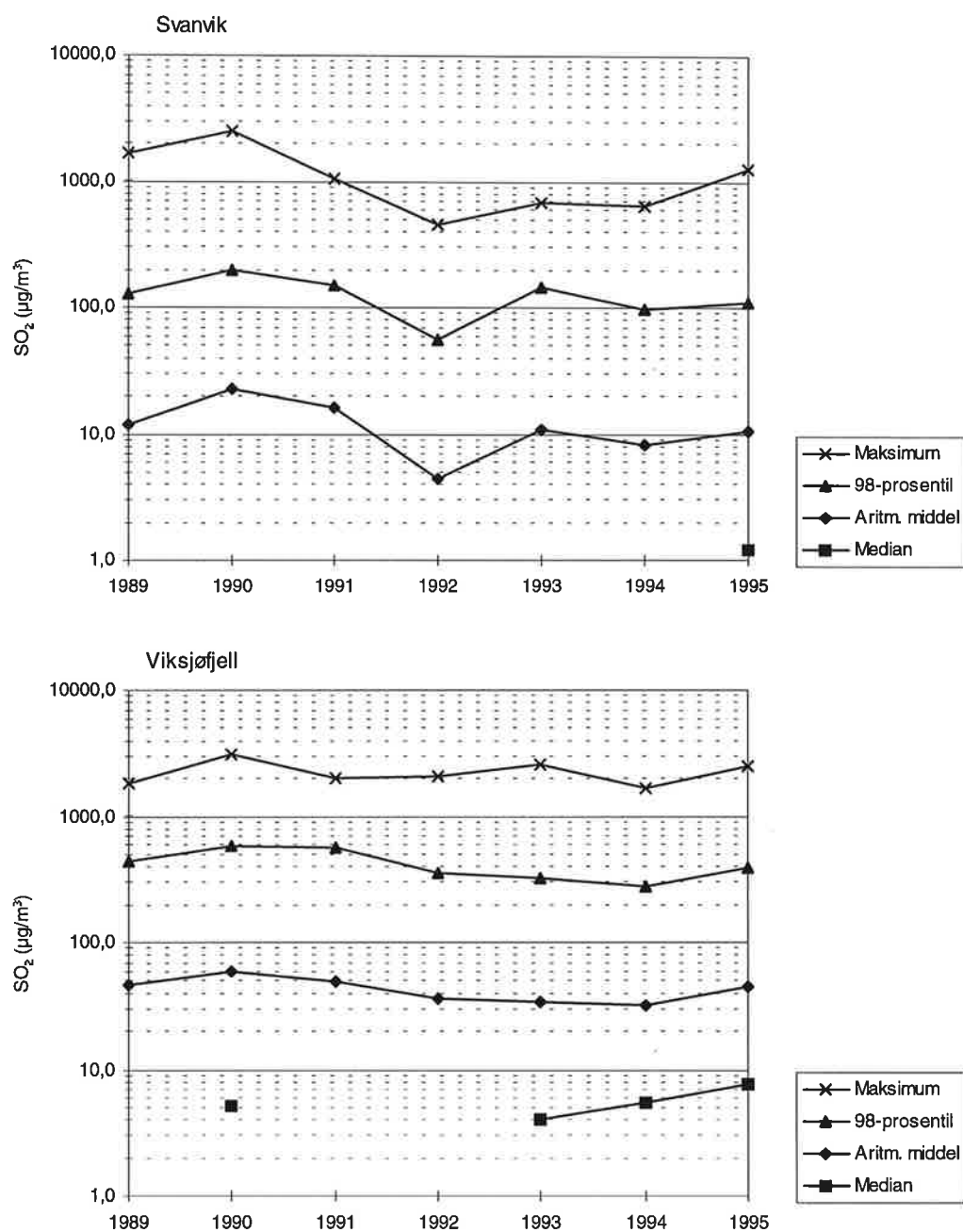
Målingene viste noe nedgang i middel- og medianverdiene fra vinteren 1989/90 til vinteren 1993/94, men økte igjen vinteren 1994/95. Også de høyeste døgn- og timemiddelverdiene økte vinteren 1994/95. De maksimale døgn- og timemiddelverdiene ble målt vinteren 1989/90 til henholdsvis vel 1 000 µg/m³ og vel 3 100 µg/m³. Den høyeste timemiddelverdien vinteren 1994/95 var nesten 2 500 µg/m³.



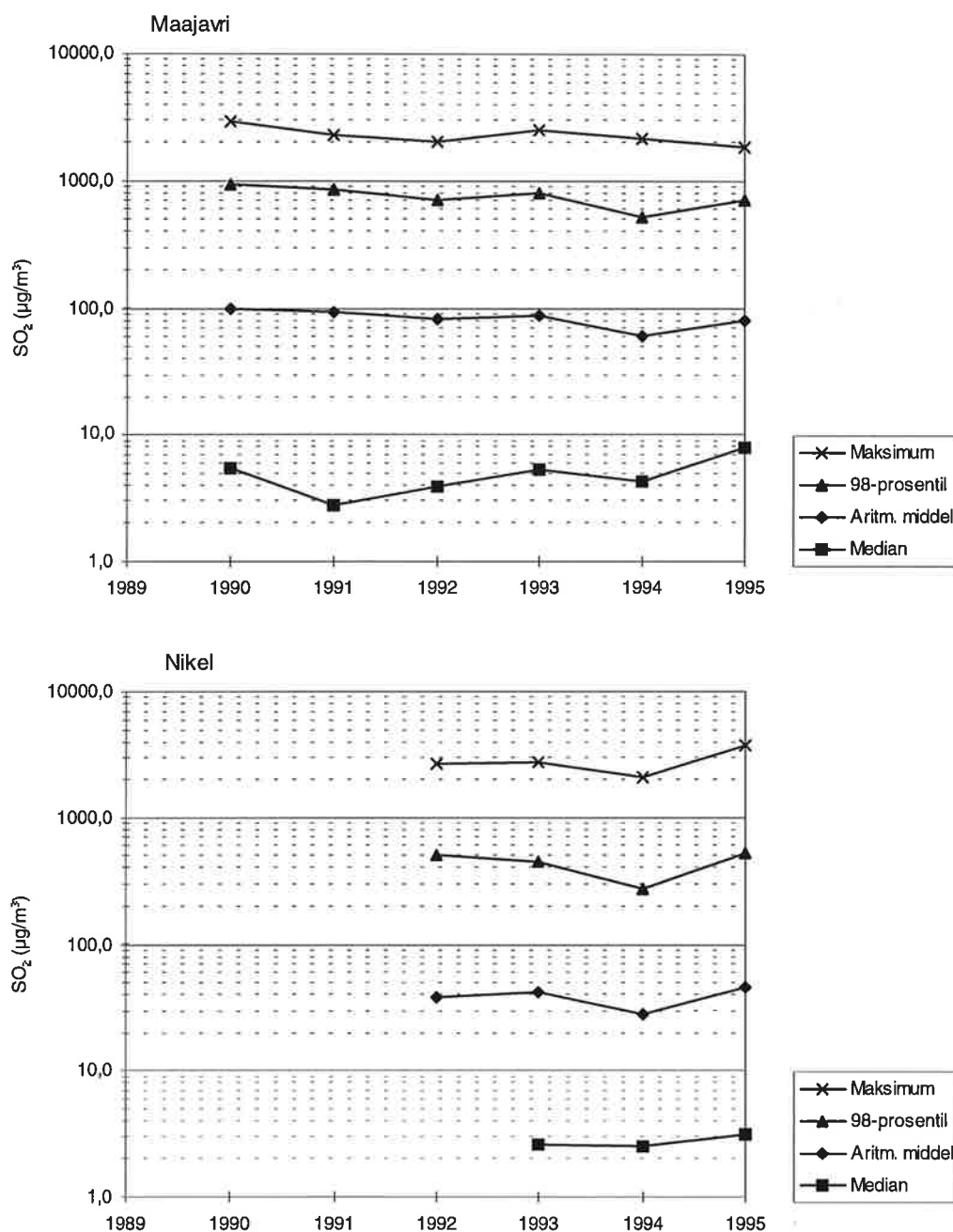
Figur 10: Døgnmiddelkonsentrasjoner av SO_2 i vinterhalvåret (oktober-mars) på Maajavri og i Nikel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Trend for utvalgte statistiske parametre.

- **Maajavri (figur 10 og figur 12)**

Maajavri på russisk side ligger ca. 17 km nordøst for Nikel og ca. 11 km nordvest for Zapoljarnij. Som på Viksjøfjell viser målingene tendens til fallende SO_2 -nivå fram til vinteren 1993/94, men med økte verdier igjen vinteren 1994/95. Som på Viksjøfjell ble også de høyeste døgn- og timemiddelverdiene målt vinteren 1989/90 til henholdsvis vel 1 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og knapt 3 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



Figur 11: Timemiddelkonsentrasjoner av SO_2 i vinterhalvåret (oktober-mars) i Svanvik og på Viksjøfjell ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Trend for utvalgte statistiske parametre.



Figur 12: Timemiddelkonsentrasjoner av SO_2 i vinterhalvåret (oktober-mars) på Maajavri og i Nikel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Trend for utvalgte statistiske parametre.

• Nikel (figur 10 og figur 12)

Denne stasjonen er plassert i Nikel sentrum ca. 1 km sørvest for smelteverket. Det er de diffuse utslippene og utslippene fra de laveste skorsteinene som belaster denne stasjonen. Utslippene fra de tre høye skorsteinene på 150-160 m slår ikke ned her.

Målingene startet først i 1991. Dataene viser imidlertid omtrent samme trend som på Viksjøfjell og Maajavri. Økningen vinteren 1994/95 er relativt markert. Da ble

det målt maksimale døgn- og timemiddelverdier på henholdsvis 870 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og 3 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Stasjonen i Nikel påvirkes ved nordøstlig vind, som vanligvis ikke forekommer så ofte om vinteren som om sommeren. Middelkonsentrasjonen av SO_2 er derfor vanligvis høyere om sommeren enn om vinteren.

Samlet sett viser figurene 6-12 redusert SO_2 -forurensning i Sør-Varanger fra slutten av 1970-årene fram til 1993/94. Nedgangen er omtrent like stor som de reduserte utslippene fra smelteverket i Nikel. Vinteren 1994/95 var det imidlertid økte SO_2 -konsentrasjoner igjen, som var særlig markert på de mest belastede stasjonene Viksjøfjell, Maajavri og Nikel. Ut fra de meteorologiske forholdene ser det imidlertid ikke ut til at spredningsforholdene var dårligere. Hvorvidt økningen skyldes økt produksjon og/eller økte utslipp ved smelteverket er vanskelig å si fordi det ikke foreligger utslippstall etter 1993.

4.2.3 Svevestøv

På Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel er det tatt svevestøvprøver med en to-filter-prøvetaker, som deler støvet i grov- og finfraksjon. Støvmengden bestemmes ved veiing. Prøvene tas over 2+2+3 døgn, mandag-onsdag, onsdag-fredag og fredag-mandag. Prøvetakingen i Nikel kom igang i desember 1994, mens prøvetakingen i Svanvik ble avsluttet 1. januar 1995.

Resultatene er gitt i tabell 10. Middelverdien vinteren 1994/95 var 5,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på Viksjøfjell og 14,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i Nikel, mens det norske anbefalte luftkvalitetskriteriet for 6 måneder er 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SFT, 1992).

Den høyeste verdien på norsk side ble målt på Viksjøfjell i januar til 17,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dette er betydelig lavere enn det norske anbefalte luftkvalitetskriteriet og Verdens helseorganisasjons grenseverdi for døgnmiddelverdi, som begge er på 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for partikler med diameter under 10 μm (SFT, 1992; WHO, 1987).

Heller ikke i Nikel ble det målt konsentrasjoner over 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

For partikler med diameter under 2,5 μm (finfraksjon) er det i Norge anbefalt et luftkvalitetskriterium på 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som middel over 6 måneder (SFT, 1992). Målingene i grenseområdene viste lavere verdier enn dette.

Middelkonsentrasjonen av svevestøv på Viksjøfjell vinteren 1994/95 var på samme nivå som vinteren 1993/94.

Tabell 10: Sammenndrag av svevestøvmålinger med to-filter-prøvetaker på Viksjøfjell, i Svanvik og i Nikel i perioden oktober 1994-mars 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Stasjon og måned	Finfraksjon (<2.5 μm)			Grovfraksjon (2.5 - 10 μm)			Sum (<10 μm)			Antall døgn med målinger
	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	Middel	Maks.	Min.	
VIKSJØFJELL										
Oktober 1994	1,33	2,61	0,42	1,84	4,02	0,05	3,17	5,63	0,65	31
November	2,24	4,27	0,70	1,50	3,41	0,71	3,74	5,81	1,80	30
Desember	4,16	8,39	1,40	1,76	3,44	1,04	5,93	9,91	2,78	31
Januar 1995	4,94	13,00	1,30	2,09	5,17	0,52	7,02	17,50	1,93	31
Februar	2,95	7,56	0,45	1,63	4,26	0,46	4,58	10,02	1,04	25
Mars	5,86	13,08	1,68	2,04	4,30	0,33	7,90	17,38	2,01	28
Okt. '94-mars '95	3,57	13,08	0,42	1,81	5,17	0,05	5,38	17,50	0,65	176
SVANVIK										
Oktober 1994	1,83	4,54	0,68	2,34	3,76	0,71	4,17	7,92	2,35	31
November	3,02	7,19	0,82	2,17	4,09	1,03	5,19	11,22	1,85	27
Desember	3,67	8,22	1,08	1,82	3,99	0,65	5,48	10,56	2,81	31
Januar 1995										
Februar										
Mars										
Okt. '94-mars '95	2,83	8,22	0,68	2,11	4,09	0,65	4,94	11,22	1,85	89
NIKEL										
Oktober 1994										
November										
Desember	5,68	15,73	1,39	3,30	11,15	1,06	8,98	22,68	3,00	23
Januar 1995	8,63	22,03	1,80	10,39	22,61	1,33	19,39	44,65	3,13	29
Februar	4,64	9,90	2,24	5,18	14,36	1,21	9,82	22,03	5,46	28
Mars	6,87	13,29	2,28	9,93	34,74	1,72	16,80	42,85	5,93	31
Okt. '94-mars '95	6,52	22,03	1,39	7,48	34,74	1,06	14,10	44,65	3,00	111

4.3 Nedbørkvalitet

Nedbørkvalitet er målt på to stasjoner på norsk side i vinterhalvåret 1994/95, Karpdalen og Svanvik. Prøvene tas over en uke med skifte hver mandag. Dessuten skiftes det på første dato i hver måned. I Svanvik har nedbørmålingene pågått siden høsten 1988. Stasjonen i Karpdalen erstattet Dalelva ved Jarfjord fra 1.1.1991. Et sammendrag av resultatene er vist i tabell 11-12. Konsentrasjonene av sulfat er korrigert for sjøsalt og gitt som mg svovel/l. Konsentrasjonene av nitrat og ammonium er gitt som mg nitrogen/l.

Stasjonen i Karpdalen fikk størst nedbørmengde av de to stasjonene. Karpdalen hadde også lavest pH og høyest middelkonsentrasjon av sulfat, nitrat, kalsium og kalium og av sjøsaltkomponentene natrium, magnesium og klorid. Den høyeste middelkonsentrasjonen av ammonium ble målt i nedbøren i Svanvik.

Sammenliknet med vinteren 1993/94 var det litt lavere pH og høyere middelkonsentrasjoner av hovedkomponentene i nedbøren i Svanvik vinteren 1994/95.

Tabell 11: Månedss- og halvårsmiddelverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i Svanvik vinteren 1994/95.

Måned	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne µS/cm	pH	SO ₄ mg S/l	NH ₄ mg N/l	NO ₃ mg N/l	Na mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	Ca mg/l	K mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Ni µg/l	As µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	Cr µg/l
Oktober 1994	16,72	32,89	4,42	0,97	0,23	0,31	1,51	0,20	2,75	0,18	0,15	1,64	0,04	3,61	12,82	1,36	12,48	0,30	0,24
November	35,38	15,32	5,10	0,16	0,16	0,10	1,20	0,16	2,13	0,09	0,08	0,76	0,00	3,58	5,92	0,42	6,90	0,13	0,19
Desember	7,87	13,78	4,80	0,28	0,37	0,37	0,58	0,10	0,94	0,11	0,07	3,64	0,16	6,08	16,92	1,79	30,14	0,51	0,29
Januar 1995	5,25	24,85	4,55	0,62	0,45	0,57	0,67	0,18	1,41	0,21	0,12	2,92	0,29	6,87	18,77	3,55	41,78	0,69	0,28
Februar	21,43	19,49	4,76	0,31	0,23	0,26	1,34	0,17	2,44	0,10	0,07	1,62	0,06	2,28	4,65	0,92	5,65	0,13	0,12
Mars	4,39	19,87	4,96	0,77	0,55	0,41	0,90	0,20	1,51	0,28	0,14	3,21	0,27	5,46	17,45	2,09	38,28	0,79	0,57
Oktober 1994-mars 1995	91,05	20,11	4,75	0,40	0,24	0,23	1,19	0,17	2,14	0,13	0,10	1,66	0,08	3,88	9,59	1,20	14,47	0,28	0,23

Tabell 12: Månedss- og halvårsmiddelverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i Karpdalen vinteren 1994/95.

Måned	Nedbør- mengde mm	Lednings- evne µS/cm	pH	SO ₄ mg S/l	NH ₄ mg N/l	NO ₃ mg N/l	Na mg/l	Mg mg/l	Cl mg/l	Ca mg/l	K mg/l	Pb µg/l	Cd µg/l	Zn µg/l	Ni µg/l	As µg/l	Cu µg/l	Co µg/l	Cr µg/l
Oktober 1994	34,55	30,16	4,72	0,35	0,06	0,13	3,20	0,42	6,25	0,22	0,17	1,81	0,05	7,55	10,55	0,50	14,25	0,36	0,39
November	54,94	20,73	4,88	0,18	0,03	0,12	1,48	0,19	2,57	0,08	0,07	1,25	0,04	3,83	3,24	0,26	3,95	0,11	0,15
Desember	10,99	24,81	4,65	0,30	0,15	0,28	1,39	0,18	2,07	0,14	0,11	5,05	0,32	6,65	21,69	1,60	30,95	0,71	0,63
Januar 1995	10,51	45,25	4,33	0,95	0,49	0,95	2,58	0,34	4,01	0,32	0,43	1,82	0,11	10,28	8,53	1,11	9,93	0,32	0,76
Februar	17,52	51,49	4,29	0,90	0,22	0,46	3,42	0,44	6,17	0,31	0,40	1,74	0,12	4,61	6,37	1,52	9,37	0,28	0,44
Mars	14,17	18,28	4,68	0,48	0,15	0,22	1,04	0,16	1,68	0,14	0,10	1,22	0,10	5,56	4,05	0,75	7,96	0,19	0,10
Oktober 1994-mars 1995	142,68	28,67	4,64	0,43	0,13	0,26	2,25	0,30	4,05	0,18	0,18	1,68	0,08	5,87	6,88	0,70	9,36	0,25	0,34

I Karpdalen var det også lavere pH og høyere middelkonsentrasjoner av sulfat og nitrat, mens konsentrasjonene av ammonium, kalsium, kalium, natrium, magnesium og klorid var lavere vinteren 1994/95 enn vinteren 1993/94.

Halvårsmiddelkonsentrasjonene av tungmetallene Ni, As, Cu og Co var høyere i Svanvik enn i Karpdalen, mens middelkonsentrasjonene av Pb, Zn og Cr var høyest i Karpdalen. Halvårsmiddelkonsentrasjonen av Cd var den samme på de to stasjonene.

Tungmetallene Pb, Cd og Zn analyseres rutinemessig i nedbøren på norske bakgrunnsstasjoner under Statlig program for forurensningsovervåking. Konsentrasjonene av bly i Sør-Varanger vinteren 1994/95 var noe lavere enn det en vanligvis finner på Sørlandet og Østlandet (SFT, 1994). Konsentrasjonene av Cd var på samme nivå eller litt høyere sammenliknet med konsentrasjonene på Sørlandet og Østlandet. Konsentrasjonene av Zn var på samme nivå som konsentrasjonene på Østlandet og lavere enn konsentrasjonene på Sørlandet.

Ni, Cu og As regnes som sporelementer fra de russiske nikkelverkene. I tillegg til utvasking med nedbør må en regne med at noe kommer ned i prøvetakerne ved tørravsetning.

Vinteren 1994/95 var konsentrasjonene av Ni, As og Cu klart høyere enn vinteren før både i Svanvik og i Karpdalen.

Regnet i konsentrasjon pr. mm nedbør var det en tendens til forhøyede verdier ved lite nedbør (<10-15 mm pr. uke) og lave konsentrasjoner ved mye nedbør.

Det er også beregnet avsetning med nedbøren av de forskjellige elementene for de to stasjonene for vinterhalvåret 1994/95. Resultatene er vist i tabell 13 sammen med avsetningstall fra tidligere vinterhalvår.

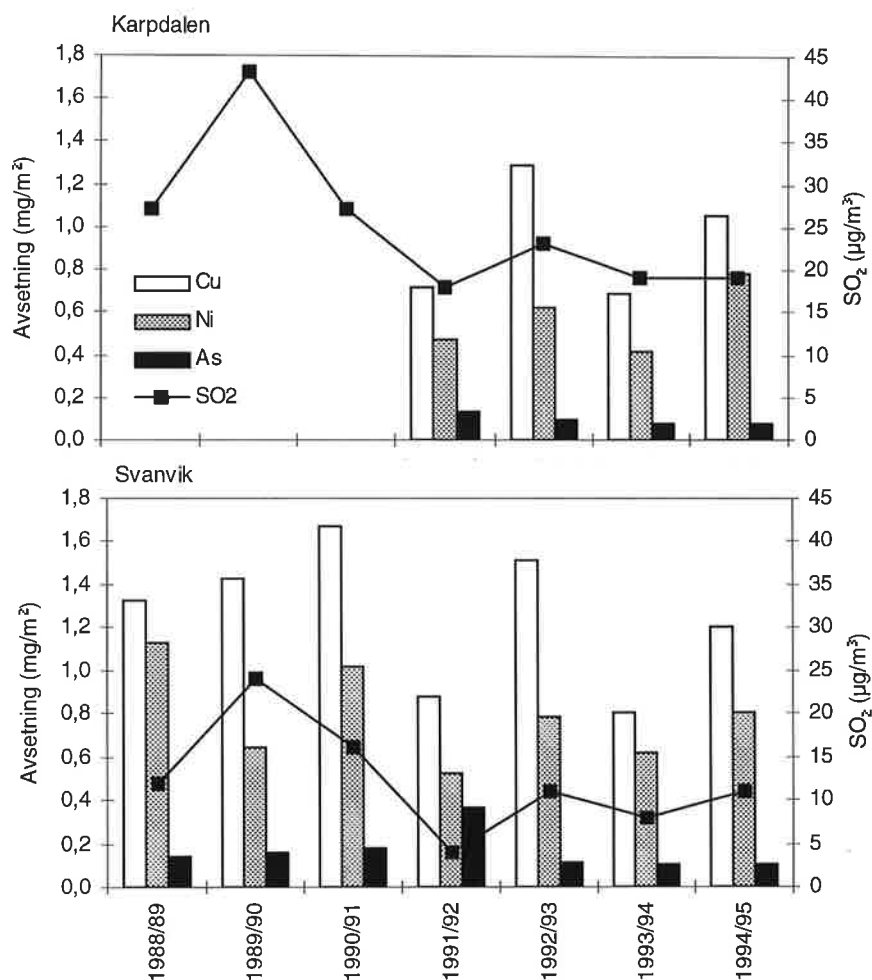
Tabellen viser at Karpdalen hadde størst avsetning av hovedkomponentene bortsett fra ammonium.

Karpdalen hadde også størst avsetning av bly, sink, kobolt og krom, mens avsetningen av nikkel, arsen og kobber var størst i Svanvik. Avsetningen av kadmium var like stor på de to stasjonene.

Avsetningen av Cu, Ni og As for vinterhalvårene fra 1988/89 til 1994/95 er vist sammen med halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO₂ i figur 13. Figuren viser at det er en viss sammenheng mellom avsetningen av metallene og SO₂-konsentrasjonen. Avsetningen av de tre metallene er imidlertid større i Svanvik enn i Karpdalen, mens SO₂-konsentrasjonene er lavere.

Tabell 13: Avsetning av elementer med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 1994/95.

Stasjon	År	H ⁺ µekv/m ²	Total SO ₄ mg S/m ²	Sjøsaltskorr. SO ₄ mg S/m ²	NH ₄ mg N/m ²	NO ₃ mg N/m ²	Na mg/m ²	Mg mg/m ²	Cl mg/m ²	Ca mg/m ²	K mg/m ²	Pb mg/m ²	Cd mg/m ²	Zn mg/m ²	Ni mg/m ²	As mg/m ²	Cu mg/m ²	Co mg/m ²	Cr mg/m ²
Karpdalen	1991/92		173		33	36	530	64	990	49	56	0,51	0,02	0,87	0,47	0,13	0,72	0,01	0,27
	1992/93		143		31	34	814	95	1 370	58	81	0,29	0,01	1,27	0,62	0,09	1,29	0,02	0,27
	1993/94	2 675	96	59	25	40	443	53	814	30	42	0,15	0,01	0,75	0,41	0,08	0,69	0,02	0,19
	1994/95	3 298	88	62	18	37	321	42	578	26	25	0,19	0,01	0,66	0,78	0,08	1,06	0,03	0,04
Svanvik	1988/89		56		16	19	294	37	504	33	14	0,38	0,02	1,05	1,13	0,14	1,32		
	1989/90		67		13	26	156	26	360	17	12	0,14	0,02	0,61	0,64	0,16	1,43	0,02	0,05
	1990/91		39		11	18	113	16	205	9	9	0,18	0,02	0,62	1,02	0,18	1,67	0,04	
	1991/92		87		36	35	210	27	410	17	17	0,17	0,01	0,36	0,52	0,36	0,88	0,01	0,09
	1992/93		49		23	19	208	26	374	19	11	0,09	0,03	0,53	0,78	0,11	1,51	0,03	0,80
	1993/94	2 168	50	39	24	30	133	17	256	14	7	0,09	0,01	0,23	0,62	0,10	0,80	0,02	0,08
	1994/95	1 603	46	37	22	21	109	15	195	12	9	0,14	0,01	0,32	0,80	0,10	1,21	0,02	0,02



Figur 13: Avsetning av Cu, Ni og As (mg/m²) i vinterhalvårene fra 1988/89 til 1994/95 i Karpdalen og Svanvik sammen med halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ (µg/m³).

5. Modellberegninger av SO₂

Som et nytt bidrag til den rutinemessige overvåkingen av luftkvaliteten i grenseområdene mellom Norge og Russland har vi tatt med en vurdering av forholdet mellom modellberegnete og målte konsentrasjoner av SO₂. Dette håper vi skal gi en bedre mulighet for å vurdere om det skjer betydelige endringer i utslippene fra smelteverkene. Modellene baserer seg på et fast oppgitt utslipp for året 1993. Endringer som vil skje i utslippene vil avspeile seg som avvik mellom målte konsentrasjoner i omgivelsene og beregninger. Det ligger naturligvis usikkerheter i modellberegningene knyttet til bl.a. endringer i meteorologiske forhold, men disse vil det tas hensyn til i vurderingene.

5.1 Utslippsdata

Data for utslipp av svoveldioksid fra alle enkeltkildene ved smelteverket i Nikel og Zapoljarnij er mottatt fra russisk side i 1989. På ekspertmøtet i Apatity i mars 1993 mottok NILU oppdaterte data for totale årlige utslipp av SO₂ for perioden 1980-1992 (Ryaboshapko, 1993). Tabell 14 oppsummerer utslippene av svoveldioksid i 1989 fra høye og lave skorsteiner i Nikel, Zapoljarnij og Kirkenes, samt skorsteinsdimensjoner og avgasstemperatur. Nye totalutslippstall for Nikel og Zapoljarnij for 1993 ble presentert av Murmansk Regional Committee for Nature Protection i 1993 (Baklanov, 1994).

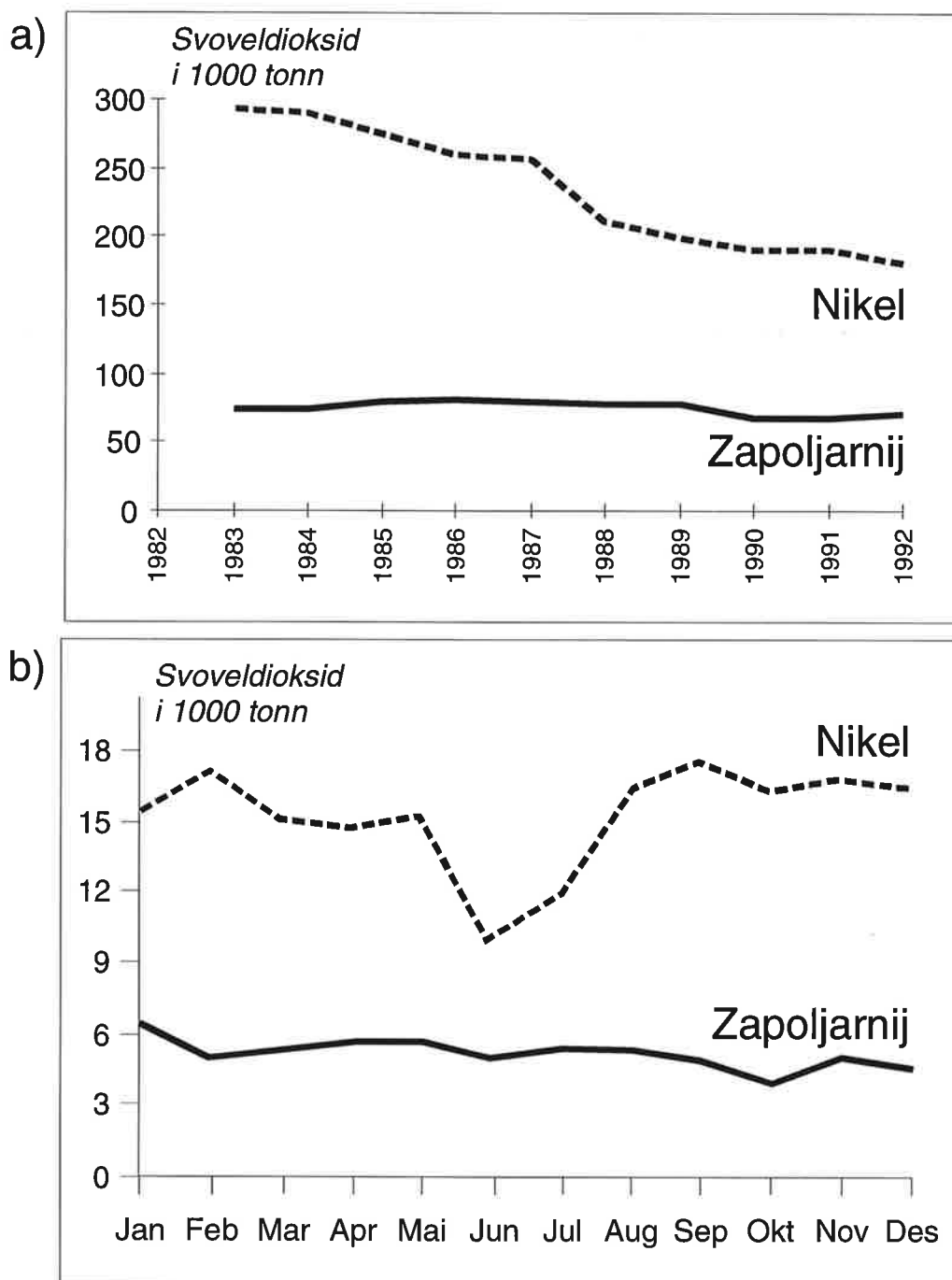
Figur 14 viser totalutslippene fra Nikel og Zapoljarnij i perioden 1980-1992. Utslippene fra Nikel har avtatt de senere årene. Figuren viser også variasjonen over året for Nikel og Zapoljarnij i 1990.

For å fremskaffe utslippsdata for vinterhalvåret 1994/95 er utslippene for de enkelte kildene (1989) i tabell 14 skalert i forhold til totalutslippet fra 1993, som er det siste året med tilgjengelige utslippstall. Den månedsvise fordelingen for beregningshalvåret er basert på skalering i forhold til et gjennomsnitt av den månedsvise utslippsfordelingen for Nikel og Zapoljarnij for 1990 og 1991 (figur 14).

Det er til dels store usikkerheter i utslippsdataene. Utslippstallene for beregningsperioden er basert på estimer, og den månedsvise fordelingen gitt av Ryaboshapko i figur 14 er basert på uoffisielle tall fra smelteverkene.

Tabell 14: *Maksmale utslipp av SO₂ fra industrielle kilder i Nikel, Zapoljarnij og Kirkenes i 1989.*

Kilde nr.	Utslipp av SO ₂ (g/s)	Skorsteins-høyde (m)	Tempera-tur (K)	Utslipps-hastighet (m/s)	Skorsteins-diameter (m)	Sted
1	364	35	292	3,0	6,5	Nikel
2	11	32	292	3,4	3,2	Nikel
3	69	30	292	6,9	1,4	Nikel
4	27	35	292	2,9	4,2	Nikel
5	71	30	292	3,6	1,8	Nikel
6	107	35	292	3,6	4,2	Nikel
7	71	35	292	2,2	11,4	Nikel
8	14	10	292	23,4	0,8	Nikel
9	27	35	292	2,3	3,0	Nikel
10	34	35	292	6,6	2,0	Nikel
11	7	30	292	7,9	1,2	Nikel
12	17	30	292	7,5	1,0	Nikel
13	5	30	292	8,9	0,6	Nikel
14	5	30	292	8,9	0,6	Nikel
15	5	40	292	1,0	3,8	Nikel
16	7	20	342	12,0	0,8	Nikel
17	7	20	292	0,4	4,0	Nikel
18	23	15	372	10,5	1,3	Nikel
19	21	15	372	10,5	1,3	Nikel
20	14	20	292	11,1	0,8	Nikel
21	11	20	292	18,7	0,9	Nikel
22	34	15	292	18,8	1,5	Nikel
23	139	10	292	1,7	1,8	Nikel
24	20	30	292	8,4	0,8	Nikel
25	243	32	292	10,6	2,6	Nikel
26	27	35	292	8,9	2,0	Nikel
27	17	30	292	9,8	1,2	Nikel
28	34	30	292	6,2	2,0	Nikel
29	30	23	292	12,1	1,7	Nikel
30	7	30	292	7,9	1,2	Nikel
31	3	30	292	11,7	0,8	Nikel
32	47	30	292	16,3	1,6	Nikel
33	1286	150	392	8,8	5,0	Nikel
34	3549	160	372	10,2	6,0	Nikel
35	1202	160	392	6,6	6,0	Nikel
36	14	40	292	13,8	0,6	Nikel
37	5	40	292	9,9	1,2	Nikel
38	7	40	292	23,1	0,8	Nikel
39	32	90	373	3,0	4,0	Nikel
40	5260	100	390	14,1	4,0	Zapoljarnij
41	171	80	453	14,2	3,1	Zapoljarnij
42	83	90	433	6,0	3,5	Zapoljarnij
43	27	30	390	10,0	4,0	Kirkenes



Figur 14: a) Samlet årsutslipp av svoveldioksid fra Nikel og Zapoljarnij for perioden 1980-1992 (1000 tonn /år) (Ryaboshapko, 1993).

b) Utslipp fordelt på måneder for Nikel og Zapoljarnij for 1990 (Ryaboshapko, 1993).

5.2 Langtidsmiddelkonsentrasjoner

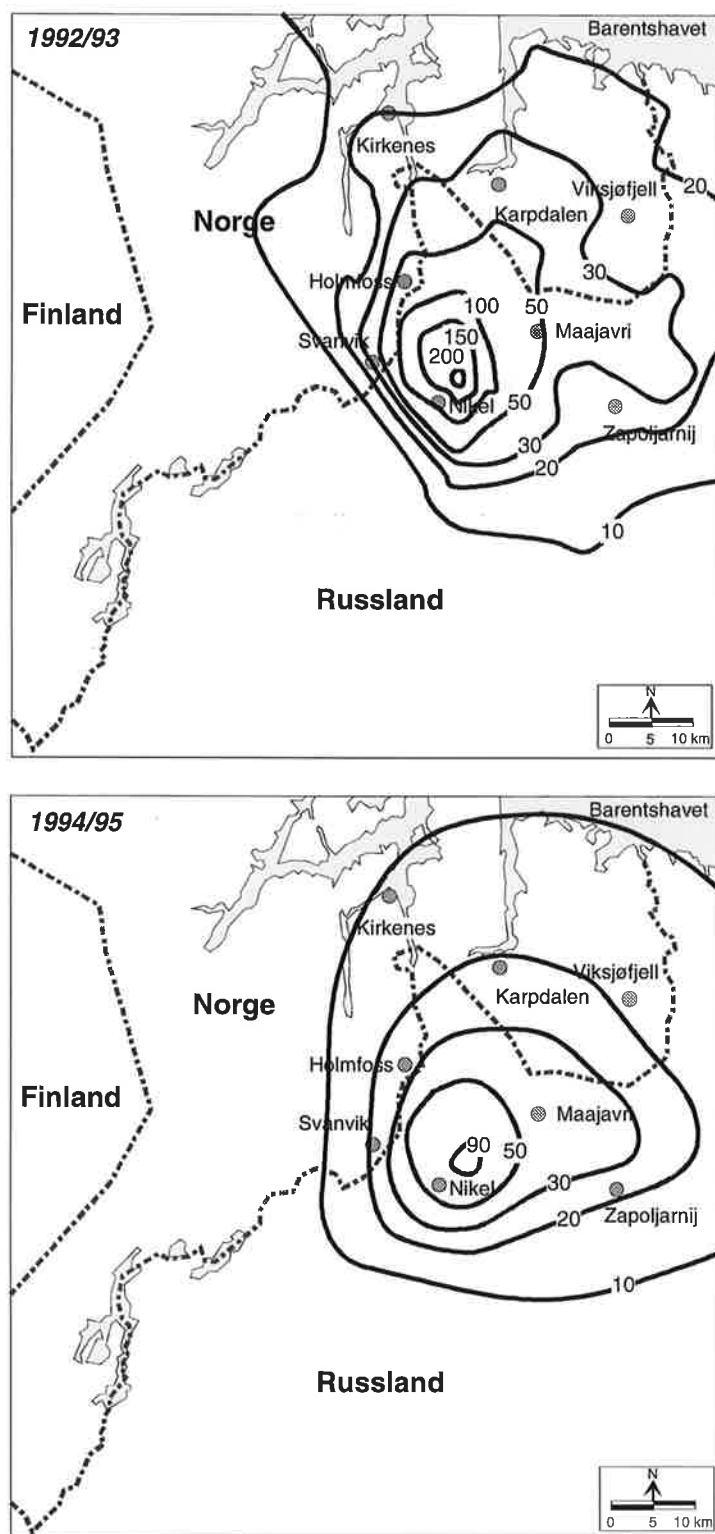
NILUs spredningsmodell CONDEP er benyttet for å beregne konsentrasjonsfordelinger av SO_2 midlet over måned og halvår som resultat av utslipp fra industribedriftene i grenseområdene (Bøhler, 1987). Modellen bruker middelutslipp for henholdsvis måned og halvår, fordelt på høye utslipp (11 kilder) og lave utslipp (32 kilder). Utslippene koples sammen med frekvensmatriser for vindretning (12 klasser), vindstyrke (4 klasser) og stabilitet (4 klasser) basert på data fra Viksjøfjell og Svanvik, for å fremskaffe konsentrasjonsfordelinger. For de høye skorsteinene er det brukt vinddata fra Viksjøfjell, for de lave skorsteinene vinddata fra Svanvik. Skillet mellom høye og lave kilder er satt til 40 m skorstein. De meteorologiske frekvensmatrisene er gjengitt i vedlegg A.

Resultatene er presentert som isolinjekart for SO_2 -konsentrasjoner, og som en sammenligning av beregnede og observerte konsentrasjoner. En slik sammenligning er nødvendig for å gi et mål på hvor gode modellberegningene er, og om de benyttede utslippstallene gir middelkonsentrasjoner av SO_2 i området som avviker i vesentlig grad fra målte verdier ved målestasjonene.

De beregnede langtidsmiddelkonsentrasjonene antas å gi et godt bilde av den generelle fordelingen av SO_2 i området, selv om det er usikkerheter knyttet til utslippsdataene og representativiteten i de meteorologiske dataene som bare er målt ved to punkter i området (Svanvik og Viksjøfjell).

Figur 15 viser beregnede middelkonsentrasjoner av SO_2 for vinterhalvåret 1994/95 (oktober-mars) sammenliknet med tilsvarende beregninger for vinterhalvåret 1992/93. Konsentrasjonsfordelingen viser at de høyeste konsentrasjonene forekommer på russisk side av grensen. Området med maksimumkonsentrasjoner ligger nordøst for Nikel med en halvårskonsentrasjon i overkant av $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I 1992/93 ble det i samme område beregnet maksimumskonsentrasjoner i overkant av $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De mest belastede områdene i Norge er estimert å være mellom Svanvik og Holmfoss og mellom Karpdalen og Viksjøfjell. Bakkekonsentrasjonene av svoveldioksid er her beregnet å være $10\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I 1992/93 var konsentrasjonen i det samme området $20\text{--}50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Beregningene er også utført for månedsmiddelkonsentrasjoner. Sammenligning av målte og beregnede verdier kan gi en indikasjon på hvordan forholdet mellom de antatte utslippene og dermed de estimerte konsentrasjonene varierer i forhold til målte konsentrasjoner. En slik sammenligning kan også si noe om hvor "riktige" de estimerte utslippene fra nikkerverkene er og hvordan utslippene faktisk har endret seg fra måned til måned.



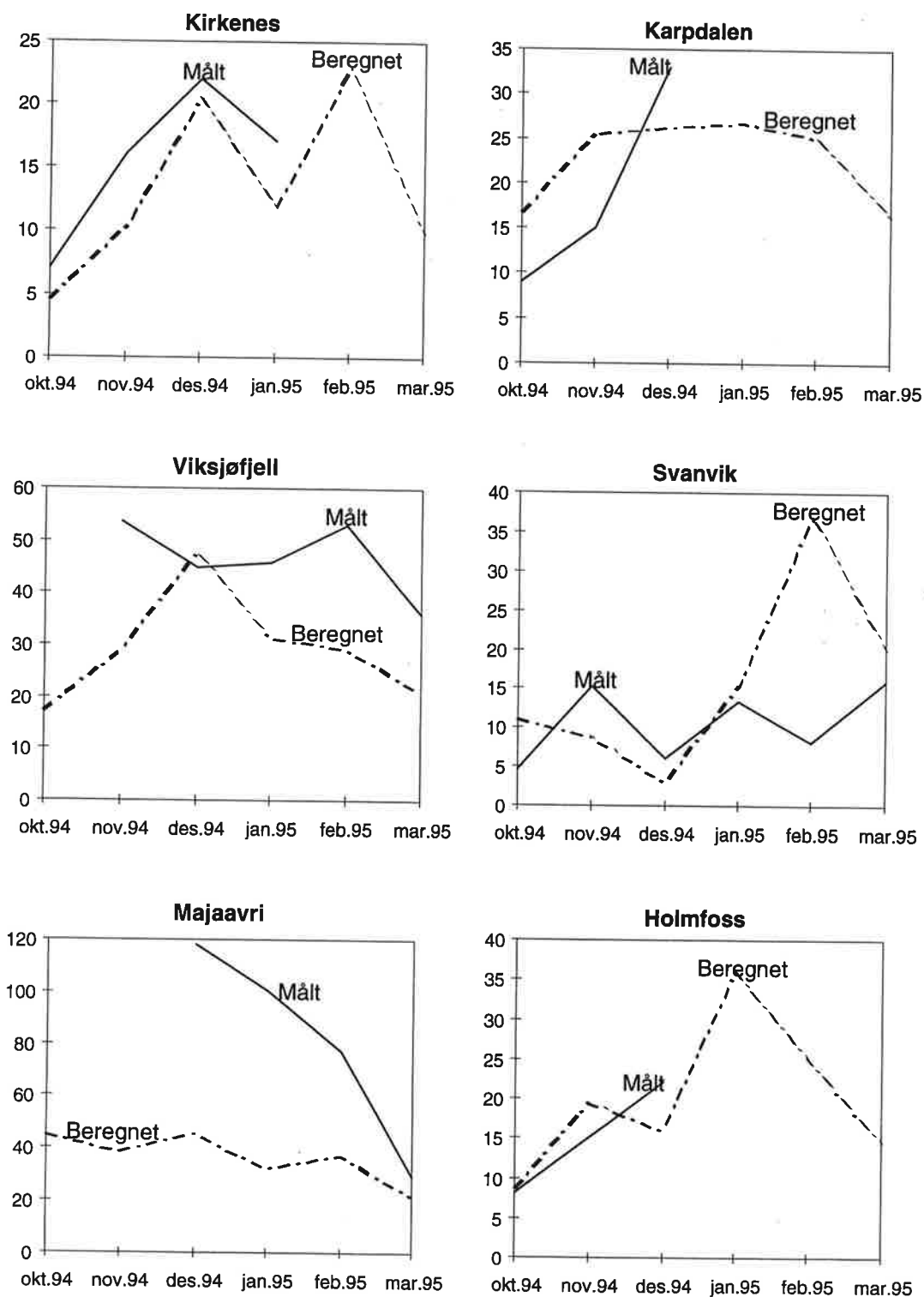
Figur 15: Beregnede halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ i grenseområdene for vinterhalvåret 1994/95 (µg/m³) sammenliknet med tilsvarende beregninger for vinterhalvåret 1992/93. De høyeste konsentrasjonene forekommer nordøst for Nikel og er i overkant av 100 µg/m³ vinteren 1994/95.

5.3 Vurdering av beregningsresultatene

I Kirkenes er det godt samsvar mellom målte og beregnete verdier fra måned til måned (figur 16). De målte verdiene ligger litt høyere enn de estimerte, men den månedlige variasjonen er godt beskrevet i modellen. For Svanvik er det et stort avvik mellom målte og beregnete verdier for februar måned. Hverken for Svanvik, Viksjøfjell eller Maajavri er det noen klar over-/underestimering av utslippstallene i beregningene. For stasjonene Karpdalen og Holmfoss gir en slik sammenligning ikke tilfredstillende statistisk informasjon, ettersom det på disse stasjonene kun er måleresultater for 50 % av tiden (dvs. 3 måneder). På grunn av den dårlige tilgjengeligheten på måledataene vinteren 1994/95, er det derfor vanskelig å trekke klare konklusjoner. Svanvik og Holmfoss ligger dessuten i et område med sterke konsentrasjonsgradienter, slik at modellresultatene i seg selv er usikre.

De sikreste resultatene er sannsynligvis i dominerende vindretning (mest belastede sektor) mot stasjonene Maajavri og Viksjøfjell. På begge disse stasjonene er det målt høyere konsentrasjoner enn beregnet, noe som kan tyde på at utslippene **ikke** er redusert i forhold til de utslippstallene vi har brukt i modellberegningene; utslipp som refererer seg til 1993.

På den annen side er middelkonsentrasjonene i maksimumsområdet (figur 15) for 1994/95 lavere enn de tilsvarende beregnete verdiene i 1993/94.



Figur 16: Målte og beregnede månedsmiddelkonsentrasjoner (oktober 1994-mars 1995) av svoveldioksid på de respektive stasjonene ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

6. Miljøvernssamarbeidet med Russland i grenseområdene

Arbeidsgruppen for luftforurensninger under Den blandede norsk-russiske kommisjon for samarbeid på miljøvernområdet begynte sitt arbeid i 1989. Det ble enighet mellom partene om å samordne gjennomføringen av et felles måleprogram for luftforurensninger og meteorologiske forhold langs den norsk-russiske grensa. Det ble videre opprettet en ekspertgruppe som skulle utarbeide de tekniske detaljene for måleprogrammet.

Fra norsk side består ekspertgruppen av fire medlemmer. Disse representerer NILU (2), SFT og Fylkesmannen i Finnmark. Ekspertgruppen foreslo i 1989 å starte målinger av konsentrasjoner av SO₂ og tungmetaller (Ni, Cu, Co, Cr og As) på tre steder på hver side av grensa med samme type måleutstyr. Måleutstyret stilles til disposisjon fra norsk side i den perioden samarbeidet pågår. Måleprogrammet omfatter også nedbørkvalitet. Hvert land har ansvaret for analyse av luft- og nedbørprøver fra eget område. SO₂-instrumentene er kontinuerlig registrerende og har utstyr for lagring av data.

Fellesprogrammet i det norsk-russiske grenseområdet omfatter også anvendelse av forskjellige typer modeller for beregning av lokal spredning av forurensninger over avstander på inntil 100 km fra utslippskildene. På russisk side legges det særlig vekt på numeriske, tredimensjonale modeller. På norsk side arbeides det særlig med gaussiske modeller for nærbelastning og mesoskala-puff-trajektorie-modeller for belastning på større avstander. Begge parter stiller til rådighet data som brukes i modellberegningene, først og fremst utslippsdata og meteorologiske data. Utslippsdata gis både for enkeltkilder og diffuse kilder.

Ekspertgruppen arrangerte et internasjonalt seminar i juni 1993 i Svanvik om luftforurensningsproblemer i nordområdene i Norge, Sverige, Finland og på Kola-halvøya.

Ved ekspertgruppens 8. møte i Kirkenes i oktober 1994 ble det foreslått noe redusert måleaktivitet på norsk side i 1995 og 1996. Døgnprøvetaking av SO₂ i Karpdalen, Holmfoss og Svanvik, samt døgnprøvetaking av svevestøv i Svanvik ble foreslått avsluttet. I tillegg ble det foreslått å avvente ytterligere snøprøvetaking på norsk side til etter ombygging av smelteverket i Nikel. På russisk side ble det foreslått å flytte svevestøvprøvetakeren fra Maajavri til Nikel. Nedbørprøvetaking på ukebasis ble foreslått gjenopptatt på Maajavri.

Den norsk-russiske miljøvernkommisjonen vedtok i sitt møte i Oslo i desember 1994 ekspertgruppens forslag til arbeidsprogram for 1995 og 1996.

Målestasjonen i Nikel ble knyttet til telenettet i august 1995. Telelinje til Maajavri er bestilt i januar 1996 fra Kola Telekom.

7. Referanser og annen relevant litteratur

- Anda, O. og Henriksen, J.F. (1988) Overvåking av korrosjon 1981-1986. Lillestrøm (NILU OR 32/88).
- Baklanov, A. (1994) Monitoring and Modelling of SO₂ and Heavy Metals in the Atmosphere of the Kola Peninsula in Accordance with Russian-Norwegian Programme on Co-Operation. (Apatity. Russian Academy of Science. Institute of Northern Ecological Problems)
- Berg, T. C. (1995) Overvåking av radioaktivitet i Norge. Årsrapport 1994. Kjeller (NILU OR 37/95).
- Bruteig, I.E. (1984) Epifyttisk lav som indikator på luftforureining i Aust-Finnmark. Hovudfagsoppgåve, Universitetet i Trondheim.
- Bøhler, T. (1987) User's Guide for the Gaussian type dispersion models CONCX and CONDEP. Lillestrøm (NILU TR 8/87)
- Hagen, L.O. (1994) Rutineovervåking av luftforurensning. April 1993-mars 1994. Kjeller (NILU OR 46/94).
- Hagen, L.O., Aarnes, M.J., Henriksen, J.F. og Sivertsen, B. (1991) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør- Varanger 1988-1991. Framdriftsrapport nr. 5 pr. 1.9.1991. Lillestrøm (NILU OR 67/91).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Aarnes, M.J. og Sivertsen, B. (1990) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør- Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 3 pr. 1.9.1990. Lillestrøm (NILU OR 79/90).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Aarnes, M.J. og Sivertsen, B. (1991) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør- Varanger 1988-1991. Framdriftsrapport nr. 4 pr. 1.3.1991. Lillestrøm (NILU OR 32/91).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F. og Johnsrud, M. (1989) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør-Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 1 pr. 1.7.1989. Lillestrøm (NILU OR 46/89).
- Hagen, L.O., Henriksen, J.F., Johnsrud, M. og Sivertsen, B. (1990) Basisundersøkelse av luftforurensninger i Sør- Varanger 1988-1990. Framdriftsrapport nr. 2 pr. 1.3.1990. Lillestrøm (NILU OR 17/90).
- Hagen, L.O. og Sivertsen, B. (1992a) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April- september 1991. Lillestrøm (NILU OR 25/92).
- Hagen, L.O. og Sivertsen, B. (1992b) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1991-mars 1992. Lillestrøm (NILU OR 82/92).

- Hagen, L.O., Sivertsen, B. og Aarnes, M.J. (1993a) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1992. Lillestrøm (NILU OR 21/93).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B. og Aarnes, M.J. (1993b) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1992-mars 1993. Lillestrøm (NILU OR 55/93).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B. og Aarnes, M.J. (1994) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1993. Lillestrøm (NILU OR 19/94).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B. og Johnsrud, M. (1995a) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1993-mars 1994. Kjeller (NILU OR 1/95).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B. og Johnsrud, M. (1995b) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1994. Kjeller (NILU OR 36/95).
- Henriksen, J.F., Mikhailov, A.A. and Mikhailovski, Y.N. (1992) Atmospheric Corrosion Tests Along the Norwegian-Russian Border. Lillestrøm (NILU OR 54/92).
- Norton, S.A., Henriksen, A., Appelby, P.G., Ludwig, L.L, Vereault, D.V. og Traaen, T.S. (1992) Trace metal pollution in Eastern Finnmark, Norway, as evidenced by studies of lake sediments. Oslo, NIVA (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 487/92).
- Rambæk, J.P. og Steinnes, E. (1980) Kartlegging av tungmetallnedfall i Norge ved analyse av mose. Kjeller (Institutt for atomenergi. Work report A7).
- Rognerud, S. (1990) Sedimentundersøkelser i Pasvikelva høsten 1989. Oslo (NIVA-rapport O-89187) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 401/90).
- Rühling, Å., Brumelis, G., Goltsova, N., Kvietkus, K., Kubin, E., Liiv, S., Magnússon, S., Mäkinen, A., Pilegaard, K., Rasmussen, L., Sander, E., and Steinnes, E. (1992) Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1990. København, Nordisk Ministerråd (NORD 1992:12).
- Rühling, Å., Rasmussen, L., Pilegaard, K., Mäkinen, A., and Steinnes, E. (1987) Survey of Atmospheric Heavy Metal Deposition in the Nordic countries in 1985 - monitored by moss analyses. København, Nordisk Ministerråd (NORD 1987:21).
- Ryaboshapko (1993) Personlig kommunikasjon ved ekspertgruppemøte i Apatity i mars 1993. Ikke publisert.

- Schjoldager, J. (1979) Innhold av elementer i moltebær, mose og lav, Finnmark 1978. Lillestrøm (NILU OR 39/79).
- Schjoldager, J., Semb, A., Hanssen, J.E., Bruteig, I.E. og Rambæk, J.P. (1983) Innhold av elementer i mose og lav, Øst-Finnmark 1981. Lillestrøm (NILU OR 55/83).
- Sivertsen, B. (1995) Episodic impact of air pollution in Norway from nickel smelters emissions in Russia. Presented at the 10th World Clean Air Congress, 28 May-2 June 1995, Espoo, Finland. Kjeller (NILU F 9/95).
- Sivertsen, B., ed. (1994) Air Pollution Problems in the Northern Region of Fennoscandia included Kola. Proceedings from the seminar at Svanvik, Norway, 1-3 June 1993. Kjeller (NILU TR 14/94).
- Sivertsen, B., Baklanov, A., Hagen, L.O. and Makarova, T. (1994) Air Pollution in the Border Areas of Norway and Russia. Summary Report 1991-1993. Kjeller (NILU OR 56/94).
- Sivertsen, B. og Hagen, L.O. (1992) Critical Level Used to Estimate Emission Requirements. Air Pollution in the Border Area of Norway and Russia. Presented at the 9th World Clean Air Congress and Exhibition. Montreal, Canada, August 30- September 4, 1992. Lillestrøm (NILU F 4/92).
- Sivertsen, B., Hagen, L.O., Hellevik, O. og Henriksen, J.F. (1991) Luftforurensninger i grenseområdene Norge/Sovjetunionen januar 1990-mars 1991. Lillestrøm (NILU OR 69/91).
- Sivertsen, B., Makarova, T., Hagen, L.O. and Baklanov, A.A. (1992) Air Pollution in the border areas of Norway and Russia. Summary report 1990-1991. Lillestrøm (NILU OR 8/92).
- Sivertsen, B., Pedersen, U. og Schjoldager, J. (1993) Avsetning av svovelforbindelser på Nordkalotten. Lillestrøm (NILU OR 5/93). (Nordkalott-kommitténs publikasjonsserie. Rapport 29).
- Sivertsen, B. og Schjoldager, J. (1991) Luftforurensninger i Finnmark fylke. Lillestrøm (NILU OR 75/91).
- Sivertsen, T. (1991) Opptak av tungmetaller i dyr i Sør- Varanger. Trondheim (Direktoratet for naturforvaltning. Naturens tålegrenser. Fagrapport 22. DN-notat 1991-15).
- Statens forurensningstilsyn (1982) Luftforurensning. Virkninger på helse og miljø. Oslo (SFT-rapport 38).
- Statens forurensningstilsyn (1987) 1000 sjøers undersøkelsen 1986. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 282/87).

- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensning på helse og miljø. Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport 92:16).
- Statens forurensningstilsyn (1994) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 583/94).
- Traaen, T.S. et al. (1990) Forsuring og tungmetallforurensning i små vassdrag i Sør-Varanger. Undersøkelser i 1989. Oslo (NIVA-rapport O-89076) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 402/90).
- Traaen, T.S. (1991) Forsuring og tungmetallforurensning i Sør-Varanger. Fremdriftsrapport for 1990. Oslo NIVA (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 481/92).
- Traaen, T.S. et al. (1993) Forsuring og tungmetallforurensning i grenseområdene Norge/Russland. Vannkjemiske undersøkelser 1986-1992. Oslo (NIVA-rapport O-89187) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 511/93).
- Tømmervik, H., Johansen, B. og Eira, A.N. (1989) Kartlegging av forurensningsskader på lavbeitene i østre Sør-Varanger reinbeitedistrikt ved hjelp av satelittbilder. Tromsø (FORUT Rapport R 0037).
- World Health Organization (1987) Air quality guidelines for Europe. Copenhagen (WHO regional publications. European series; 23).
- Wright, R.F. og Traaen, T.S. (1992) Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: prediction of future acidification using the MAGIC model. Oslo, NIVA (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 486/92).

Vedlegg A

**Månedlige frekvensmatriser for vindretning,
vindstyrke og stabilitet fra Viksjøfjell og Svanvik
vinteren 1994/95**

Delta T : Viksjøfjell
 Vind : Viksjøfjell
 Periode : 01.10.94 - 31.10.94
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.1
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	2.7
90	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.6	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	4.1
120	0.0	0.2	0.5	0.2	0.0	0.6	1.3	0.0	0.0	1.3	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9
150	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	0.2	0.2	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	2.7
180	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.6	0.5	0.0	2.6
210	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.6	1.0	0.2	0.0	1.6	11.0	0.0	15.8
240	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.6	1.9	0.6	0.0	0.6	3.0	0.0	0.0	4.6	16.6	0.2	28.7
270	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0	1.3	1.9	0.0	0.0	10.0	8.3	0.0	23.0
300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	3.7	3.8	0.5	8.8
330	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0	0.0	1.9	0.3	0.0	3.8
360	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0	1.8
Stille	0.0	0.0	0.0	0.0													0.0
Total	0.0	1.6	2.4	0.2	0.0	4.9	4.9	0.8	0.0	6.2	8.8	0.5	0.0	28.1	41.0	0.6	100.0
Forekomst		4.1 %				10.7 %				15.5 %				69.7 %			100.0 %
Vindstyrke		1.4 m/s				3.1 m/s				5.1 m/s				9.9 m/s			8.1 m/s

Forekomst Klasse I Klasse II Klasse III Klasse IV
 0.0 % 40.8 % 57.1 % 2.1 % 100.0 %

Antall obs. : 627
 Manglende obs.: 117

Delta T : Viksjøfjell
 Vind : Viksjøfjell
 Periode : 01.11.94 - 30.11.94
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.6	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
60	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	1.1	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
90	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	1.2
120	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	1.1	0.5	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.4	0.2	0.0	4.4
150	0.0	0.6	0.2	0.0	0.0	2.4	0.8	0.0	0.0	3.8	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	8.2
180	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	1.4	0.9	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	4.1
210	0.0	0.8	0.8	0.3	0.0	0.6	0.5	0.2	0.0	0.0	0.5	0.2	0.0	4.2	3.5	0.5	11.8
240	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.9	2.1	1.1	0.0	0.8	3.2	1.8	0.0	8.2	5.6	2.3	26.3
270	0.0	0.2	0.3	0.3	0.0	0.2	1.8	0.6	0.0	1.1	1.1	0.3	0.0	4.2	5.6	0.5	16.0
300	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.3	3.3	0.0	8.8
330	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	4.8	5.4	0.0	11.6
360	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.1	1.2	0.0	2.9
Stille	0.0	0.0	1.1	0.0													1.1
Total	0.0	2.1	5.1	0.8	0.0	7.6	10.4	2.4	0.0	7.9	5.9	2.3	0.0	26.9	25.4	3.2	100.0
Forekomst		8.0 %				20.4 %				16.0 %				55.5 %			100.0 %
Vindstyrke		1.1 m/s				3.3 m/s				5.0 m/s				9.7 m/s			6.9 m/s

Forekomst Klasse I Klasse II Klasse III Klasse IV
 0.0 % 44.5 % 46.9 % 8.6 % 100.0 %

Antall obs. : 661
 Manglende obs.: 59

Delta T : Viksjøfjell
 Vind : Viksjøfjell
 Periode : 01.12.94 - 31.12.94
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
60	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	1.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6
90	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
120	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.2
150	0.0	1.2	0.7	0.5	0.0	1.8	0.5	0.0	0.0	1.8	0.1	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0	9.2
180	0.0	1.2	2.0	2.2	0.0	2.0	2.2	0.4	0.0	2.6	2.3	0.5	0.0	8.4	0.7	0.0	24.6
210	0.0	0.1	0.4	0.1	0.0	2.4	1.4	0.3	0.0	1.2	0.5	0.3	0.0	3.4	2.7	0.4	13.3
240	0.0	0.7	0.1	0.0	0.0	3.1	0.7	0.1	0.0	4.2	1.8	0.7	0.0	5.8	12.6	0.7	30.6
270	0.0	0.7	0.1	0.4	0.0	1.1	0.5	0.1	0.0	1.2	1.8	1.0	0.0	1.5	2.0	0.5	11.0
300	0.0	0.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.5	1.5	0.0	4.5
330	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	1.0
360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Stille	0.0	0.1	0.7	0.0													0.8
Total	0.0	4.8	6.8	3.3	0.0	12.6	7.1	1.0	0.0	11.1	6.8	2.4	0.0	22.6	20.0	1.6	100.0
Forekomst		14.8 %				20.7 %				20.4 %				44.2 %			100.0 %
Vindstyrke		1.3 m/s				2.9 m/s				5.0 m/s				9.8 m/s			6.1 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst		Klasse I				Klasse II				Klasse III				Klasse IV			100.0 %
		0.0 %				51.1 %				40.6 %				8.3 %			

Antall obs. : 736
 Manglende obs.: 8

Delta T : Viksjøfjell
 Vind : Viksjøfjell
 Periode : 01.01.95 - 31.01.95
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
60	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
120	0.0	0.5	0.8	0.4	0.0	0.9	0.7	0.1	0.0	1.8	0.1	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	6.5
150	0.0	0.8	0.4	0.0	0.0	1.1	0.7	0.0	0.0	0.4	0.3	0.0	0.0	2.0	1.2	0.0	6.9
180	0.1	0.8	0.8	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.7	2.7	0.1	8.3
210	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	9.2	5.3	1.5	17.1
240	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.4	0.3	0.5	0.0	1.1	0.0	0.8	0.0	11.6	9.7	2.8	27.7
270	0.0	0.9	0.3	0.1	0.0	0.9	2.2	3.2	0.0	0.3	0.4	0.4	0.0	2.3	1.1	0.4	12.6
300	0.0	0.0	0.8	0.1	0.0	0.7	4.1	1.6	0.0	0.3	0.8	0.4	0.0	0.5	0.4	0.4	10.1
330	0.0	0.0	0.5	0.1	0.0	0.8	0.9	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.1	0.5	0.0	4.3
360	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.2	0.4	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.1	0.7	0.0	3.8
Stille	0.0	0.4	0.8	0.1													1.4
Total	0.1	4.2	5.1	1.1	0.0	6.9	9.6	6.0	0.0	4.5	2.2	1.8	0.0	31.7	21.7	5.3	100.0
Forekomst		10.6 %				22.5 %				8.4 %				58.6 %			100.0 %
Vindstyrke		1.2 m/s				3.0 m/s				4.9 m/s				12.9 m/s			8.8 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst		Klasse I				Klasse II				Klasse III				Klasse IV			100.0 %
		0.1 %				47.2 %				38.6 %				14.1 %			

Antall obs. : 739
 Manglende obs.: 5

Delta T : Viksjøfjell
 Vind : Viksjøfjell
 Periode : 01.02.95 - 28.02.95
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.8
60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
90	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.5
120	0.0	0.5	0.0	0.7	0.0	2.0	0.5	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	4.8
150	0.0	1.5	0.5	0.7	0.0	8.5	1.7	0.3	0.3	2.2	0.5	0.0	0.0	2.0	0.8	0.0	19.0
180	0.0	1.8	0.5	0.3	0.0	5.0	1.8	0.3	0.0	0.3	0.5	0.2	0.0	2.2	2.7	0.0	15.7
210	0.0	0.3	0.8	0.0	0.0	4.0	0.3	0.3	0.0	4.3	1.7	0.3	0.0	1.5	1.5	0.0	15.2
240	0.0	0.0	1.5	0.7	0.0	3.0	0.8	0.8	0.0	1.0	0.7	0.7	0.0	2.2	1.7	0.0	13.0
270	0.0	2.3	1.8	1.2	0.0	0.2	1.2	1.3	0.0	0.7	0.7	0.0	0.0	4.7	4.2	0.0	18.2
300	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.8	1.2	0.0	3.0
330	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	2.3	0.0	4.5
360	0.0	0.7	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	2.2
Stille	0.0	0.2	1.5	1.2													2.8
Total	0.0	7.8	7.3	5.3	0.0	23.0	6.5	3.2	0.3	9.5	4.0	1.2	0.0	17.4	14.4	0.0	100.0
Forekomst	20.5 %				32.7 %				15.0 %				31.7 %				100.0 %
Vindstyrke	1.2 m/s				2.9 m/s				4.8 m/s				11.9 m/s				5.7 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Klasse I 0.3 %				Klasse II 57.8 %				Klasse III 32.2 %				Klasse IV 9.7 %				100.0 %

Antall obs. : 599
 Manglende obs.: 73

Delta T : Viksjøfjell
 Vind : Viksjøfjell
 Periode : 01.03.95 - 31.03.95
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 2.0 m/s				2.0- 4.0 m/s				4.0- 6.0 m/s				over 6.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
60	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	2.3
90	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.5	0.3	0.1	0.0	1.3	0.7	0.1	0.0	4.0	0.0	0.0	7.5
120	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.9	1.2	0.3	0.0	1.2	0.3	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	10.0
150	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.8	0.4	0.7	0.7	1.2	0.9	0.1	0.1	3.1	2.7	0.0	11.2
180	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.0	1.3	1.1	0.3	0.0	10.1	2.0	0.4	16.2
210	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.5	0.0	0.4	0.0	1.2	0.1	0.1	0.0	15.6	5.7	2.2	26.4
240	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	1.1	0.5	0.9	0.0	4.6	2.8	0.4	10.8
270	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.3	0.7	0.0	0.0	1.6	0.3	0.0	4.2
300	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.5	0.0	0.0	1.3	0.4	0.0	2.8
330	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	2.7	0.3	0.0	4.7
360	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.7	0.3	0.0	3.4
Stille	0.0	0.0	0.0	0.0													0.0
Total	0.5	2.0	1.1	0.4	0.1	4.2	2.6	2.4	0.7	10.1	5.0	1.6	0.1	50.9	15.3	3.0	100.0
Forekomst	4.0 %				9.3 %				17.4 %				69.3 %				100.0 %
Vindstyrke	1.4 m/s				3.1 m/s				5.0 m/s				12.2 m/s				9.7 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Klasse I 1.5 %				Klasse II 67.2 %				Klasse III 24.0 %				Klasse IV 7.4 %				100.0 %

Antall obs. : 743
 Manglende obs.: 1

Delta T : Svanvik
Vind : Svanvik
Periode : 01.10.94 - 31.10.94
Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV				
30	0.0	0.5	0.3	0.1	0.0	1.2	0.1	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	4.6		
60	0.0	1.5	1.1	1.4	0.0	1.6	0.4	0.9	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	11.9		
90	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.5	0.8	0.0	0.0	3.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	5.0		
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5		
150	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2		
180	0.0	0.4	0.5	0.5	0.0	1.5	0.4	0.0	0.0	0.8	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	4.7		
210	0.0	0.7	0.4	1.8	0.0	3.2	1.8	0.7	0.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.1	0.0	18.3		
240	0.0	0.7	0.0	1.4	0.1	3.2	4.9	0.4	0.4	2.7	0.9	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	0.0	18.9		
270	0.0	0.3	0.3	1.5	0.0	1.4	1.9	0.8	0.0	2.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.5	0.9	0.0	10.4		
300	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	1.9	0.8	1.1	0.0	3.5	0.3	0.0	0.0	0.0	2.4	0.1	0.0	10.8		
330	0.0	0.3	0.4	0.3	0.0	0.7	0.8	0.4	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	4.3		
360	0.0	0.0	0.3	0.3	0.0	0.1	0.4	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.9		
Stille	0.0	1.5	2.2	3.7														7.3		
Total	0,0	5.8	5.5	12.4	0.1	15.4	13.0	4.5	0.4	24.4	2.7	0.0	0.0	13.1	2.6	0.0	100.0			
Forekomst	23.8 %				33.0 %				27.5 %				15.7 %				100.0 %			
Vindstyrke	0.6 m/s				1.8 m/s				3.3 m/s				5.1 m/s				2.4 m/s			
Fordeling på stabilitetsklasser																				
Forekomst	Klasse I 0.5 %				Klasse II 58.7 %				Klasse III 23.8 %				Klasse IV 16.9 %				100.0 %			
Antall obs. : 739																				
Manglende obs.: 5																				

Delta T : Svanvik
Vind : Svanvik
Periode : 01.11.94 - 30.11.94
Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
60	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.9
90	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	1.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	3.0
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
150	0.0	1.9	0.6	0.4	0.0	1.1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
180	0.0	0.8	0.8	0.9	0.0	3.2	0.9	0.4	0.0	9.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.9
210	0.0	1.5	2.1	2.8	0.0	6.8	2.1	0.2	0.0	6.5	0.4	0.0	0.0	1.7	0.0	0.0	24.1
240	0.0	0.8	0.4	1.1	0.0	2.3	1.9	0.4	0.0	2.7	1.3	0.0	0.0	0.2	0.9	0.0	12.0
270	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.6	0.9	0.2	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0	5.1
300	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	1.3	2.7	1.9	0.0	2.8	1.1	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	11.0
330	0.0	0.8	0.4	1.1	0.0	2.1	1.3	0.4	0.0	3.6	0.4	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	10.6
360	0.0	0.9	0.8	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	3.8
Stille	0.0	1.5	0.9	5.3													7.8
Total	0.0	8.2	6.1	14.2	0.0	18.8	10.6	3.8	0.0	28.3	3.8	0.0	0.0	4.7	1.5	0.0	100.0
Forekomst	28.5 %				33.2 %				32.1 %				6.3 %				100.0 %
Vindstyrke	0.6 m/s				1.8 m/s				3.1 m/s				4.8 m/s				2.1 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Klasse I 0.0 %				Klasse II 60.0 %				Klasse III 22.0 %				Klasse IV 18.0 %				100.0 %
Antall obs. : 527																	
Manglende obs.: 193																	

Delta T : Svanvik
 Vind : Svanvik
 Periode : 01.12.94 - 31.12.94
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.8	0.4	1.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0
60	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
90	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
120	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
150	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.4	0.1	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	2.5
180	0.0	0.7	0.5	1.0	0.0	4.5	1.1	1.4	0.0	9.6	1.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	27.0
210	0.0	1.4	1.1	1.8	0.0	5.1	2.2	1.4	0.0	11.0	0.3	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	28.4
240	0.0	0.5	0.5	1.5	0.0	4.1	1.4	0.1	0.0	6.2	2.2	0.0	0.0	1.1	0.5	0.0	18.2
270	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	1.0	0.4	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.4	0.4	0.0	3.4
300	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.5	0.0	2.6
330	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7
360	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
Stille	0.0	4.0	2.2	5.8													11.9
Total	0.0	9.0	5.6	12.6	0.0	16.3	5.6	3.6	0.0	27.7	4.1	0.0	0.0	14.0	1.5	0.0	100.0
Forekomst	27.3 %				25.5 %				31.8 %				15.5 %				100.0 %
Vindstyrke	0.5 m/s				1.7 m/s				3.2 m/s				5.0 m/s				2.4 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Klasse I 0.0 %				Klasse II 67.0 %				Klasse III 16.8 %				Klasse IV 16.2 %				100.0 %

Antall obs. : 730
 Manglende obs.: 14

Delta T : Svanvik
 Vind : Svanvik
 Periode : 01.01.95 - 31.01.95
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.2	0.2	0.7	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
60	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3
90	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
120	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
150	0.0	0.0	0.2	0.7	0.0	1.3	0.7	0.5	0.0	1.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4
180	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	2.6	2.6	1.8	0.0	3.9	2.0	0.0	0.0	4.4	0.5	0.0	18.3
210	0.0	0.7	0.3	1.0	0.0	4.2	3.1	0.2	0.0	7.7	1.3	0.0	0.0	17.8	0.5	0.0	36.8
240	0.0	0.5	0.7	0.2	0.0	2.3	0.8	0.5	0.0	4.2	0.5	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	11.9
270	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
300	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
330	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
360	0.0	0.3	0.2	0.5	0.0	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
Stille	0.0	5.1	2.9	11.3													19.3
Total	0.0	6.9	5.2	15.8	0.0	13.2	8.7	3.3	0.0	17.3	4.1	0.0	0.0	24.5	1.0	0.0	100.0
Forekomst	27.9 %				25.2 %				21.4 %				25.5 %				100.0 %
Vindstyrke	0.4 m/s				1.8 m/s				3.3 m/s				5.3 m/s				2.6 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Klasse I 0.0 %				Klasse II 61.9 %				Klasse III 19.0 %				Klasse IV 19.1 %				100.0 %

Antall obs. : 612
 Manglende obs.: 132

Delta T : Svanvik
 Vind : Svanvik
 Periode : 01.02.95 - 28.02.95
 Enhet : Prosent

FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

Vind- retning	0.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.3	0.8	0.7	0.0	0.2	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5
60	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3
90	0.0	0.2	0.7	0.2	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7
120	0.0	0.2	1.0	0.2	0.0	2.5	0.5	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
150	0.0	0.5	0.8	1.0	0.0	1.3	0.5	0.2	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	0.0	9.1
180	0.0	1.2	0.7	2.1	0.0	5.6	2.3	1.2	0.0	6.4	1.0	0.0	0.0	5.0	0.2	0.0	25.6
210	0.0	2.1	1.0	2.3	0.0	7.3	3.0	0.8	0.0	3.5	0.2	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	21.5
240	0.0	0.5	0.8	0.5	0.0	2.1	1.7	0.7	0.0	1.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6
270	0.0	0.3	0.2	0.2	0.0	0.5	0.3	0.3	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.2	0.3	0.0	3.1
300	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.3	0.3	0.2	0.0	0.2	0.3	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0	3.0
330	0.0	0.2	0.2	0.3	0.0	0.2	0.7	0.3	0.0	0.5	1.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	4.3
360	0.0	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.0
Stille	0.0	3.5	3.8	5.3													12.6
Total	0.0	9.3	10.9	13.9	0.0	20.7	10.4	4.0	0.0	14.9	4.3	0.0	0.0	10.2	1.5	0.0	100.0
Forekomst	34.0 %				35.0 %				19.2 %				11.7 %				100.0 %
Vindstyrke	0.5 m/s				1.7 m/s				3.1 m/s				5.3 m/s				2.0 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Klasse I				Klasse II				Klasse III				Klasse IV				
	0.0 %				55.0 %				27.1 %				17.9 %				100.0 %
Antall obs. : 605																	
Manglende obs.: 67																	

Delta T : Svanvik
 Vind : Svanvik
 Periode : 01.03.95 - 31.03.95
 Enhet : Prosent

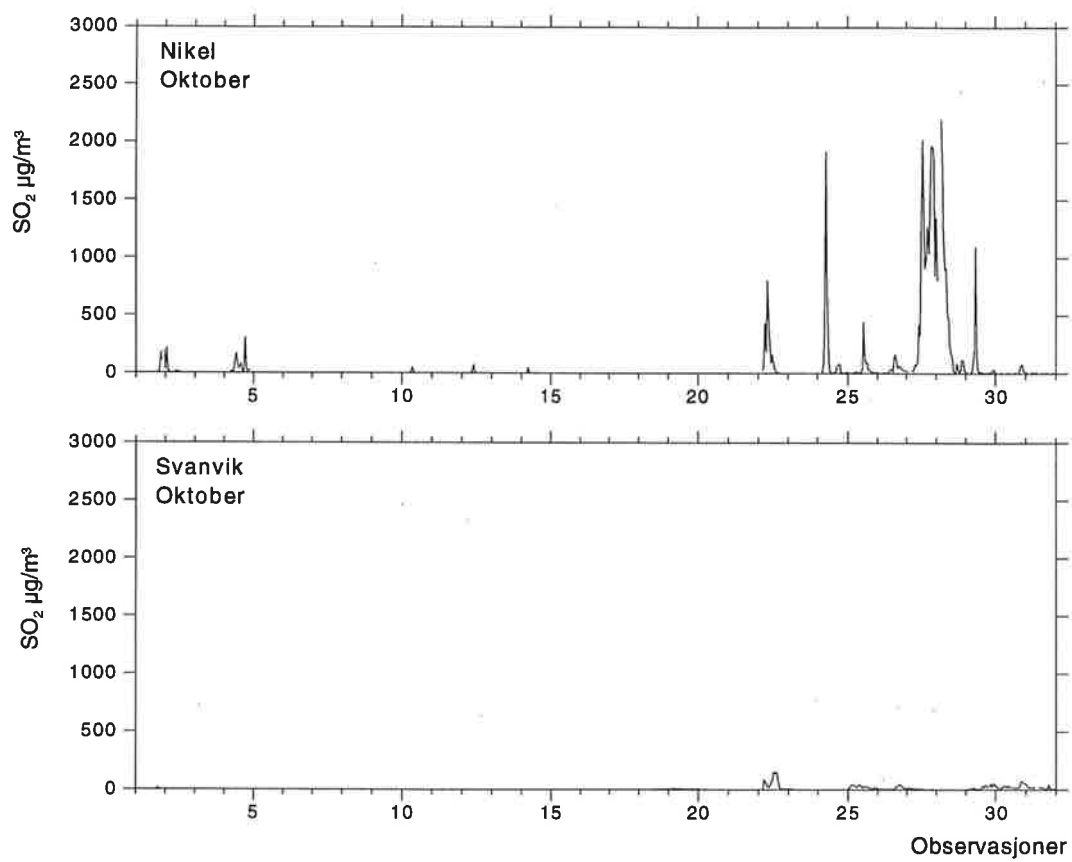
FREKVENSFORDELING SOM FUNKSJON AV VINDRETNING, VINDSTYRKE OG STABILITET

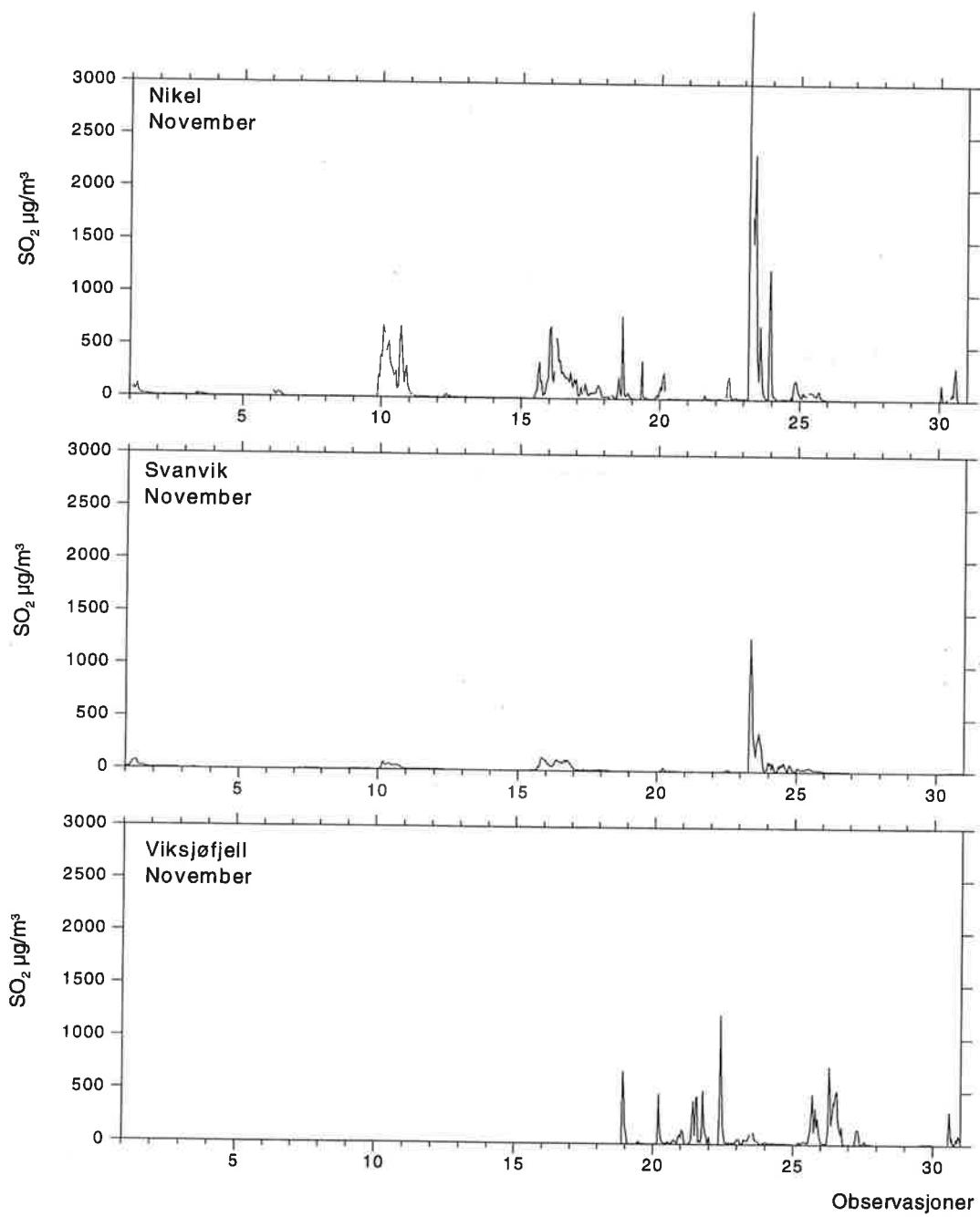
Klasse I: Ustabil DT < -0.5 Grader C
 Klasse II: Nøytral -0.5 < DT < 0.0 Grader C
 Klasse III: Lett stabil 0.0 < DT < 0.5 Grader C
 Klasse IV: Stabil 0.5 < DT Grader C
 Vindstille: U mindre eller lik 0.4 m/s

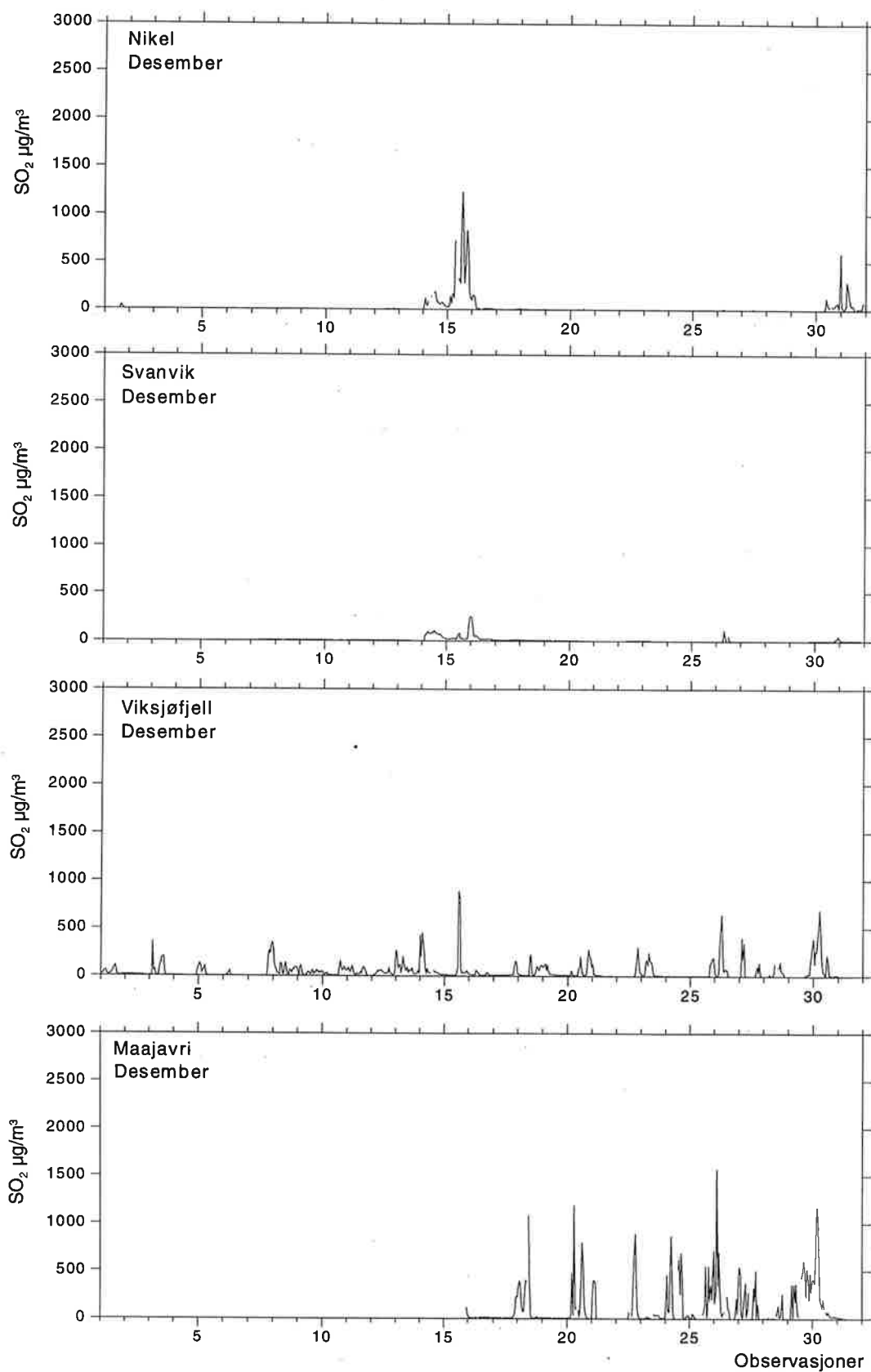
Vind- retning	0.0- 1.0 m/s				1.0- 2.5 m/s				2.5- 4.0 m/s				over 4.0 m/s				Rose
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
30	0.0	0.3	0.1	0.1	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
60	0.0	0.7	0.3	0.5	0.0	3.4	0.5	0.3	0.0	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3
90	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0	1.9	0.1	0.0	0.0	2.4	0.5	0.0	0.0	0.7	0.1	0.0	6.1
120	0.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.8	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.3
150	0.0	0.1	0.1	0.3	0.0	1.5	0.1	0.1	0.0	1.2	0.1	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	4.4
180	0.0	0.0	0.4	0.1	0.0	2.3	0.7	0.4	0.0	7.5	0.3	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	16.6
210	0.0	0.8	0.4	0.5	0.0	3.4	0.3	0.1	0.0	3.8	0.3	0.0	0.0	19.9	1.9	0.0	31.4
240	0.1	1.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.7	0.1	0.1	1.5	1.0	0.0	0.0	1.0	0.1	0.0	9.3
270	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.5	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	2.7
300	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	1.2	0.1	0.3	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	3.0
330	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	1.1	0.4	0.3	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	5.2
360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.3
Stille	0.0	0.7	1.8	6.4													8.8
Total	0.1	4.1	3.1	9.1	0.0	20.8	3.5	1.6	0.1	21.0	2.7	0.0	0.0	31.6	2.2	0.0	100.0
Forekomst	16.5 %				26.0 %				23.8 %				33.7 %				100.0 %
Vindstyrke	0.5 m/s				1.8 m/s				3.3 m/s				5.7 m/s				3.3 m/s
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Klasse I 0.3 %				Klasse II 77.4 %				Klasse III 11.6 %				Klasse IV 10.7 %				100.0 %
Antall obs. : 735																	
Manglende obs.: 9																	

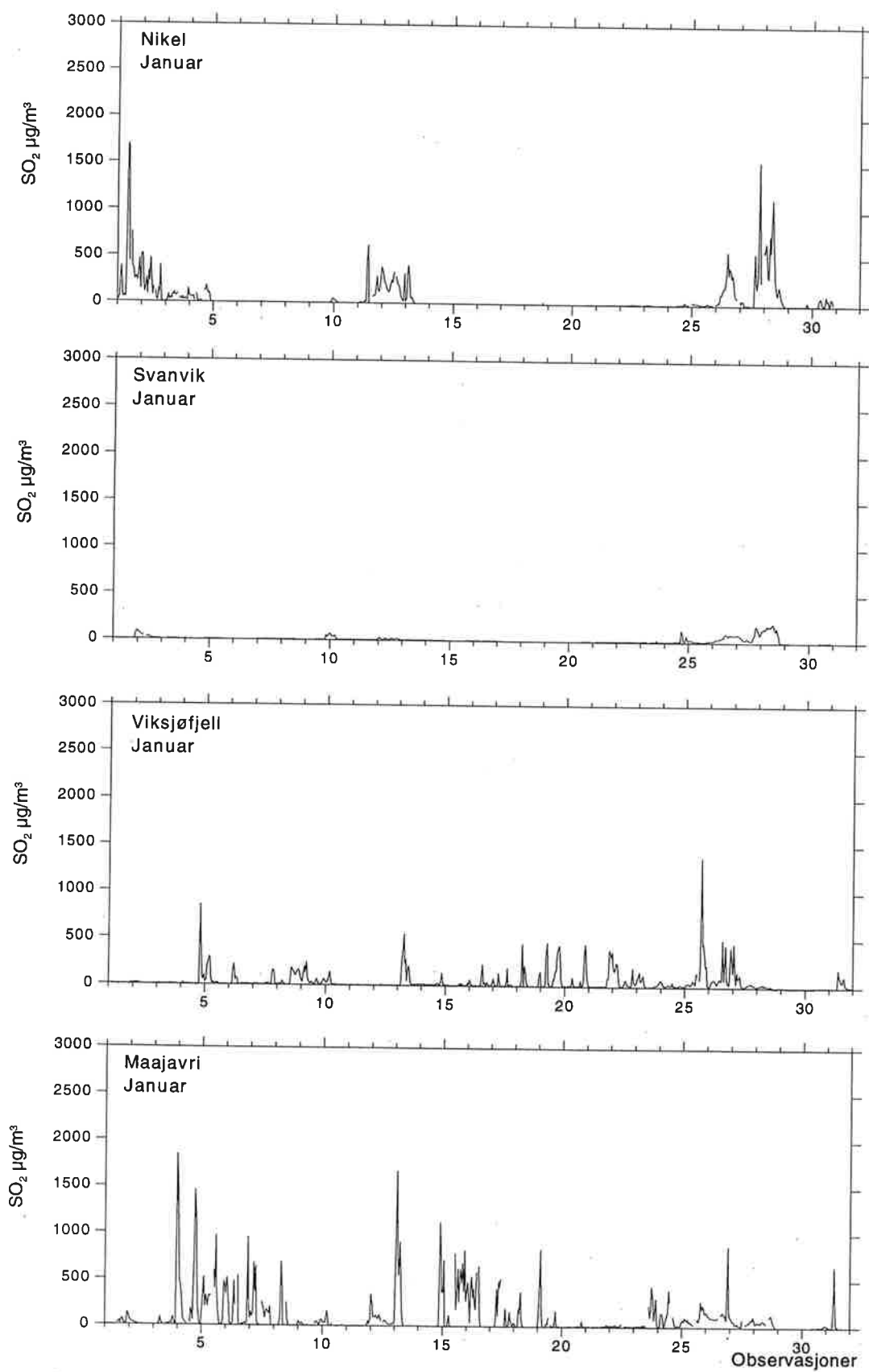
Vedlegg B

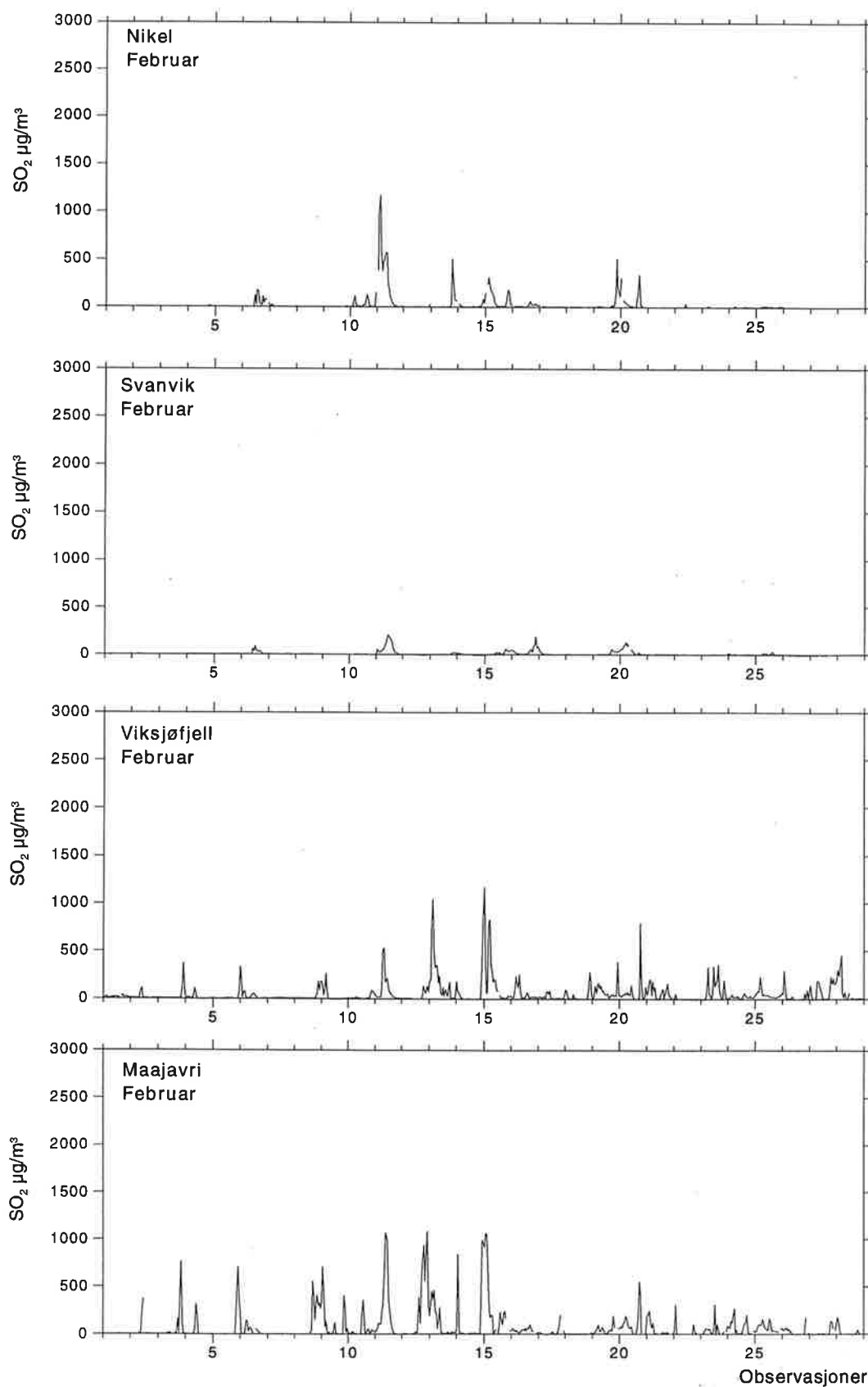
Plott av målte timemiddelverdier av SO₂

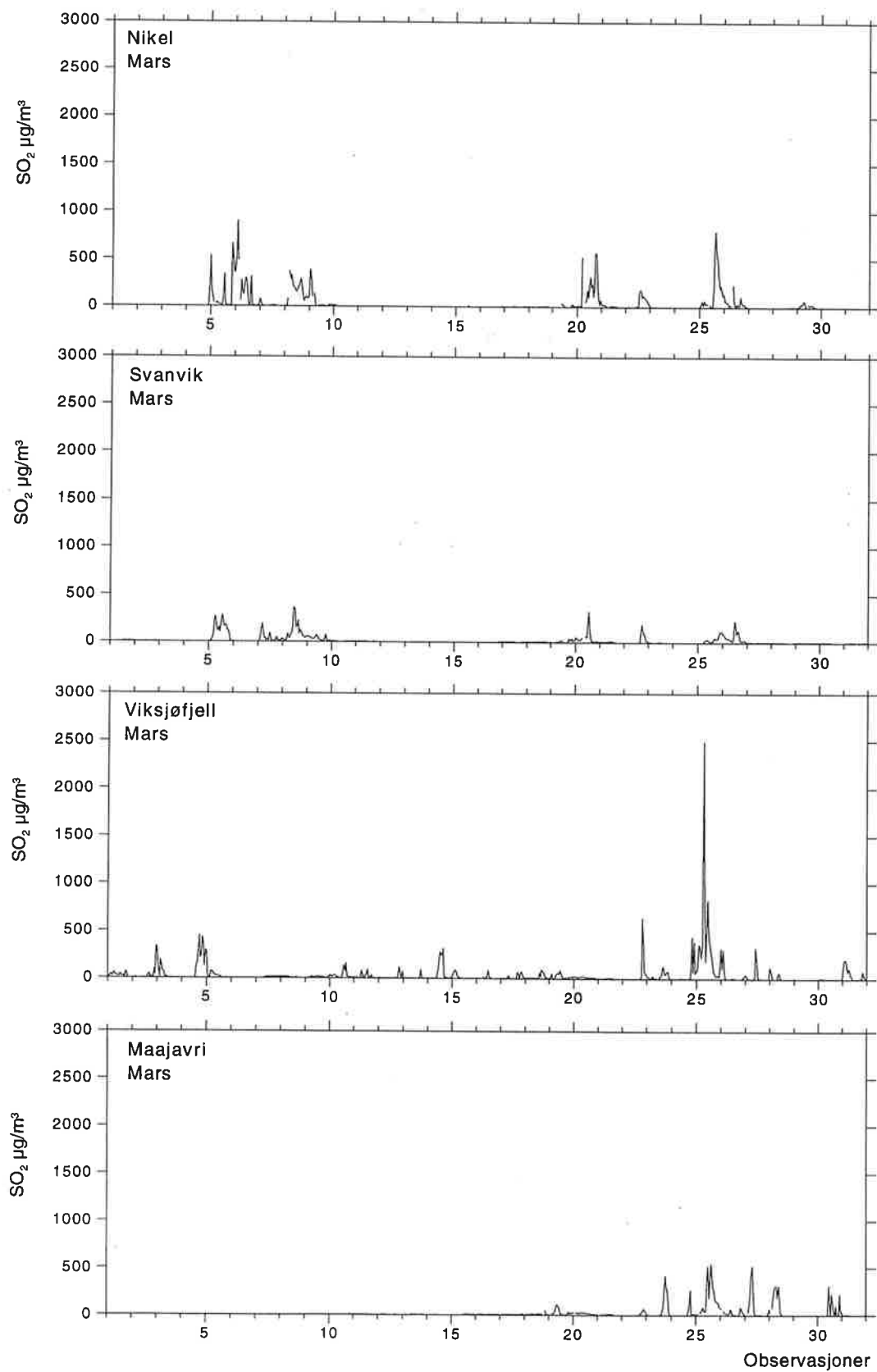














Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 1/96	ISBN-82-425-0730-9	
DATO 19/2-96	ANSV. SIGN. P.B.	ANT. SIDER 70	PRIS NOK 105,-
TITTEL Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland Oktober 1994-mars 1995		PROSJEKTLEDER Bjarne Sivertsen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8976	
FORFATTER(E) Leif Otto Hagen, Bjarne Sivertsen, Mona Johnsrud og Tone Bekkestad		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. T. Johannesen, SFT	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 OSLO			
STIKKORD Luftkvalitet	Nedbørkvalitet	Sør-Varanger	
REFERAT En omfattende kartlegging av forekomst og omfang av luftforurensninger langs grensen mot Russland i Sør-Varanger startet i oktober 1988. Måleprogrammet omfatter luftkvalitet, meteorologiske forhold og nedbørkvalitet. I området måles de høyeste SO ₂ -konsentrasjonene i Norge. Høyeste timemiddelkonsentrasjon på norsk side ble målt ved Viksjøfjell til 2497 µg/m ³ . Utslippene kommer fra de russiske smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij.			
TITLE Air Quality Monitoring in the Border Areas of Norway and Russia. Progress Report October 1994-March 1995			
ABSTRACT A comprehensive study of the occurrence and extent of air pollution along the Russian border in Sør-Varanger county started in 1988. The measurement programme includes air quality, meteorological conditions and precipitation chemistry. The highest SO ₂ concentrations in Norway are measured in this area. The smelters in Nikel and Zapoljarnij are the main sources of SO ₂ in the area.			

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