



Statlig program for
forurensningsovervåking

Rapport nr.: 719/97

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Deltakende institusjon: NILU

Overvåking av luft- og
nedbørkvalitet i
grenseområdene i
Norge og Russland
Oktober 1996-mars 1997

TA-1504/1997



Norsk institutt for luftforskning



Statlig program for forurensningsovervåking

Det statlige programmet omfatter overvåking av forurensningsforholdene i

**luft og nedbør
grunnvann
vassdrag og fjorder
havområder
skog**

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

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

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

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

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

påvise eventuell uheldig utvikling i resipienten på et tidlig tidspunkt.

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

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

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

Resultater fra de enkelte overvåkingsprosjekter publiseres i årlige rapporter.

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

NILU : OR 58/97
REFERANSE : O-8976
DATO : DESEMBER1997
ISBN : 82-425-0924-7

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

Oktober 1996-mars 1997

Leif Otto Hagen, Bjarne Sivertsen, Kari Arnesen og Bodil Innset

**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 forurensnings-situasjonen 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	11
2. Basisundersøkelsen 1988-1991	11
3. Måleprogram oktober 1996-mars 1997.....	12
4. Måleresultater.....	14
4.1 Meteorologiske forhold	14
4.1.1 Vindmålinger	15
4.1.2 Temperatur	16
4.1.3 Luftens relative fuktighet.....	17
4.1.4 Atmosfærisk stabilitet	17
4.2 Luftkvalitet	18
4.2.1 Svoveldioksid (SO ₂).....	18
4.2.2 Trendanalyse for SO ₂	23
4.3 Nedbørkvalitet	30
5. Modellberegninger av SO₂	34
5.1 Utslippsdata	34
5.2 Langtidsmiddelkonsentrasjoner.....	37
5.3 Vurdering av beregningsresultatene.....	40
6. Miljøvernsamarbeidet med Russland i grenseområdene	41
7. Referanser og annen relevant litteratur	42
Vedlegg A Månedlige frekvensmatriser for vindretning, vindstyrke og stabilitet fra Viksjøfjell og Svanvik vinteren 1996/97	48
Vedlegg B Plott av timemiddelverdier av SO₂	56

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 1996/97 ble det registrert overskridelser av anbefalte luftkvalitetskriterier og grenseverdier for SO₂ på de tre målestedene i grenseområdene. Norge stiller til disposisjon nødvendig måleutstyr til de to russiske stasjonene.

Måleprogram

Målingene inngår i Statlig program for forurensningsovervåking og er en del av det bilaterale miljøvernssamarbeidet mellom Norge og Russland. I vinterhalvåret 1996/97 omfattet målingene meteorologiske forhold og luft- og nedbørkvalitet. Luftkvalitetsmålingene på norsk side av grensa omfattet svoveldioksid i Svanvik og meteorologiske forhold på Viksjøfjell og i Svanvik. Tidligere målinger av SO₂ på Viksjøfjell ble avsluttet 1.8.1996. Nedbørkvalitet ble målt i Svanvik og Karpdalen. Analyser av tungmetaller utføres bare for prøvene fra Svanvik. I tillegg har Det norske meteorologiske institutt målinger ved Kirkenes lufthavn (Høybuktnoen). På russisk side ble det målt konsentrasjoner av svoveldioksid ved Maajavri og i 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. 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 1996-mars 1997 viste at vind fra vest-sørvest forekom hyppigst på Viksjøfjell, mens det blåste oftest fra sør og sør-sørvest i Svanvik. Vindstyrken var høyest på Viksjøfjell (400 m o.h.) og lavest i Svanvik. Månedsmiddeltemperaturen i alle månedene var noe høyere enn normalt. Avviket var størst i mars 1997, som var 2,5°C varmere enn normalt.

Luftkvalitet

SO₂ måles med kontinuerlig registrerende instrumenter i Svanvik på norsk side. 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.

I Svanvik ble det målt maksimale korttidskonsentrasjoner (timemidler og døgnmidler) noe over anbefalte norske luftkvalitetskriterier og internasjonale grenseverdier for luftkvalitet.

Overskridelser av det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi av SO₂ (90 µg/m³) på norsk side ble målt tre ganger i Svanvik. I Svanvik var middelverdien i vinterhalvåret 1996/97 9,4 µg/m³, mens høyeste døgnmiddelverdi var 187 µg/m³, og høyeste timemiddelverdi var 560 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 betydelig 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 739 µg/m³ ved vind fra nikkelverket mot målestasjonen (vindretning 35-45°).

En samlet analyse av SO₂-forurensningen i grenseområdene i perioden 1977-1997 viser reduserte konsentrasjoner fra slutten av 1970-årene fram til 1994. Måleresultatene fra de norske stasjonene med lengst måleserie, Svanvik og Holmfoss, viser en nedgang i det gjennomsnittlige nivået i takt med reduksjonen i årsutslippene av SO₂ fra smelteverket i Nikel i årene 1980-1994.

De tre siste årene har det midlere SO₂-nivået variert relativt lite i Svanvik og ved Maajavri. I Nikel har det vært noe økning, særlig vinteren 1996/97.

Foreløpige utslippstall for 1994 og 1995 viser at utslippet i Nikel var på sitt laveste nivå i 1994. I 1995 var det en økning opp til 1992/93-nivået igjen. For 1996 og 1997 foreligger det foreløpig ikke utslippsdata.

Modellberegninger av SO₂

Det er beregnet langtidsmiddelkonsentrasjoner av svoveldioksid for vinterhalvåret 1996/97 (oktober-mars). I tillegg er månedvis konsentrasjonsfordeling av SO₂ beregnet. Utslippsdata er estimert ut fra **offisielle** utslippstall for 1993 (totalutslipp for året) og typiske årsvariasjoner av utslippene.

Spredningsberegningene av SO₂ for vinterhalvåret 1996/97 viser at bakkekonsentrasjonene av svoveldioksid i denne perioden var lavere enn vinteren 1995/96 i området mellom Karpdalen og Viksjøfjell, mens området omkring Svanvik og Holmfoss var litt mer belastet vinteren 1996/97.

De mest belastede områdene i Norge er som tidligere funnet å være mellom Svanvik og Holmfoss og i området nær den russiske grensen sør for Karpdalen og Viksjøfjell. Bakkekonsentrasjonene av SO₂ ble her beregnet å være 10-30 µg/m³.

Begge de to siste vintrene er maksimumssonene beregnet å forekomme nordøst for Nikel. Et område på 3 km² ca 5 km fra Nikel hadde en halvårsmiddelverdi over 200 µg/m³ vinteren 1996/97.

Ved Maajavri ble det i alle månedene målt høyere konsentrasjoner enn de beregnede. Dette kan indikere at utslippene er høyere enn i 1993, som er det siste året med **offisielle** utslippstall tilgjengelig.

Nedbørkvalitet

Nedbørkvalitet ble målt på to stasjoner på norsk side i vinterhalvåret 1996/97, Karpdalen og Svanvik. Prøvene ble tatt over en uke med skifte hver mandag, samt den første dagen i hver måned. Bare prøvene fra Svanvik analyseres for tungmetaller.

Av de to stasjonene hadde Karpdalen lavest pH og høyest sulfatkonsentrasjon. Sammenliknet med vinteren 1995/96 ble det målt høyere sulfatkonsentrasjoner vinteren 1996/97 på begge stasjonene. Karpdalen hadde lavere pH vinteren 1996/97 enn vinteren 1995/96.

Nedbørprøvene fra Svanvik 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. Konsentrasjonen av Pb var lavere enn det en vanligvis finner på bakgrunnsstasjonene i Sør-Norge, mens konsentrasjonen av Cd var høyere. Konsentrasjonen av Zn var på samme nivå eller litt lavere enn konsentrasjonen på Sørlandet og Østlandet, men høyere enn i resten av landet.

Tungmetallene Ni, Cu, Co og As slippes ut fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij. I forhold til vinteren 1995/96 hadde Svanvik lavere konsentrasjoner av disse elementene og av Cr i nedbøren vinteren 1996/97. Konsentrasjonen av Cd var høyere, mens det var liten endring for Pb og Zn.

Air Quality Monitoring in the Border Areas of Norway and Russia October 1996-March 1997

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 summer season 1996 show that the Norwegian air quality guideline values for SO₂ were exceeded at the three 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 1996/97 air quality and precipitation chemistry data were collected at one location and meteorological parameters at three locations on the Norwegian side of the border. On the Russian side air quality and meteorological parameters were measured at two locations.

Air quality

SO₂ has been measured continuously at Svanvik in Norway and at Maajavri and in Nikel in Russia. At Viksjøfjell in Norway sampling of SO₂ was finished at the beginning of August 1996. To register the high short term peak concentrations during episodes continuous measurements of SO₂ are necessary. 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 1996/97 (October-March) the short term maximum concentrations were above the Norwegian and international guideline values. At Svanvik the average value during the monitoring period was 9,4 µg/m³, the highest 24-hour average was 187 µg/m³ and the highest 1-hour average value was 560 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 much higher than at the Norwegian stations.

A statistical evaluation of SO₂ data for the years 1977-1997 shows reduced concentrations from the late 1970's to 1994. The reduction in the mean SO₂

concentrations in ambient air seems to follow the reductions in the yearly total SO₂ emissions from the smelter in Nikel.

The last three years the average SO₂ concentrations in Svanvik and Maajavri have not changed significantly. In Nikel the concentration has increased, especially during the winter 1996/97. SO₂ emissions in Nikel were at the lowest in 1994 and increased in 1995. There are still no emission data available for 1996 and 1997. Emission data for 1994 and 1995 are unofficial.

Model calculations of SO₂

Calculations of long term mean concentrations of sulphur dioxide has been performed for the winter (October-March) 1996/97. In addition, concentration distribution of SO₂ for each month is estimated. Emission data are estimated based on official emission data for 1993 (total emission for the year) and typical seasonal variations (as of 1990).

The dispersion calculations of SO₂ for the winter 1996/97 show that the concentrations of sulphur dioxide were slightly lower than in 1995/96 in the Karpdalen/Viksjøfjell area and slightly higher in the Svanvik/Holmfoss area. The calculations also show that SO₂ concentrations increased from southwest towards northeast in Sør-Varanger and that they were even higher on the Russian side of the border.

In Norway, the highest concentrations were estimated to occur between Svanvik and Holmfoss and close to the border between Karpdalen and Viksjøfjell. Concentrations of SO₂ were estimated to 10-30 µg/m³. The estimated values for the same area were 10-35 µg/m³ in 1995/96.

Comparison between measured and calculated values for the respective months at Maajavri show that the calculated values were lower than the measured values. This could indicate that the SO₂ emissions have increased since 1993, the year with the latest **official** emission data.

Precipitation chemistry

Measurements of precipitation chemistry indicated that the pH values in precipitation in the winter season 1996/97 were higher than in 1995/96 in Svanvik and lower at Karpdalen. Concentration of Pb was lower than the concentrations usually found at background stations in the southern part of Norway, while the concentration of Cd was higher and the concentration of Zn was at the same level or somewhat lower.

The metals Ni, Cu, Co and As are emitted from the smelters in Nikel and Zapoljarnij. The concentrations of these elements in precipitation were lower during the winter season 1996/97 than the previous winter season 1995/96 in Svanvik. The concentration of Cr was also lower, but the concentration of Cd was higher.

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

Oktober 1996-mars 1997

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.

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 halvårlige 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. (Sivertsen et al. 1992, 1994).

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 betydelig 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 1996-mars 1997

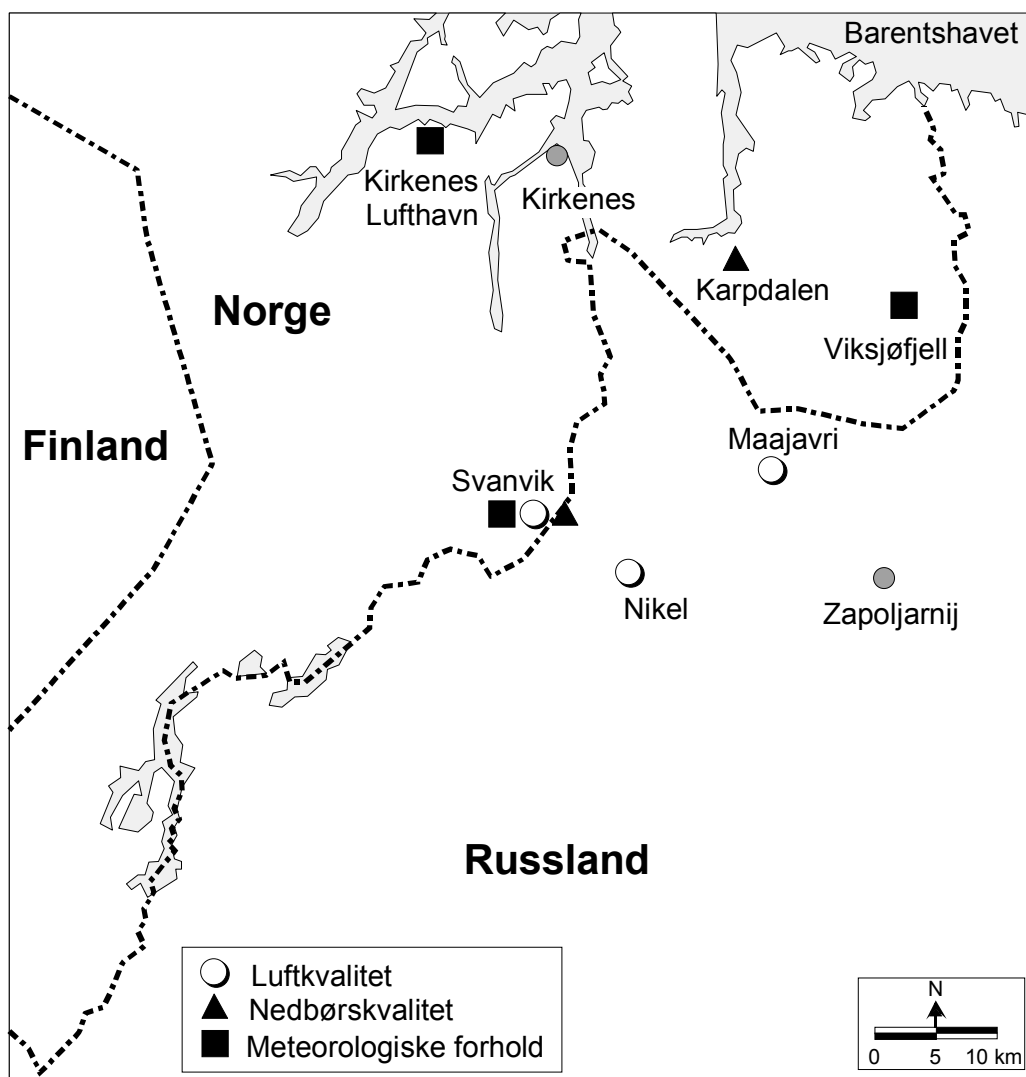
Måleprogrammet for luft- og nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i vinterhalvåret 1996/97 er vist i Tabell 1 og Tabell 2. Plasingen av målestasjonene er vist i Figur 1.

Tabell 1: Måleprogram for luftkvalitet i grenseområdene i perioden 1.10.1996-31.3.1997.

Stasjon	SO ₂ Timeverdier
Svanvik	x
Maajavri	x
Nikel	x

Tabell 2: Måleprogram for nedbørkvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i perioden 1.10.1996-31.3.1997.

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, nedbørskvalitet og meteorologiske forhold i grenseområdene i Norge og Russland i vinterhalvåret 1996/97.

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. Tidligere målinger på Viksjøfjell ble avsluttet 1.8.1996.

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 for Svanvik også på 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 (Høybukthoen). 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 , $\text{NO}_3 + \text{HNO}_3$, $\text{NH}_3 + \text{NH}_4$, 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, 1996). 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 1996/97.

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. 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 Høybukthoen (Kirkenes Lufthavn) benyttes for å vurdere representativiteten av temperatur- og fuktighetsmålingene.

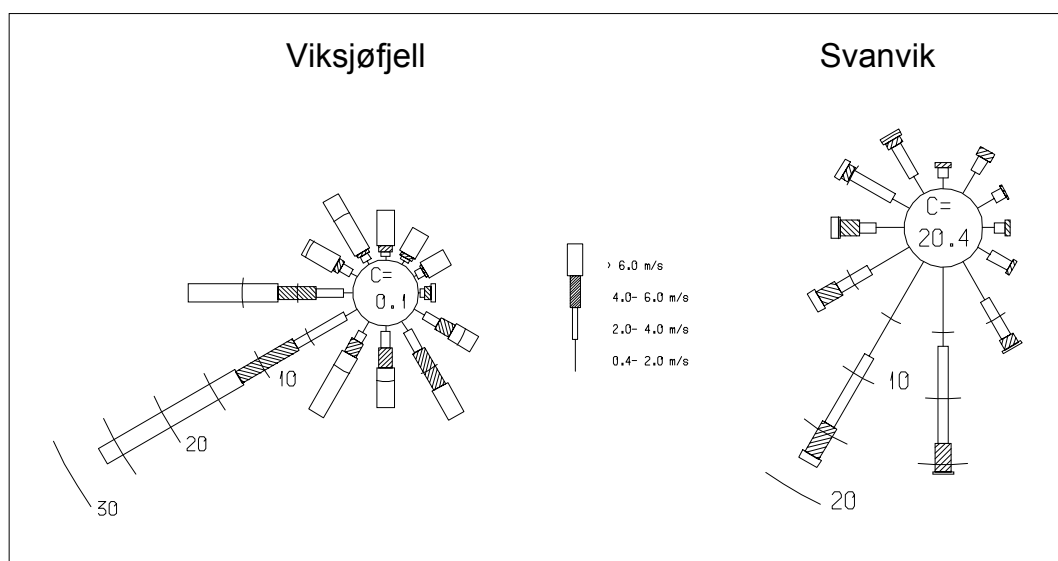
Tabell 3 viser at datadekningen for de meteorologiske målingene i Svanvik og Viksjøfjell var god. Det mangler imidlertid en del vinddata fra Viksjøfjell i oktober og november. Fra Svanvik mangler også noe vinddata i november, desember og januar og også noe temperatur- og stabilitetsdata i november.

Tabell 3: Datadekning i prosent av tiden for de meteorologiske målingene på Viksjøfjell og i Svanvik i perioden 1.10.1996-31.3.1997.

Stasjon	Måned	Vindstyrke	Vindkast	Vindretning	Temperatur	Stabilitet	Rel.fuktighet
Viksjøfjell	Oktober	73	73	97	100	100	100
	November	81	81	83	100	100	100
	Desember	98	98	97	100	100	100
	Januar	100	100	100	100	100	100
	Februar	100	100	100	100	100	100
	Mars	100	100	100	100	100	100
Svanvik	Oktober	96	96	96	96	96	
	November	84	84	78	90	90	
	Desember	89	89	84	97	97	
	Januar	91	91	90	97	97	
	Februar	100	100	99	100	100	
	Mars	100	100	100	100	100	

4.1.1 Vindmålinger

Figur 2 viser vindroser for perioden oktober 1996-mars 1997 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.



Figur 2: Vindroser for perioden oktober 1996-mars 1997 fra Viksjøfjell og Svanvik.

Vindrosa fra Viksjøfjell viser at vind fra vest-sørvest forekom hyppigst i vinterhalvåret 1996/97. Vind fra øst hadde lavest hyppighet. Figuren viser også at frekvensen av vindstyrker over 6 m/s var størst ved vind fra mellom sør-sørvest og nord-nordvest og lavest ved vind fra øst. I Svanvik blåste det oftest fra sør og sør-sørvest.

Vindretningsfordelingene på de to stasjonene vinteren 1996/97 liknet i hovedtrekk på fordelingene fra vinteren 1995/96.

Tabell 4 gir andel vindstille, midlere vindstyrke, hyppigheten av vind over 6 m/s, maksimal timemiddel vindstyrke og sterkeste vindkast månedsvis og totalt for vinterhalvåret 1996/97 fra Viksjøfjell og Svanvik. Tabellen viser at det blåste betydelig sterkere på fjellet ved Viksjøfjell enn nede i dalen i Svanvik. De høyeste vindstyrkene i perioden ble målt 12. mars i Svanvik og 31. januar på Viksjøfjell. Timemiddelvindstyrkene var da henholdsvis 9,6 m/s i Svanvik og 27,3 m/s på Viksjøfjell. Det sterkeste vindkastet på begge stasjonene ble målt 31. januar, med henholdsvis 20,3 m/s i Svanvik og 38,5 m/s på Viksjøfjell.

Tabell 4: Statistikk over vindstyrker ved Svanvik og Viksjøfjell i perioden oktober 1996-mars 1997 (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	8,0	57,4	20,7	13. kl 02	31,0	13. kl 02
	November	0,5	5,7	35,3	20,9	14. kl 21	27,2	14. kl 21
	Desember	0,1	6,6	49,0	15,7	10. kl 17	23,3	10. kl 17
	Januar	0,0	8,9	65,5	27,3	31. kl 06	38,5	31. kl 06
	Februar	0,0	7,4	57,1	17,5	01. kl 01	24,5	01. kl 01
	Mars	0,0	8,4	61,6	21,5	12. kl 08	30,4	10. kl 11
	Okt.-mars	0,1	7,5	54,9	27,3	31.01. kl 06	38,5	31.01. kl 06
Svanvik	Oktober	10,8	2,5	4,2	8,4	13. kl 03	18,2	13. kl 02
	November	15,1	2,0	2,9	7,3	15. kl 10	15,8	15. kl 20
	Desember	34,6	1,7	0,8	7,4	09. kl 08	15,8	09. kl 08
	Januar	25,6	2,2	5,8	8,4	31. kl 14	20,3	31. kl 06 og 14
	Februar	22,3	1,9	0,4	6,7	24. kl 09	15,5	01. kl 01
	Mars	15,1	2,7	5,0	9,6	12. kl 13	19,7	09. kl 18
	Okt.-mars	20,4	2,2	3,2	9,6	12.03. kl 13	20,3	31. kl 06 og 14

4.1.2 Temperatur

Tabell 5 gir en oversikt over temperaturmålingene på Viksjøfjell, Svanvik og DNMI's stasjon Kirkenes lufthavn. På Kirkenes lufthavn er det sammenliknet med normaltemperaturen, som er middelveien for 30-årsperioden 1961-1990. Målingene viser at månedsmiddeltemperaturen i alle månedene var noe høyere enn normalen. Avviket var størst i mars 1997, som var 2,5°C varmere enn normalt, og minst i februar, som var 1,1°C varmere enn normalt.

Høyeste målte temperatur, 10,3°C, ble registrert både på Kirkenes lufthavn og i Svanvik 9. oktober, mens Viksjøfjell hadde 7,5°C samme dag. Den laveste temperaturen, -35,8°C, ble målt i Svanvik 11. februar, mens Kirkenes lufthavn hadde -28,4°C samme dag. Den laveste temperaturen på Viksjøfjell, -20,5°C, ble målt 22. februar. Kald luft som i inversjonsperioder samles i bunnen av Pasvikdalen, gjør at det måles lavere minimumstemperatur i Svanvik enn på Viksjøfjell.

Tabell 5: *Temperaturer på Viksjøfjell, Svanvik og Kirkenes lufthavn i perioden oktober 1996-mars 1997 (°C).*

Stasjon		Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars
Viksjøfjell	Middel	0,1	-5,0	-8,5	-11,2	-10,9	-6,5
	Maks.	7,5	2,3	-0,4	-1,9	-0,2	2,0
	Min.	-8,2	-14,6	-18,8	-19,3	-20,5	-14,4
Svanvik	Middel	2,3	-4,3	-10,9	-12,8	-11,0	-4,9
	Maks.	10,2	5,0	2,4	0,4	2,8	5,8
	Min.	-12,0	-24,8	-30,3	-31,8	-35,8	-24,2
Kirkenes lufthavn	Middel	2,2	-4,0	-8,1	-10,6	-10,2	-4,9
	Normal	0,4	-5,5	-9,7	-11,8	-11,3	-7,4
	Maks.	10,3	4,2	2,2	1,1	2,0	4,6
	Min.	-8,0	-20,0	-26,4	-27,3	-28,4	-20,4

4.1.3 Luftens relative fuktighet

Tabell 6 viser månedsmiddelverdiene av luftens relative fuktighet for hver måned i perioden oktober 1996-mars 1997. De høyeste middelverdiene av relativ fuktighet ble målt i november på begge stasjonene. Den midlere relative fuktigheten var høyere på Viksjøfjell enn på Kirkenes lufthavn i alle månedene.

Tabell 6: *Månedsmiddelverdier av relativ fuktighet (%) i perioden oktober 1996-mars 1997 på Viksjøfjell og Kirkenes lufthavn.*

Stasjon	Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars
Viksjøfjell	89	93	90	88	88	88
Kirkenes lufthavn	83	88	85	82	86	83

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 fortyningen 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 fortennet, 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 7.

Tabell 7: Forekomst (%) av fire stabilitetsklasser ved Viksjøfjell og Svanvik vinteren 1996/97.

Stasjon	Måned	Ustabil	Nøytral	Lett stabil	Stabil
Viksjøfjell	Oktober	2,0	75,7	21,2	1,1
	November	0,0	57,1	35,6	7,4
	Desember	0,0	51,6	38,7	9,7
	Januar	0,0	48,4	39,4	12,2
	Februar	0,3	49,7	32,7	17,3
	Mars	2,0	60,9	26,7	10,3
Svanvik	Oktober	1,8	78,0	12,0	8,2
	November	0,0	68,7	16,7	14,6
	Desember	0,4	49,9	17,8	31,9
	Januar	0,0	41,4	17,5	41,1
	Februar	0,4	57,9	12,2	29,5
	Mars	1,9	68,9	11,3	17,9

Tabellen viser at det svært sjelden var ustabil sjiktning på de to målestasjonene i vinterhalvåret. Svanvik hadde større forekomst av stabil sjiktning enn Viksjøfjell, 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 en stasjon på norsk side og på to stasjoner på russisk side av grensen. Stasjonene er: Svanvik i Norge og Maajavri og Nikel i Russland. Målingene på Viksjøfjell ble avsluttet 1.8.1996.

To av stasjonene, 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 maksimalkonsentrasjoner 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 $3\,000 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabell 8 viser at datadekningen i Svanvik var meget god, bortsett fra mesteparten av oktober. Etter instrumenthavari ved Maajavri i månedsskiftet oktober/november 1996 ble ny monitor satt i drift uka før jul. I Nikel havarerte den gamle monitoren i jula, og ny monitor ble satt i drift 20. januar.

Tabell 8: *Datadekning i prosent av tiden for SO₂-målingene fra Svanvik, Maajavri og Nikel i perioden 1.10.1996-31.3.1997.*

Måned	Svanvik	Maajarvi	Nikel
Oktober	8,3	94,4	94,9
November	99,3	0,0	99,3
Desember	99,2	41,9	73,9
Januar	98,7	69,0	35,9
Februar	98,8	91,2	95,2
Mars	98,9	90,2	94,8

Et sammendrag av SO₂-målingene i perioden oktober 1996-mars 1997 med monitorer er gitt i Tabell 9. Grafisk fremstilling av de timevise dataene er gitt i Vedlegg B.

Målingene viser at Svanvik hadde omtrent samme middelerdi vinteren 1996/97 ($9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) som vinteren 1995/96 ($7,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). De russiske stasjonene hadde betydelig høyere middelerdier ($70\text{--}75 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Selv om Svanvik ligger nærmest utslippet, var middelerdien av SO₂ mye lavere enn ved Maajavri, fordi det ikke blåste så ofte mot Svanvik. Stasjonen i Nikel er først og fremst belastet av de diffuse utslippene i lav høyde og ikke av skorsteinsutslippene.

Sammenliknet med gjennomsnittskonsentrasjonene vinteren 1995/96 var konsentrasjonene litt høyere vinteren 1996/97 ved Maajavri og i Svanvik. I Nikel var middelkonsentrasjonen en del høyere vinteren 1996/97 ($76 \mu\text{g}/\text{m}^3$) enn vinteren 1995/96 ($42 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Middelerdien i Nikel vinteren 1996/97 var den høyeste som er målt til nå vinterstid siden målingene startet i 1991. Ved Maajavri har flere vintre hatt høyere middelerdier enn vinteren 1996/97.

Den høyeste døgnmiddelerdien i Svanvik vinteren 1996/97 var $187 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Det var tre døgnmiddelerdier over $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelerdi av SO₂. Stasjonene på russisk side hadde imidlertid betydelig flere verdier over $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ enn Svanvik, og de hadde også betydelig høyere maksimal døgnmiddelerdi. Den høyeste døgnmiddelerdien i Nikel var hele $1\,667 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er 19 ganger høyere enn det norske anbefalte luftkvalitetskriteriet på $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabell 9: Sammenheng av målinger av SO_2 med kontinuerlig registrerende instrumenter i Svanvik, Maajavri og Nikel i perioden oktober 1996-mars 1997 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Stasjon og måned	Månedsmiddel	Høyeste døgnmiddel	Antall døgns-obs	Antall døgnmidler			Høyeste time-middel	Antall time-obs	Antall timeverdier			
				>50	>90	>300			>100	>350	>700	>1000
Svanvik												
Oktober	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
November	2,1	25	30	0	0	0	109	715	2	0	0	0
Desember	6,1	38	31	0	0	0	124	738	8	0	0	0
Januar	5,3	38	31	0	0	0	106	734	2	0	0	0
Februar	12,3	69	28	3	0	0	394	664	14	2	0	0
Mars	21,9	187	31	3	3	0	560	736	49	7	0	0
Okt. 96-mars 97	9,4	187	151	6	3	0	560	3 587	75	9	0	0
Maajavri												
Oktober	67,7	332	30	14	7	1	1 532	702	112	46	14	14
November	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desember	89,0	563	14	4	4	1	1 061	312	51	37	11	11
Januar	110,5	383	21	11	9	4	1 210	513	120	69	22	22
Februar	76,2	614	26	12	7	1	2 282	613	102	35	14	14
Mars	52,7	290	29	9	6	0	1 374	671	82	32	14	14
Okt. 96-mars 97	75,9	614	120	50	33	7	2 282	2 811	467	219	75	75
Nikel												
Oktober	19,6	251	31	4	3	0	1 650	706	30	10	3	3
November	32,1	213	30	8	4	0	2 031	715	50	15	6	6
Desember	89,2	781	23	8	8	2	2 465	550	107	25	15	15
Januar	8,2	31	12	0	0	0	109	267	1	0	0	0
Februar	98,6	424	28	11	11	3	2 595	640	114	56	25	25
Mars	144,3	1 667	31	9	8	5	3 486	705	120	78	45	45
Okt. 96-mars 97	70,7	1 667	155	40	34	10	3 486	3 583	422	184	94	94

Den høyeste timemiddelverdien i Svanvik, $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ble målt 28. mars kl 12. Denne timen var det vind fra øst med styrke $3,9 \text{ m/s}$ i Svanvik, som tyder på at utslipp fra Nikel belastet stasjonen.

På russisk side ble den høyeste timemiddelverdien registrert i Nikel 19. mars kl 19. Verdien var på $3 486 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vindmålingene i Svanvik denne timen viste vind fra nordøst med midlere styrke $5,1 \text{ m/s}$. Vindretningen var rett fra verket i Nikel mot målestasjonen. Den høyeste timemiddelverdien i Nikel ble målt i en meget sterk forurensningsepisode som varte fra ettermiddagen 18. mars til ettermiddagen 20. mars. Døgnmiddelverdien 19. mars var hele $1 667 \mu\text{g}/\text{m}^3$, som er 19 ganger høyere enn SFTs anbefalte norske luftkvalitetskriterium på $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ved Maajavri ble den høyeste timemiddelverdien, $2 282 \mu\text{g}/\text{m}^3$, registrert 17. februar kl 11. Vindmåleren på Viksjøfjell viste vind fra sørvest med styrke 13 m/s . Utslippene fra Nikel var kilden til den høye konsentrasjonen ved Maajavri denne timen. Også noen timer før og etter dette tidspunktet var timemiddelkonsentrasjonene ved Maajavri til dels godt over $1 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Nikel hadde timemiddelverdier over Verdens helseorganisasjons foreslåtte grenseverdi på $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $5,1\%$ av timene med målinger. Tilsvarende tall for Maajavri var $7,8\%$. I Svanvik var det over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $0,3\%$ av tiden.

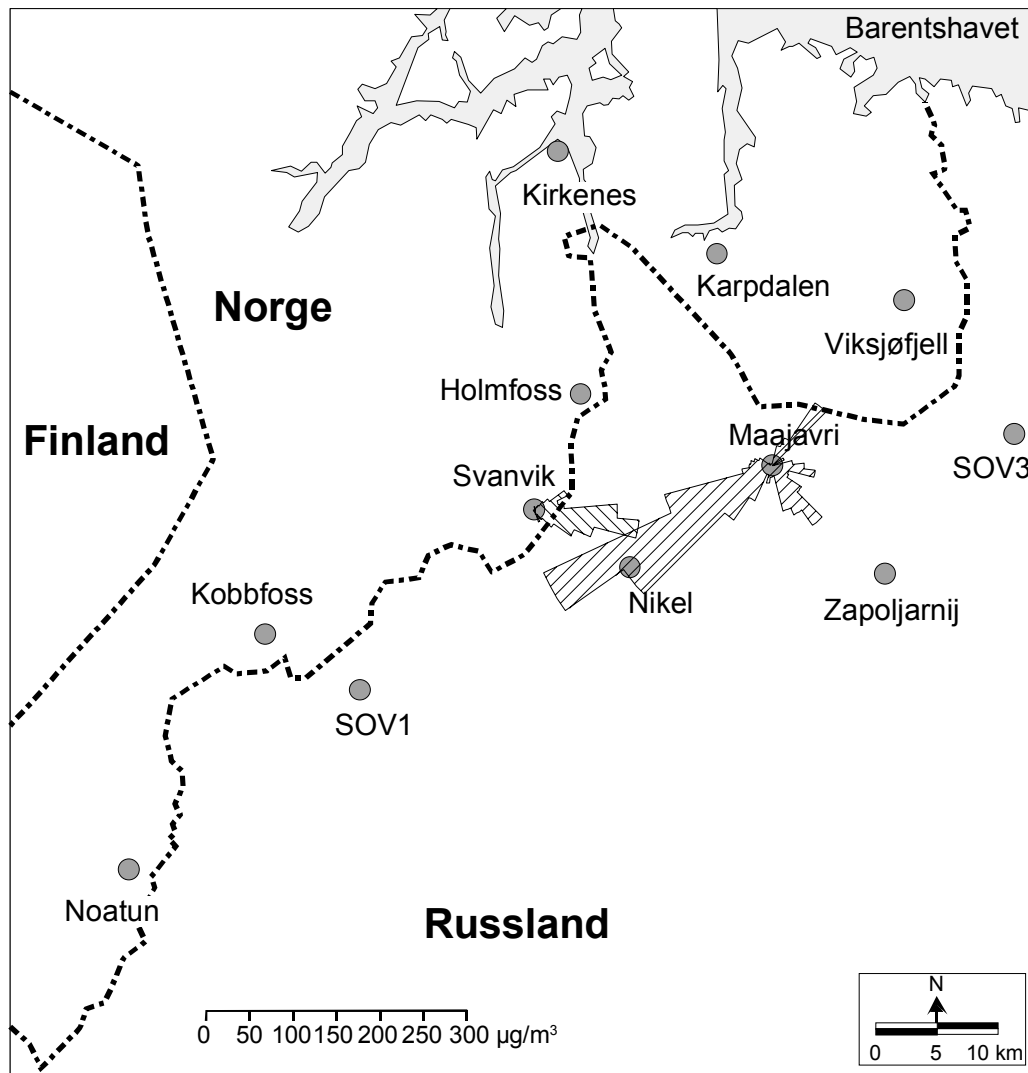
Sammenliknet med vinteren 1995/96 ble det målt høyere maksimale timemiddelverdier vinteren 1996/97 på alle tre stasjonene Svanvik, Maajavri og Nikel. Andelen timemiddelverdier over $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ var høyere vinteren 1996/97 ved Maajavri, lavere i Nikel og omtrent den samme i Svanvik i forhold til vinteren 1995/96.

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 den tidligere målestasjonen Viksjøfjell. Konsentrasjonen blir derfor høy når målestasjonene ligger i røykfanen, mens bare noen graders endring i vindretningen kan føre til at målestasjonene ikke blir eksponert. I lange perioder er stasjonene ikke eksponert, eller verdiene er lavere enn deteksjonsgrensen på $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Denne variasjonen i dataene vises klart i figurene i Vedlegg B.

Timemiddelverdiene av SO_2 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 middelveiden $9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for perioden oktober 1996-mars 1997. Vind i 10° -sektoren 100° (østlig vind) ga den høyeste middelkonsentrasjonen med $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, se Figur 3. Ved vind i en bred sektor fra sørøst over vest til nord-nordøst var konsentrasjonene betydelig lavere enn ved vind fra nordøstlig til sørøstlig kant.

Maajavri hadde en middelkonsentrasjon på $207\text{-}289 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ved vind fra Nikel (omkring 230° og 240°). Det var også forhøyete konsentrasjoner ved vind fra Zapoljarnij (omkring $130^\circ\text{-}160^\circ$). Ved vind i en bred sektor fra vest over nord til øst ble det målt lave konsentrasjoner. Vinddata fra Viksjøfjell er benyttet ved denne vurderingen.



Figur 3: Middelkonsentrasjoner av SO_2 for Svanvik og Maajavri i 36 vindsektorer i perioden oktober 1996-mars 1997 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

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° ($739 \mu\text{g}/\text{m}^3$). 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 4: Middelkonsentrasjoner av SO_2 i Nikel (samme skala som i Figur 3) i 36 vindsektorer i perioden oktober 1996-mars 1997 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.2.2 Trendanalyse for SO_2

SO_2 -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 10 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, monitører, hvor verdiene logges kontinuerlig og midles til timemiddelverdier. Noen stasjoner har i perioder hatt begge typer prøvetakere.

Tabell 10: Oversikt over SO₂-målinger i grenseområdene med døgnprøvetakere (døgnmiddelverdier) og med kontinuerlig registrerende monitorer (timemiddelverdier) i perioden 1974-1997. Døgnprøvetaking i Svanvik, Holmfoss og Karpdalen ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95. Døgnprøvetaking i Kirkenes ble avsluttet 1.5.1996, og timeprøvetaking på Viksjøfjell ble avsluttet 1.8.1996

Målested	Prøve- takingstid	'74	'75	'76	'77	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97
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																								

Døgnprøvetaking ble avsluttet i Svanvik, Holmfoss og Karpdalen ved årsskiftet 1994/95 og i Kirkenes 1.5.1996. Det benyttes monitører (timemiddelverdier) i Svanvik, på Maajavri og i Nikel. Bortsett fra Maajavri overføres SO₂-dataene daglig til NILU på telenettet. Stasjonen på Viksjøfjell ble nedlagt 1.8.1996. Denne stasjonen hadde monitor.

For Svanvik, Maajavri og Nikel er det gjort en statistisk analyse av SO₂-verdiene for vinterhalvåret (oktober-mars) i de årene måledata foreligger fra 1988/89. Det er utarbeidet statistikk både på grunnlag av timemiddelverdier og på grunnlag av døgnmiddelverdier beregnet av 24 timemiddelverdier. For hvert vinterhalvår er følgende statistiske parametre bestemt:

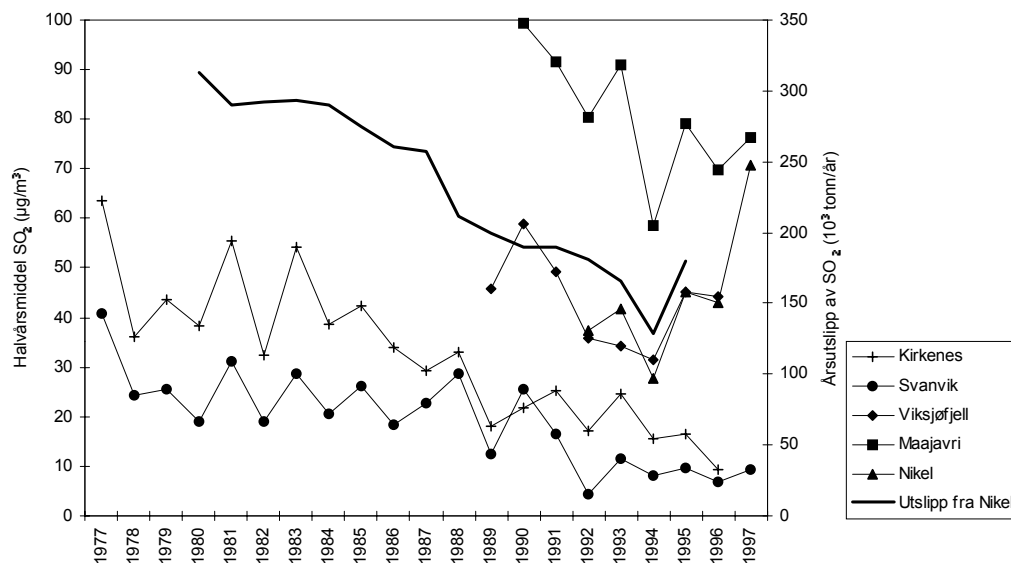
- maksimum : høyeste time/døgnmiddelverdi.
- 98-prosentil : 98 prosent av time/døgnmiddelverdiene er lavere enn denne verdien.
- aritmetisk middelverdi : gjennomsnittsverdi.
- median : 50 prosent av time/døgnmiddelverdiene er lavere enn denne verdien. Medianen er vanligvis noe lavere enn den aritmetiske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

Resultatene av de statistiske analysene for SO₂ er vist i Figur 5-Figur 7. Figur 5 viser aritmetiske middelverdier i vinterhalvåret for perioden 1977-1997. I denne figuren er også Viksjøfjell og de tidligere stasjonene med døgnprøvetaking i Kirkenes og Svanvik tatt med. Figur 6 og Figur 7 gir trend for de statistiske parametrene som er nevnt ovenfor på de tre nåværende stasjonene med målte timemiddelverdier. For disse stasjonene er det også beregnet tilsvarende statistikk på grunnlag av beregnede døgnmiddelverdier fra timemiddelverdiene.

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). Tallene for 1994 og 1995 er foreløpig uoffisielle tall. Figuren viser at de målte vintermiddelverdiene av SO₂ også er redusert i samme periode. Verdiene varierer imidlertid en del fra år til år, som ikke bare skyldes endret utslipp, men også forskjeller i spredningsforholdene. Viktige parametre er hvor ofte vinden blåser fra Nikel mot målestedet, vindstyrken og den termiske turbulensen (stabiliteten i lufta). I Svanvik er det midlere SO₂-nivået redusert i takt med utslippene fra Nikel. Også stasjonene med kortere måleserier viser en liknende tendens. I Kirkenes er også de lokale utslippene betydelig redusert i perioden 1977-1996.

De to russiske stasjonene, som er mest påvirket av utslippene fra Nikel, viste høyere middelverdier vinteren 1996/97 enn vinteren 1995/96, særlig i Nikel. Utslippstall fra Nikel for 1996 foreligger ennå ikke, og tallene for 1995 er ikke offisielt bekreftet. Det er derfor vanskelig å si om økningen skyldes økte utslipp. De meteorologiske spredningsforholdene synes imidlertid ikke å ha vært dårligere

vinteren 1996/97 enn vinteren 1995/96. Frekvensen av vind fra nikkilverket mot målestasjonen i Nikel var omtrent den samme de to vintrene.



Figur 5: Vintermiddelskonsentrasjoner (oktober-mars) av SO_2 i perioden 1977-1997 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Figuren viser også årlige utslipp av SO_2 fra smelteverket i Nikel i perioden 1980-1995 (10^3 tonn/år).

Figur 6 og Figur 7 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 middelværdi, 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 i Svanvik, ved Maajavri og i Nikel.

- **Svanvik** (Figur 6 og Figur 7)

Målingene i Svanvik har vist et relativt stabilt SO₂-nivå fram til slutten av 1980-årene, se Figur 5. Deretter har spesielt middel- og median-verdien vært lavere, mens den maksimale døgnmiddelverdien har variert mye fra år til år (Figur 6). Halvparten av tiden har døgnmiddelverdiene vært lavere eller lik 1 µg/m³ siden 1989.

Målinger av timemiddelverdier siden 1988/89 (Figur 7) viser maksimale verdier opp til 2 400 µg/m³ (1989/90). Vinteren 1996/97 var den høyeste timemiddelverdien 560 µg/m³. Verdens helseorganisasjons grenseverdi er 350 µg/m³. Middelverdien har variert relativt lite de fem siste vintrene og var 9 µg/m³ vinteren 1996/97.

- **Maajavri** (Figur 6 og Figur 7)

Maajavri på russisk side ligger ca. 17 km nordøst for Nikel og ca. 11 km nordvest for Zapoljarnij. Målingene viser tendens til fallende SO₂-nivå fram til vinteren 1993/94. De siste årene har middelverdien vært litt lavere enn i begynnelsen av 1990-årene. De høyeste døgn- og timemiddelverdiene til nå ble målt vinteren 1989/90 til henholdsvis vel 1 100 µg/m³ og knapt 3000 µg/m³.

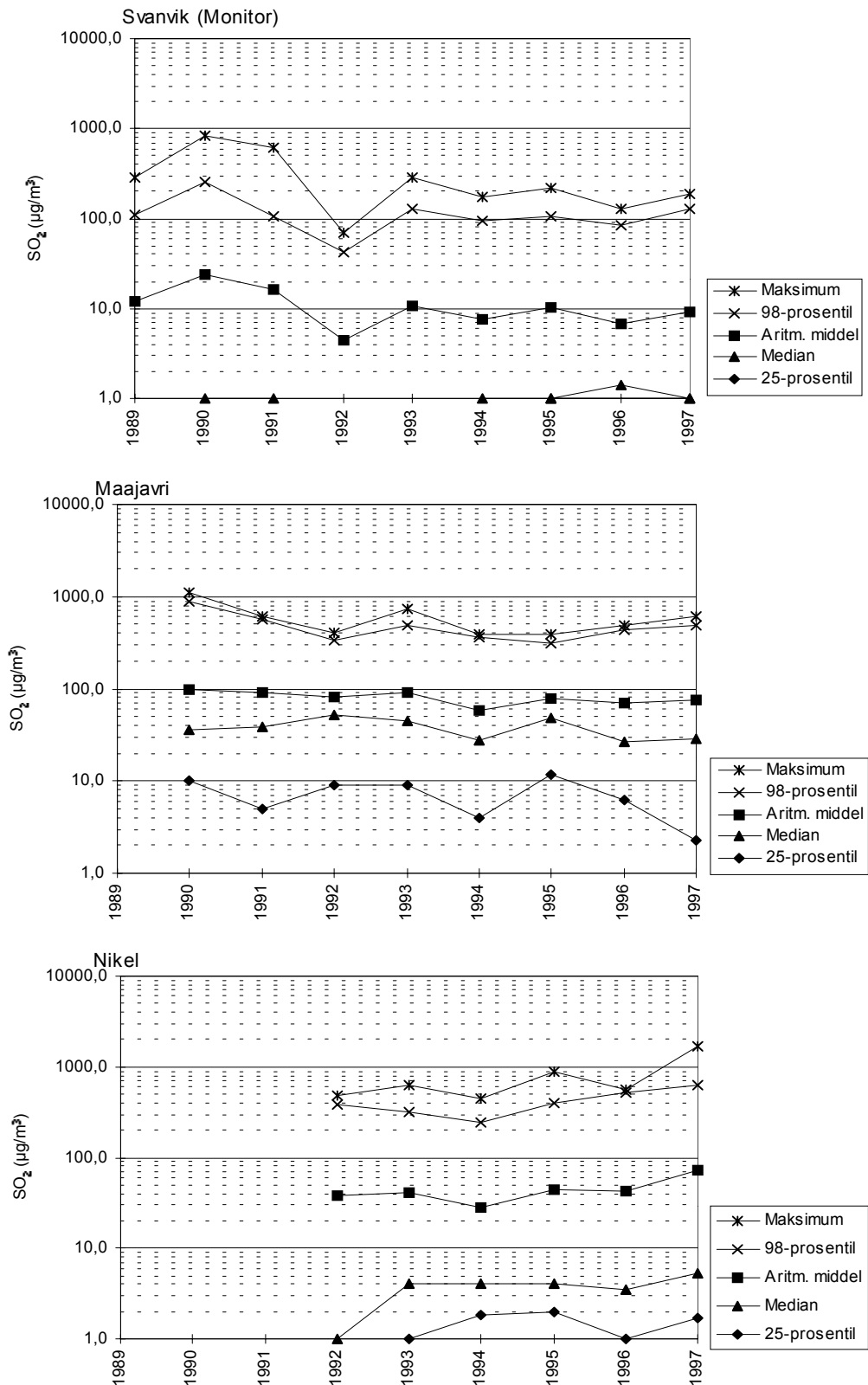
- **Nikel** (Figur 6 og Figur 7)

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.

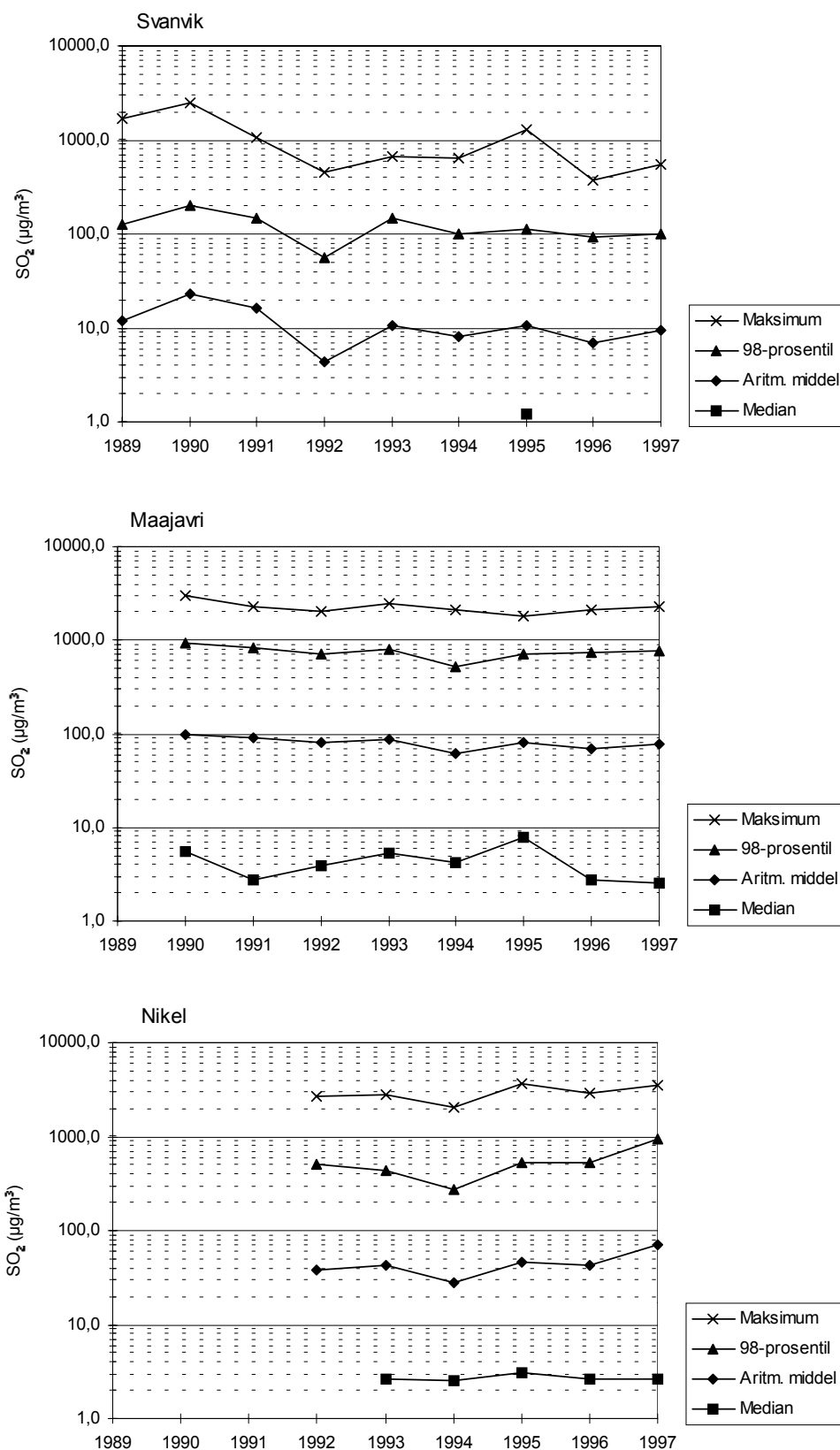
Målingene i Nikel startet først i 1991. Vinteren 1996/97 viste den høyeste middelverdien til nå med 71 µg/m³, mens den laveste verdien ble målt i 1993/94 (28 µg/m³). Vinteren 1996/97 hadde også den høyeste døgnmiddelverdien til nå med 1 667 µg/m³. Den høyeste timemiddelverdien ble målt i 1994/95 med 3 700 µg/m³.

Stasjonen i Nikel påvirkes ved nordøstlig vind, som vanligvis ikke forekommer så ofte om vinteren som om sommeren. Middelkonsentrasjonen av SO₂ er derfor vanligvis høyere om sommeren enn om vinteren.

Samlet sett viser Figur 5-Figur 7 redusert SO₂-forurensning i Sør-Varanger fra slutten av 1970-årene fram til 1994. Nedgangen er i takt med reduksjonene i utslippene fra smelteverket i Nikel. De tre siste årene har det midlere SO₂-nivået variert relativt lite i Svanvik og ved Maajavri, mens det har vært noe økning i Nikel, særlig vinteren 1996/97. Foreløpige utslippstall for 1995 viser en økning fra 1994. For 1996 og 1997 foreligger det ingen utslippstall fra nikkilverkene.



Figur 6: Døgnmiddelkonsentrasjoner av SO_2 beregnet fra timemiddelkonsentrasjoner i vinterhalvåret (oktober-mars) i Svanvik, Maajavri og Nikel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Trend for utvalgte statistiske parametre.



Figur 7: Timemiddelkonsentrasjoner av SO_2 i vinterhalvåret (oktober-mars) i Svanvik, Maajavri og Nikel ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Trend for utvalgte statistiske parametre.

4.3 Nedbørkvalitet

Nedbørkvalitet er målt på to stasjoner på norsk side i vinterhalvåret 1996/97, 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-Tabell 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. Tungmetallanalysene fra nedbørprøvene i Karpdalen ble avsluttet ved årsskiftet 1995/96.

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

Sammenliknet med vinteren 1995/96 var det både høyere pH og høyere middelkonsentrasjoner av SO_4 , NH_4 , NO_3 , Mg, Ca og K i nedbøren i Svanvik vinteren 1996/97. Middelkonsentrasjonene av Na og Cl var lavere vinteren 1996/97 enn vinteren 1995/96.

Tabell 11: Månedso- og halvårsmiddelverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i Svanvik vinteren 1996/97.

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	29,8	21,01	4,53	0,42	0,39	0,51	0,58	0,12	1,09	0,38	0,23	0,79	0,05	5,73	7,85	0,47	9,41	0,29	0,21
November	30,3	11,72	4,99	0,47	0,22	0,25	0,14	0,24	0,30	0,38	0,03	0,77	0,06	2,97	14,88	1,31	20,64	0,51	0,10
Desember	31,0	27,55	5,12	0,46	0,21	0,16	3,01	0,40	6,49	0,19	0,12	1,20	0,03	2,24	4,82	0,57	9,34	0,16	0,11
Januar	19,0	19,37	5,08	0,34	0,26	0,18	1,85	0,27	3,62	0,12	0,07	0,38	1,02	1,29	5,04	0,22	4,07	0,15	0,10
Februar	28,1	14,43	4,96	0,37	0,17	0,14	0,98	0,18	1,85	0,15	0,04	0,71	0,08	2,43	7,48	1,03	15,18	0,30	0,12
Mars	10,6	33,32	4,74	0,81	0,30	0,10	3,54	0,50	7,62	0,35	0,14	1,64	0,09	5,60	12,65	1,45	20,09	0,48	0,17
Okt. 1996-mars 1997	148,6	19,90	4,85	0,44	0,25	0,24	1,43	0,26	2,95	0,26	0,10	0,88	0,15	3,40	8,63	0,81	12,95	0,31	0,14
Okt. 1995-mars 1996	168,7	21,78	4,80	0,33	0,17	0,09	1,68	0,23	3,01	0,12	0,09	0,85	0,09	3,18	10,99	1,54	15,73	0,36	0,21

Tabell 12: Månedso- og halvårsmiddelverdier av nedbørmengde, ledningsevne, pH og elementer i nedbør i Karpdalen vinteren 1996/97.

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
Oktober	32,0	30,17	4,43	0,69	0,11	0,15	1,75	0,24	3,13	0,18	0,18
November	24,2	36,57	4,12	1,28	0,13	0,29	0,53	0,08	0,88	0,12	0,15
Desember	43,5	42,25	4,79	0,69	0,15	0,19	4,85	0,59	9,68	0,25	0,26
Januar	22,5	40,51	4,89	0,67	0,12	0,12	4,76	0,56	10,48	0,27	0,23
Februar	20,7	33,24	4,95	0,61	0,22	0,14	3,78	0,46	8,61	0,20	0,18
Mars	22,8	53,24	4,46	1,12	0,17	0,11	5,02	0,61	10,17	0,25	0,25
Okt. 1996-mars 1997	165,6	39,23	4,51	0,82	0,15	0,17	3,49	0,43	7,15	0,21	0,21
Okt. 1995-mars 1996	196,2	44,37	4,71	0,36	0,15	0,18	4,79	0,61	8,12	0,54	0,27

I Karpdalen var det høyere middelkonsentrasjon av sulfat og ingen endring for ammonium vinteren 1996/97 i forhold til vinteren 1995/96. For de øvrige komponentene var det lavere middelkonsentrasjoner vinteren 1996/97.

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

Vinteren 1996/97 var konsentrasjonene av Ni, Cu, Co, As og Cr noe lavere enn vinteren 1995/96 i Svanvik, mens konsentrasjonen av Cd var noe høyere. For Pb og Zn var det liten endring fra vinteren 1995/96 til vinteren 1996/97.

Tungmetallene Pb, Cd og Zn analyseres rutinemessig i nedbøren på norske bakgrunnsstasjoner under Statlig program for forurensningsovervåking. Konsentrasjonen av bly i Svanvik vinteren 1996/97 var lavere enn det en vanligvis finner i Sør-Norge (SFT, 1997), mens konsentrasjonen av Cd var høyere. Konsentrasjonen av Zn var på samme nivå eller litt lavere enn konsentrasjonen på Sørlandet og Østlandet, men høyere enn i resten av landet.

Det er også beregnet avsetning med nedbøren av de forskjellige elementene for vinterhalvåret 1996/97. Resultatene er vist i Tabell 13 sammen med avsetningstall fra tidligere vinterhalvår.

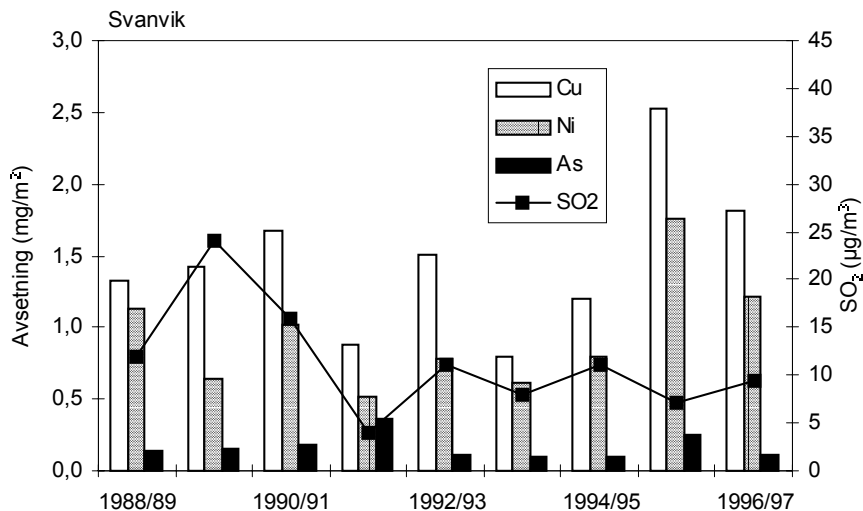
Tabellen viser at Karpdalen hadde størst avsetning av de fleste hovedkomponentene vinteren 1996/97. Svanvik hadde størst avsetning av ammonium, nitrat og kalsium. I forhold til vinteren 1995/96 hadde Karpdalen økt avsetning av H^+ og SO_4 vinteren 1996/97, mens Svanvik hadde økt avsetning av ammonium, nitrat og kalsium.

Avsetningen av alle tungmetallene unntatt Cd var lavere vinteren 1996/97 enn vinteren 1995/96 i Svanvik. For Cd var det ingen endring.

Avsetningen med nedbør av Cu, Ni og As i Svanvik for vinterhalvårene fra 1988/89 til 1996/97 er vist i Figur 8 sammen med halvårsmiddelkonsentrasjonene av SO_2 . Figuren indikerer at avsetningen av metallene og SO_2 -konsentrasjonen har variert i takt fram til 1994/95. De to siste vintrene har avsetningen av Cu og Ni økt, mens SO_2 -konsentrasjonen har endret seg lite.

Tabell 13: Avsetning av elementer med nedbør i vinterhalvårene fra 1988/89 til 1996/97.
(Tungmetaller i Karpdalen analysert siste gang i 1995)

Stasjon	Ar	H ⁺ µekv/m ²	Total SO ₄ mg S/m ²	Sjøsalikkorr. 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
	1995/96	3 812	148	71	29	35	940	120	1 593	106	53								
	1996/97	5 061	136	88	24	28	578	71	1 184	35	35								
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	0,02
	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
	1995/96	2 694	79	56	29	15	283	39	508	20	15	0,14	0,02	0,51	1,76	0,25	2,52	0,06	0,03
	1996/97	2 093	66	48	38	36	212	39	438	39	15	0,12	0,02	0,48	1,21	0,11	1,82	0,04	0,02



Figur 8: Avsetning med nedbør av Cu, Ni og As (mg/m²) i vinterhalvårene fra 1988/89 til 1996/97 i Svanvik sammen med halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ (µg/m³).

5. Modellberegninger av SO₂

Som et bidrag til den rutinemessige overvåkingen av luftkvaliteten i grenseområdene mellom Norge og Russland er det foretatt 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. Eventuelle endringer i utslippene vil avspeile seg som avvik mellom målte og beregnede konsentrasjoner i målepunktene. Det ligger naturligvis usikkerheter i modellberegningene, men disse tas det hensyn til i vurderingene.

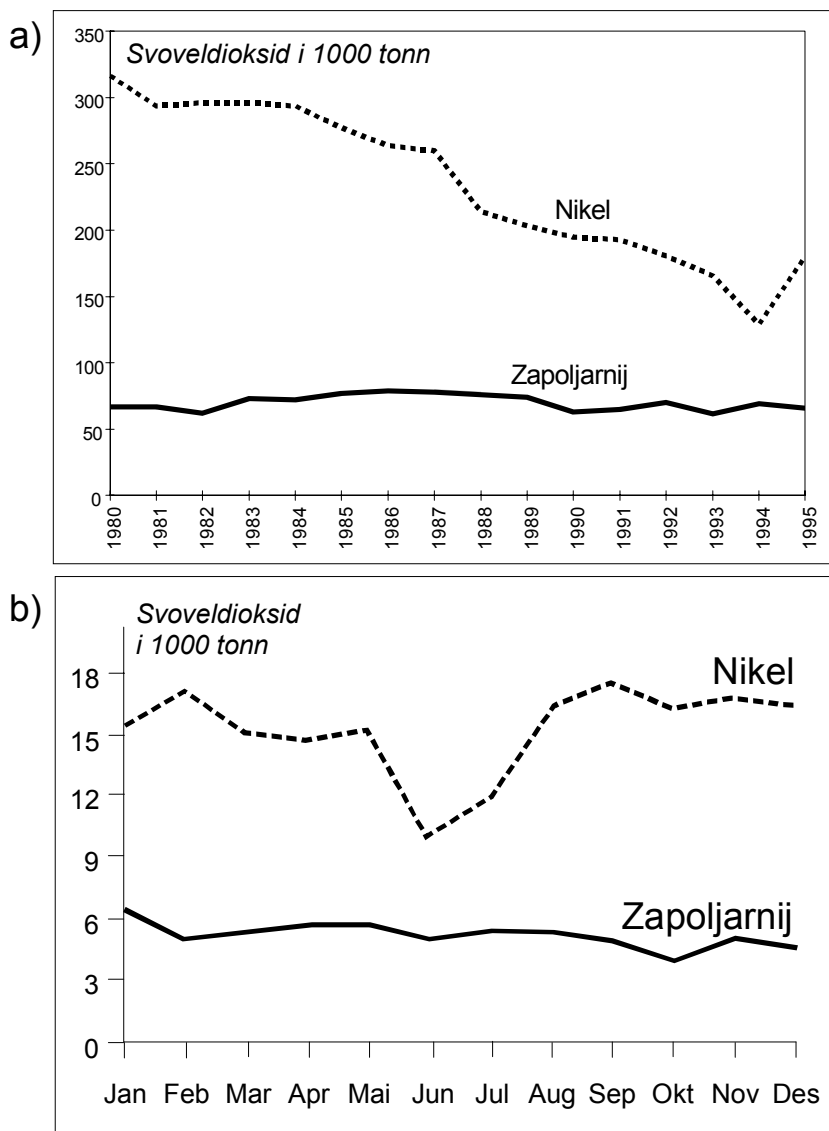
5.1 Utslippsdata

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). AS Sydvaranger hadde normal drift i perioden 14. oktober t.o.m. 17. desember 1996, som var siste dag for pelletsproduksjon i Kirkenes. SO₂-utslipp fra den siste produksjonsperioden er inkludert i beregningene. Etter nedleggelsen av AS Sydvaranger er det nå ikke utslipp av betydning i Kirkenes.

Totalutslippene fra Nikel og Zapoljarnij i perioden 1980-1995 er presentert i Figur 9a. Figuren viser at utslippene fra Nikel har avtatt, mens utslippene fra Zapoljarnij har holdt seg forholdsvis konstant i perioden. Figur 9b viser variasjonen over året for Nikel og Zapoljarnij i 1990.

Tabell 14: Maksimale utslipp av SO₂ fra industrielle kilder i Nikel, Zapoljarnij og Kirkenes i 1989. Fra 1997 er utslippet i Kirkenes borte.

Kilde nr.	Utslipp av SO ₂ (g/s)	Skorsteins-høyde (m)	Temperatur (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 9: a) Samlet årsutslipp av svoveldioksid fra Nikel og Zapoljarnij for perioden 1980-1995 (1000 tonn /år).
b) Utslipp fordelt på måneder for Nikel og Zapoljarnij for 1990.

For å fremskaffe utslippsdata for vinterhalvåret 1996/97 er utslippene for de enkelte kildene (1989) i Tabell 14 skalert i forhold til totalutslippet fra 1993, som er det siste året med **offisielle** 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 (Figur 9b). SO₂-utslippene fra AS Sydvaranger i Kirkenes i den siste produksjonsperioden er inkludert i beregningene.

Det er til dels store usikkerheter i utslippsdataene fra de russiske verkene. Utslippstallene for beregningsperioden er basert på estimer, og den månedsvise fordelingen gitt av Ryaboshapko i Figur 9b er basert på uoffisielle tall fra smelteverkene.

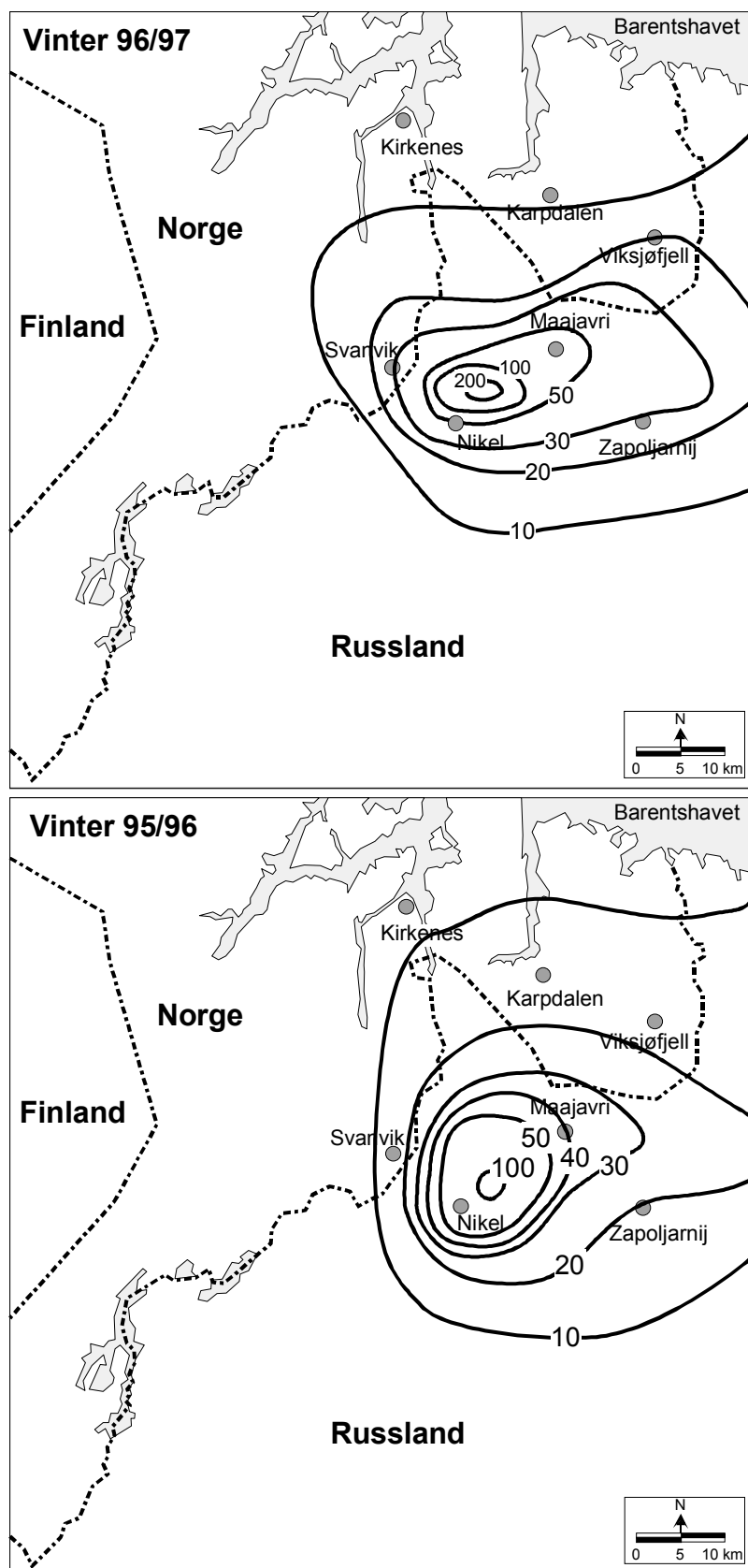
5.2 Langtidsmiddelkonsentrasjoner

NILUs gaussiske spredningsmodell CONDEP (Böhler, 1987) er benyttet for å beregne konsentrasjonsfordelinger av SO_2 midlet over måned og halvår som resultat av utslipp fra smelteverkene i grenseområdene. 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 10 viser beregnede middelkonsentrasjoner av SO_2 for vinterhalvåret 1996/97 (oktober-mars), og tilsvarende beregninger for vinterhalvåret 1995/96. Konsentrasjonsfordelingen viser at de høyeste bakkekonsentrasjonene forekom på russisk side av grensen i begge periodene. Området med de høyeste konsentrasjonene ble for vinterhalvåret 1996/97 beregnet å forekomme ca. 5 km nordøst for Nikel. Halvårskonsentrasjoner over $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ forekom i et område på ca. 3 km^2 nordøst for Nikel. Vinteren 1995/96 ble de høyeste konsentrasjonene beregnet i overkant av $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, også nordøst for Nikel. Dette gjenspeiler at de samme meteorologiske forhold (vindretning) dominerte i de respektive periodene. De mest belastede områdene i Norge ble estimert å forekomme mellom Svanvik og Holmfoss og i området nær den russiske grensen mellom Karpdalen og Viksjøfjell. Bakkekonsentrasjonene av svoveldioksid ble her beregnet å være $10\text{--}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. I 1995/96 var konsentrasjonen øst for Svanvik og Holmfoss beregnet til å være $10\text{--}20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De mest belastede områdene nord for Nikelverkene på norsk side hadde da beregnede SO_2 -konsentrasjoner opp mot $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ($10\text{--}35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) rett nord for den norsk-russiske grensen.



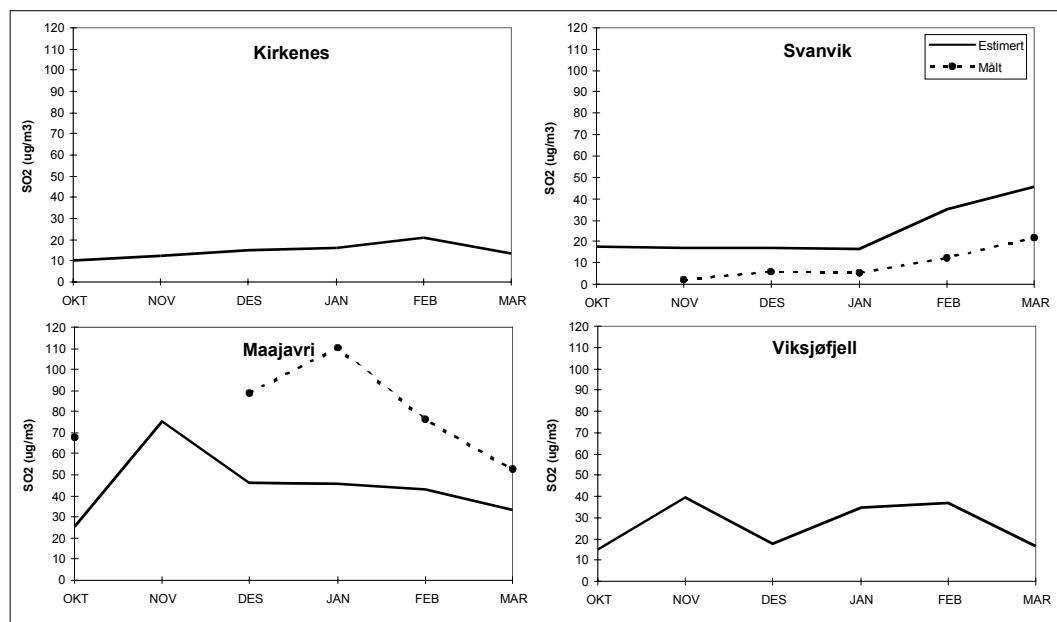
Figur 10: Beregnete halvårsmiddelkonsentrasjoner av SO₂ i grenseområdene for vinterhalvåret 1996/97 (µg/m³) sammenliknet med tilsvarende beregninger for vinterhalvåret 1995/96.

Dette gjenspeiler igjen dominerende vindretning. Sammenliknet med 1995/96 var maksimumssonene i 1996/97 litt lengre mot sørvest, som gjør at området omkring Svanvik og Holmfoss ble noe mer belastet i 1996/97, mens området mellom Karpdalen og Viksjøfjell mot grensen ble litt mindre belastet i 1996/97 sammenliknet med 1995/96.

5.3 Vurdering av beregningsresultatene

Det er også utført beregninger av månedsmiddelkonsentrasjoner av SO₂. 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 11 viser månedsvise resultater fra modellberegningene, samt målte konsentrasjoner på stasjonene Svanvik og Maajavri.



Figur 11: Målte og beregnede månedsmiddelkonsentrasjoner (oktober 1996-mars 1997) av svoveldioksid på de respektive stasjonene (µg/m³).

Datagrunnlaget for dette vinterhalvåret er imidlertid litt dårligere enn tidligere halvår, da det i år ikke er gjennomført målinger i Kirkenes og på Viksjøfjell. I Maajavri er det ikke utført luftkvalitetsmålinger i november, mens Svanvik ikke hadde målinger i oktober.

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

De beregnete verdiene for Svanvik er høyere enn de målte for månedene november-mars. Vinteren 1995/96 var det bedre overensstemmelse mellom målte og beregnete verdier enn vinteren 1996/97 for Svanvik.

Modellbeskrivelsen av spredning av utslipp fra lave skorsteiner fra Nikel mot Svanvik er antagelig mer usikker enn spredningen fra de høye skorsteinene mot Maajavri. Denne vindretningen har relativt lav forekomst, og vindstyrken er vanligvis relativt lav. Det er derfor grunn til å legge mest vekt på beregningsresultatene for Maajavri, som kan tyde på høyere utslipp i 1996/97 enn de offisielle utslippstallene for 1993.

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. SO₂-instrumentene er kontinuerlig registrerende og har utstyr for lagring av data. Fra flere av stasjonene overføres dataene på telenettet daglig.

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 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. Imidlertid ble måleprogrammet i Norge likevel ytterligere redusert i 1996. Døgnprøvetaking av SO₂ i Kirkenes ble avsluttet 1.5.1996, mens kontinuerlig registrerende målinger av SO₂ på Viksjøfjell ble avsluttet 1.8.1996. Svevestøvprøvetaking på Viksjøfjell og i Nikel ble avsluttet 1.5.1996. Tungmetallanalyser i nedbøren i Karpdalen ble avsluttet 1.1.1996.

Målestasjonen i Nikel ble knyttet til telenettet i august 1995. Telelinje til Maajavri ble bestilt i januar 1996 fra Kola Telekom, men er ennå ikke opprettet.

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 Sciences. Kola Science Centre. Institute of Northern Ecological Problems.
- Baklanov, A. and Rodyushkina, I.A. (1996) Investigation of local transport of pollutants in the atmosphere of the Kola Subarctic (in Russian). Russian Academy of Sciences. Kola Science Centre. Institute of Northern Ecological Problems.
- Bekkestad, T. og Berg, T. (1996) Tungmetallforurensning i grenseområdet Norge-Russland. Kjeller (NILU OR 70/96).
- Bekkestad, T., Johnsrud, M. og Walker, S.-E. (1996) Spredningsberegninger av SO₂ i Sør-Varanger 1. mai-25. oktober 1994. Kjeller (NILU OR 35/96).
- Bekkestad, T., Knudsen, S., Johnsrud, M. og Larsen, M. (1994) Modellberegninger av SO₂ og metallavsetning i grenseområdene Norge-Russland. Kjeller (NILU OR 66/94).
- Berg, T. C. (1996) Overvåking av radioaktivitet i Norge. Årsrapport 1995. Kjeller (NILU OR 46/96).
- Bruteig, I.E. (1984) Epifyttisk lav som indikator på luftforureining i Aust-Finnmark. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Trondheim.
- Böhler, 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).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B. og Johnsrud, M. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Tungmetaller i luft 1990-1995. Kjeller (NILU OR 28/96).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. og Bekkestad, T. (1996a) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1994-mars 1995. Kjeller (NILU OR 1/96).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. og Bekkestad, T. (1996b) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1995. Kjeller (NILU OR 40/96).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. og Bekkestad, T. (1996c) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1995-mars 1996. Kjeller (NILU OR 68/96).
- Hagen, L.O., Sivertsen, B., Arnesen, K. og Bekkestad, T. (1997) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1996. Kjeller (NILU OR 32/97).
- Henriksen, J.F., Mikhailov, A.A. and Mikhailovski, Y.N. (1992) Atmospheric Corrosion Tests Along the Norwegian-Russian Border. Lillestrøm (NILU OR 54/92).
- Henriksen, J.F. and Mikhailov, A.A. (1997) Atmospheric corrosion tests along the Norwegian-Russian border. Part II. Kjeller (NILU OR 37/97).
- Norton, S.A., Henriksen, A., Appelby, P.G., Ludwig, L.L, Vereault, D.V. and 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., Kvietskus, 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. (1996) Air Quality in the Barents Region - Local and regional scale air pollution problems. Presented at the 3rd International Barents Symposium, 12-15 September 1996, Kirkenes, Norway. Kjeller (NILU F 17/96).
- 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).

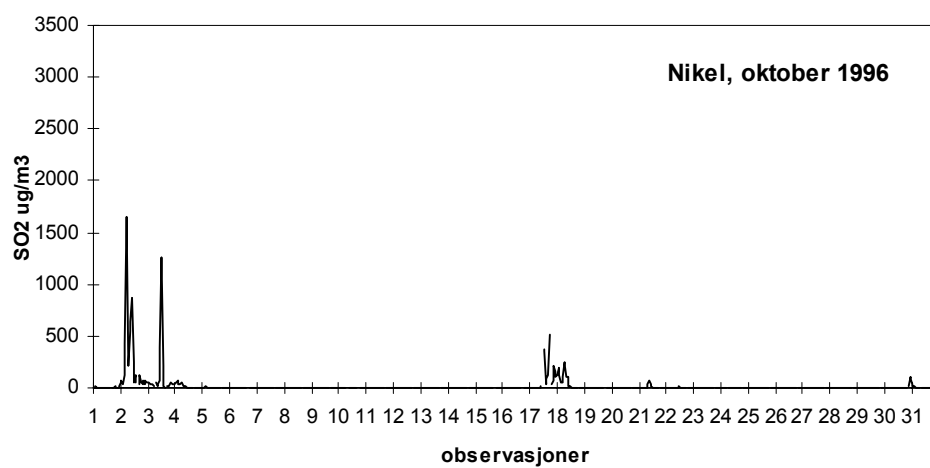
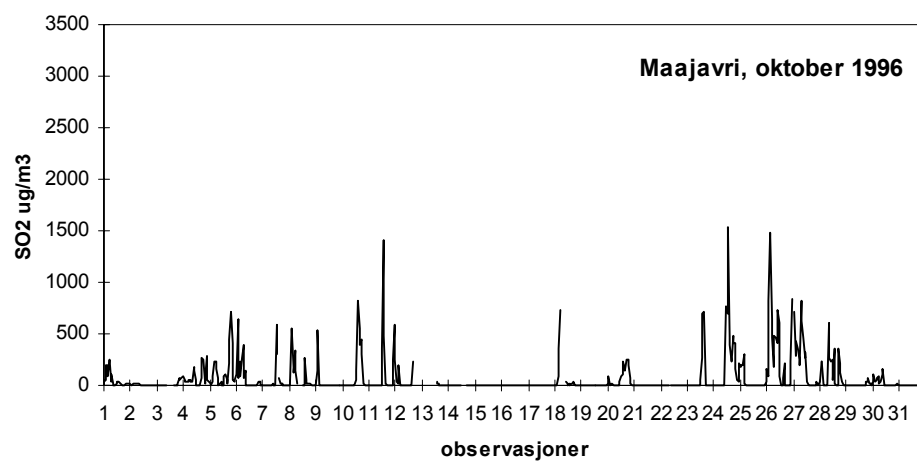
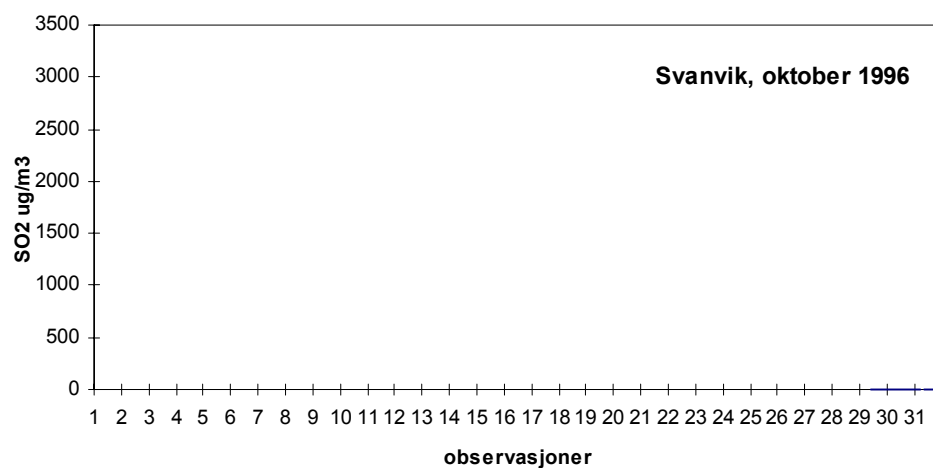
- Sivertsen, B. og Schjoldager, J. (1991) Luftforurensninger i Finnmark fylke. Lillestrøm (NILU OR 75/91).
- Sivertsen, T. (1991) Opptak av tungmetaller i dyr i Sør- Varanger. Trondheim Direktoratet for naturforvaltning. (Naturens tålegrenser. Fagrapport 22. DN-notat 1991-15).
- Statens forurensningstilsyn (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).
- Tørseth, K. og Manø, S. (1997) Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 1996. Kjeller (NILU OR 33/97) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 703/97).
- 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 forurensnings-skader 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. and 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).

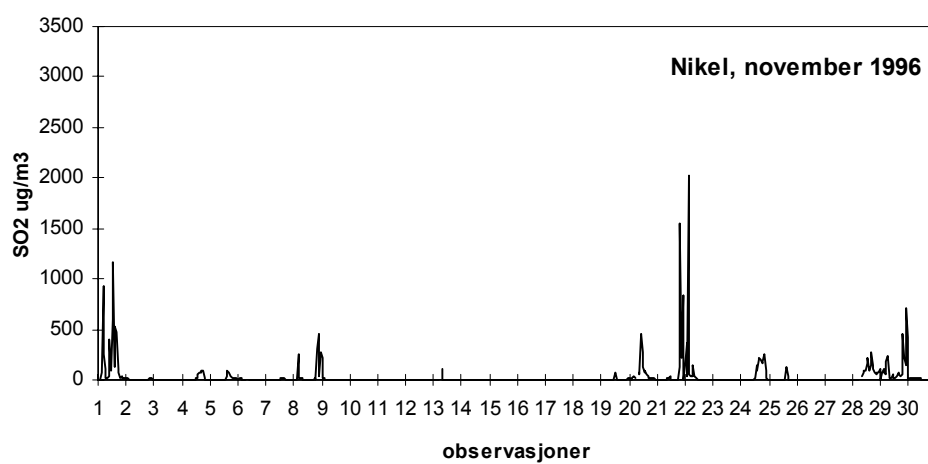
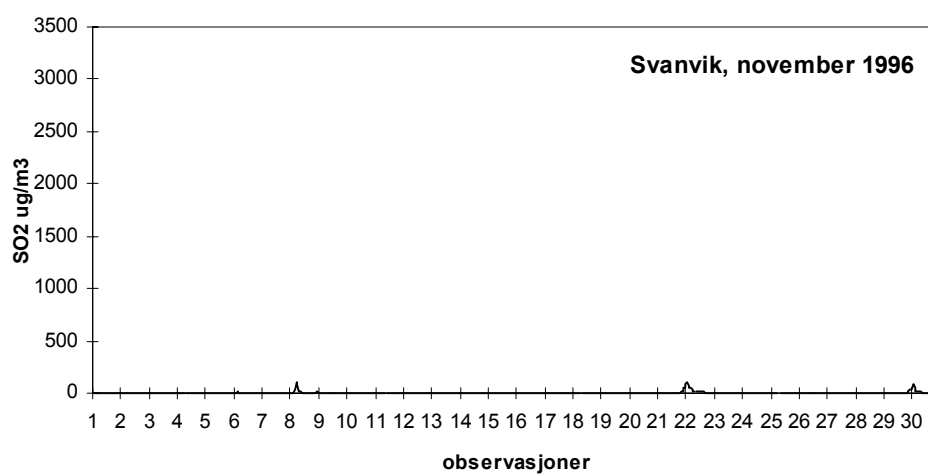
Vedlegg A

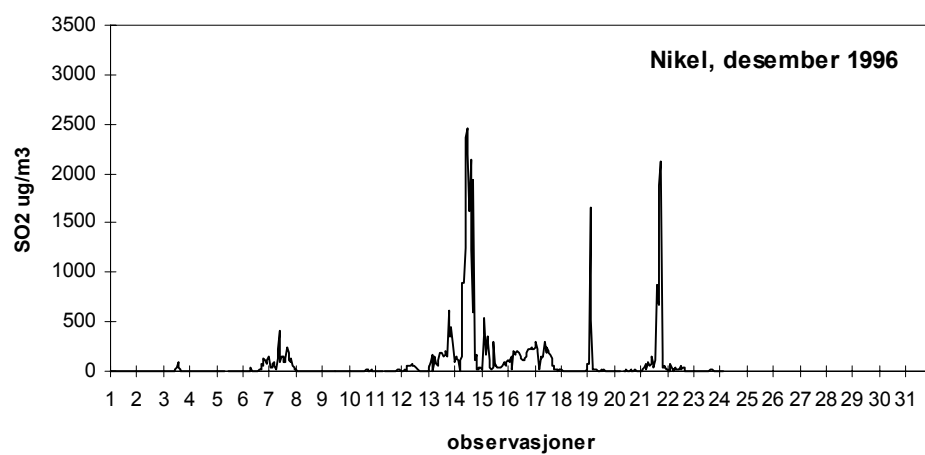
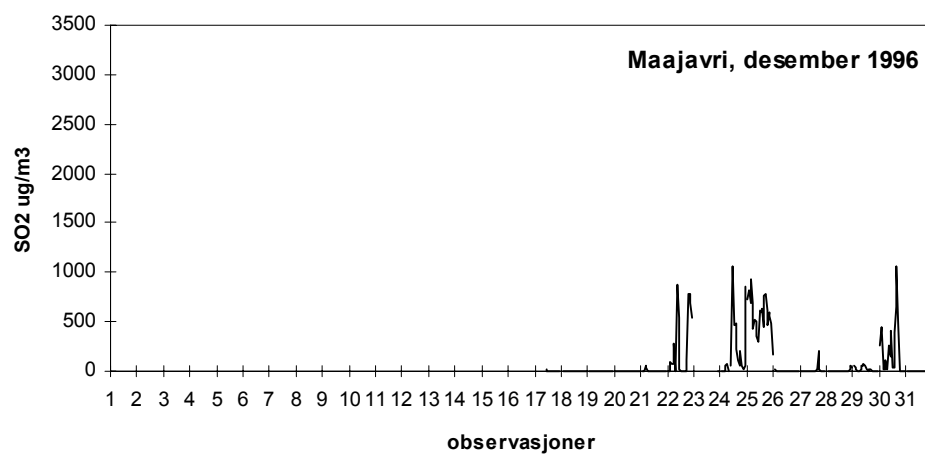
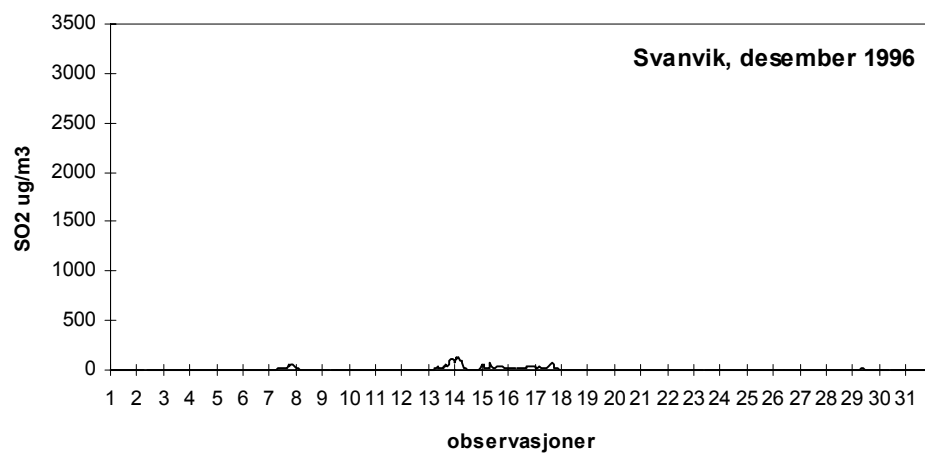
**Månedlige frekvensmatriser for vindretning,
vindstyrke og stabilitet fra Viksjøfjell og Svanvik
vinteren 1996/97**

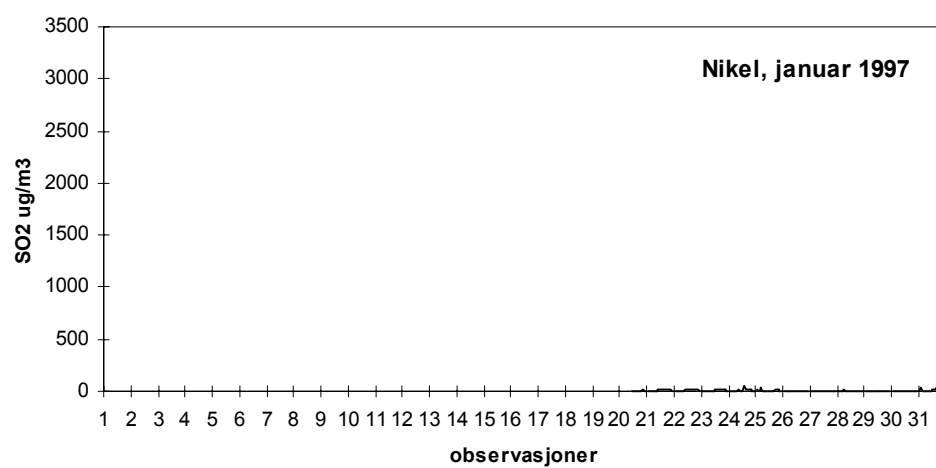
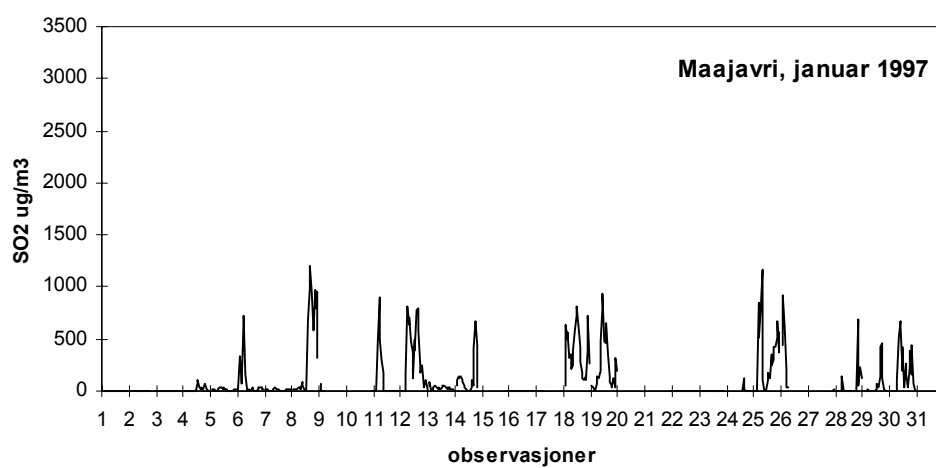
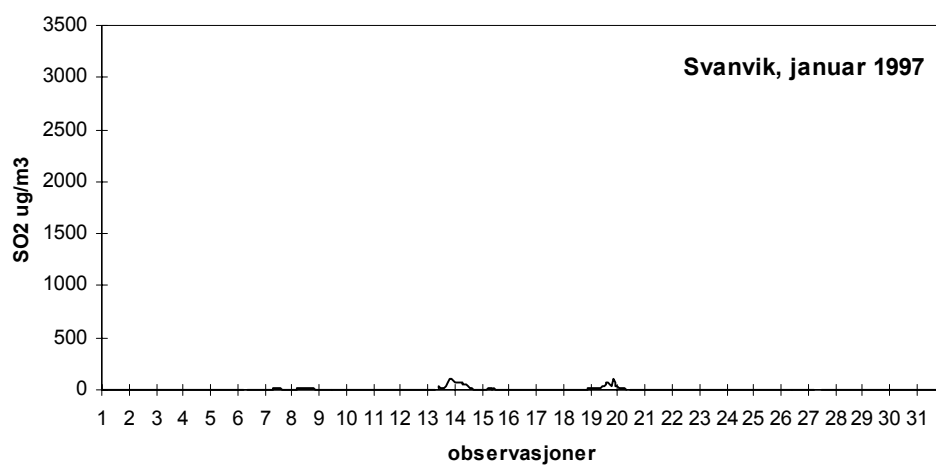
Vedlegg B

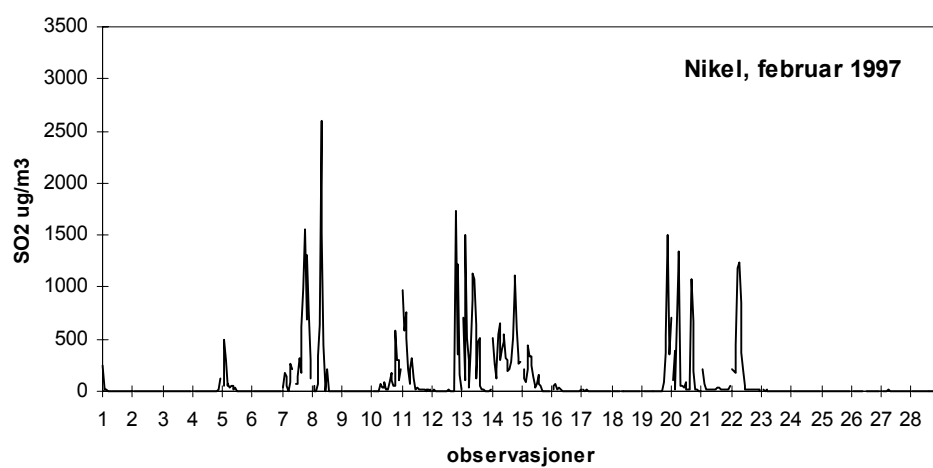
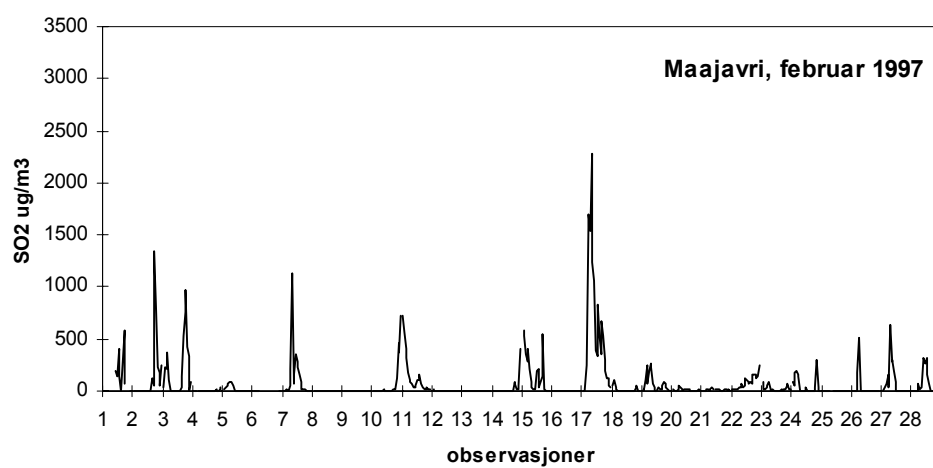
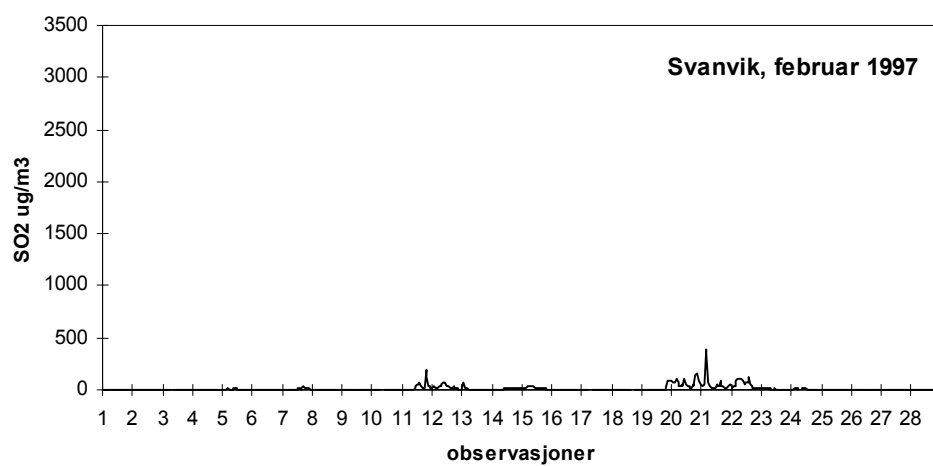
Plott av timemiddelverdier av SO₂

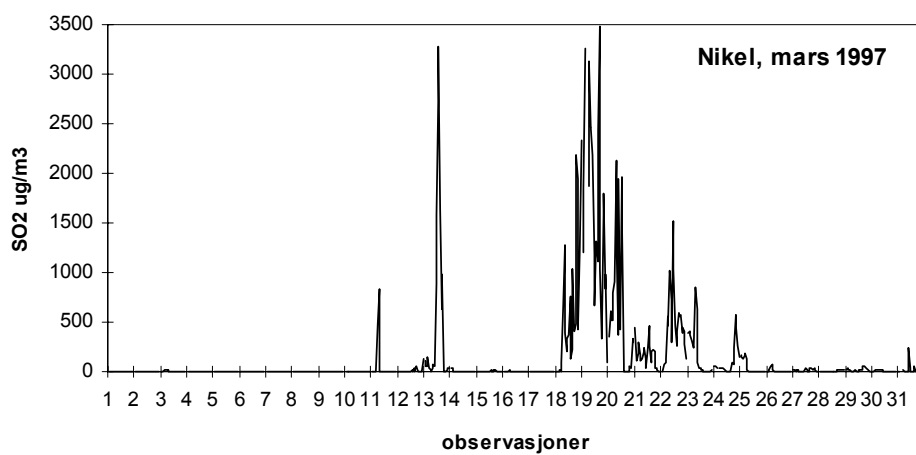
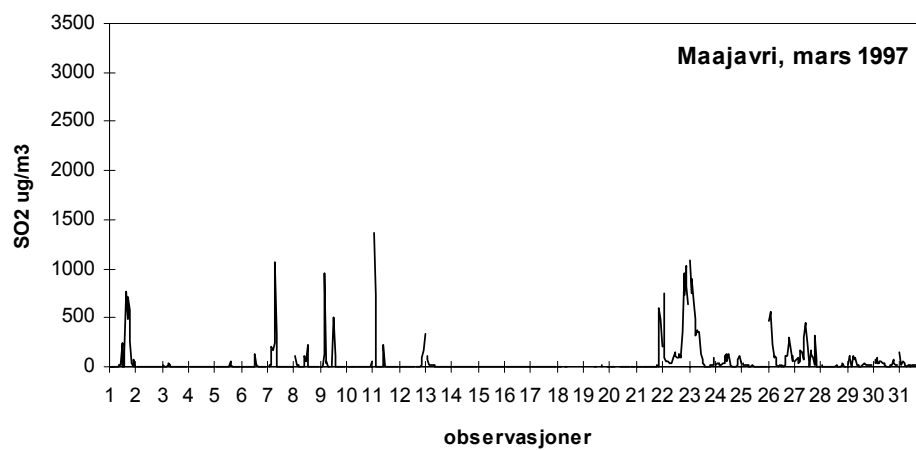
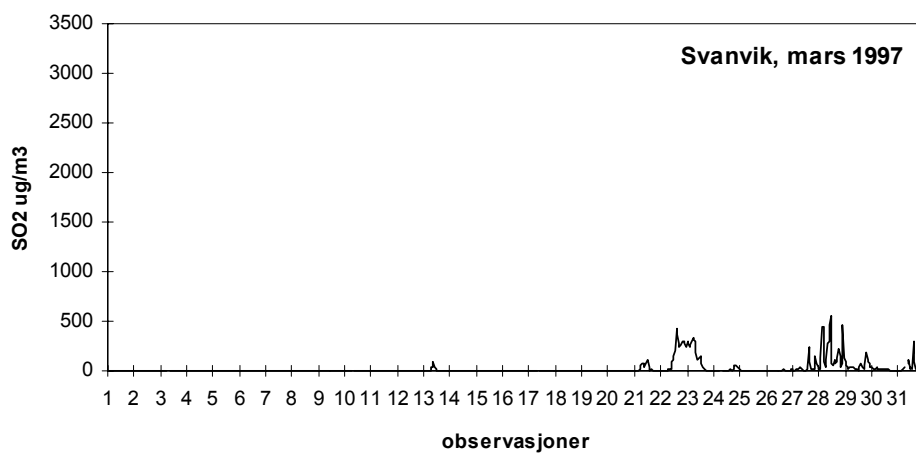














Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 58/97	ISBN 82-425-0924-7 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 62	PRIS NOK 105,-
TITTEL Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland Oktober 1996-mars 1997		PROSJEKTLEDER Bjarne Sivertsen	
		NILU PROSJEKT NR. O-8976	
FORFATTER(E) Leif Otto Hagen, Bjarne Sivertsen, Kari Arnesen og Bodil Innset		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. T. Johannessen, 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 i Svanvik i vinterhalvåret 1996/97 var 560 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 1996-March 1997.			
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