Statlig program for forurensningsovervåking

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn

Rapport nr.: 658/96

Deltakende institusjon: NILU

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

Tungmetaller i luft 1990-1995

TA-1334/1996

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.

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 28/96
REFERANSE : O-8976
DATO : MAI 1996
ISBN : 82-425-0771-6

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

Tungmetaller i luft 1990-1995

Leif Otto Hagen, Bjarne Sivertsen og Mona Johnsrud

**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

Sammendrag

Målinger av svoveldioksid (SO_2) i grenseområdene mot daværende Sovjetunionen startet allerede i 1974 (Kirkenes-området og Svanvik). Senere ble målinger startet på flere steder. Fra 1988 til 1991 ble det gjennomført en mer omfattende undersøkelse (basisundersøkelse) på norsk side som omfattet målinger av luft- og nedbørkvalitet, meteorologiske forhold, korrosjon, samt beregninger av utslipp, spredning og avsetning av luftforurensninger.

Som følge av miljøvernavtalen mellom landene ble det i 1990 satt igang målinger av luft- og nedbørkvalitet på tre stasjoner på russisk side med norsk måleutstyr.

Luftkvalitetsmålingene har også omfattet analyse av svevestøv for utvalgte tungmetaller. Særlig regnes utslippene av Co, Ni, Cu og As å være betydelig fra nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij. Ved prøvetakingen skilles svevestøvet i to størrelsesfraksjoner. Finfraksjonen består av partikler med diameter under 2,5 µm ($PM_{2,5}$), mens grovfraksjonen består av partikler med diameter fra 2,5 µm til 10 µm. Summen av de to fraksjonene kalles inhalerbare partikler (PM_{10}). Partiklene i finfraksjonen kalles respirable og kan følge luftstrømmen helt ned i lungene, mens partiklene i grovfraksjonen avsettes i nese og svelg.

De totale utslippene fra verkene i Nikel og Zapoljarnij ble i 1989 oppgitt å være ca. 10 500 tonn støv, ca. 500 tonn nikkel, ca. 300 tonn kopper og ca. 18 tonn kobolt. SO_2-utslippene var ca. 270 000 tonn i 1989 og ca. 227 000 tonn i 1993. Utslippene av støv og tungmetaller er litt høyere fra oppredningsverket i Zapoljarnij enn fra smelteverket i Nikel. Nesten 75% av SO_2-utslippet kommer fra Nikel.

Tungmetallanalysene er utført med ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. Ved analysen ble følgende elementer bestemt: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd og Pb. Analysene er utført for prøver fra følgende stasjoner og perioder:

Viksjøfjell	:	januar 1990-mars 1995
Svanvik	:	oktober 1991-desember 1994
Maajavri	:	september 1991-april 1994
Nikel	:	desember 1994-mars 1995

Alle prøvene er tatt over to eller tre døgn. Utvalgte enkeltprøver er analysert hver for seg. Øvrige prøver fra hver måned er analysert samlet, bortsett fra perioden april 1991-mars 1992, da bare utvalgte enkeltprøver ble analysert. Enkeltprøvene ble valgt ut fra dager med sterkt forhøyede SO_2-konsentrasjoner, da det antas at forhøyede konsentrasjoner av SO_2 og tungmetaller inntreffer samtidig.

Konsentrasjonene av de enkelte elementene fra grenseområdene er sammenliknet med konsentrasjoner for året 1992 ved de regionale bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen i Sør-Norge. Disse stasjonene er opprettet for å kartlegge langtransporterte luftforurensninger fra andre land til Norge.

Analysene viste at både midlere og maksimale konsentrasjoner av Co, Ni, Cu og As var betydelig høyere enn ved bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen. Variasjonene fra halvår til halvår og fra stasjon til stasjon i grenseområdene var også omtrent likeartet for disse elementene, bortsett fra lavere verdier av As ved Maajavri sommeren 1993.

Konsentrasjonsnivået av de nevnte elementene var høyere på de russiske stasjonene enn på de norske stasjonene. De høyeste verdiene ble målt på stasjonen i Nikel by. Denne stasjonen ligger bare ca. 1 km fra nikkelsmelteverket og er eksponert for de diffuse utslippene i lav høyde ved nordøstlig vind. Utslippene fra de tre høye skorsteinene på 150-160 m slår ikke ned i nærområdet.

Lavere midlere konsentrasjoner i Svanvik enn på de andre stasjonene skyldes at Svanvik som oftest er eksponert i betydelig kortere del av tiden på grunn av vindfordelingen i området.

Typiske konsentrasjoner av Co, Ni, Cu og As var 20-150 ganger forhøyet i Nikel i forhold til nivået ved Birkenes/Skreådalen i Sør-Norge. Ni var mest forhøyet, dernest As (og SO_2), Cu og Co. Ved Maajavri var konsentrasjonene forhøyet 20-80 ganger, ved Viksjøfjell 10-60 ganger og i Svanvik 5-40 ganger for disse elementene i forhold til nivået ved Birkenes/Skreådalen.

De øvrige elementene var ikke, eller bare litt, forhøyet (mindre enn to ganger) ved de norske stasjonene, men V, Fe, Cd, Zn og Pb var 2-5 ganger forhøyet ved en eller begge de russiske stasjonene.

Ved alle stasjonene i grenseområdene var det mest V, Zn, As og Pb i finfraksjonen, mens den største andelen av Mn, Fe, Co, Ni og Cu var i grovfraksjonen. Det var liten forskjell mellom målestasjonene i denne fordelingen, men for alle elementene var det litt høyere andel i grovfraksjonen ved stasjonen i Nikel enn ved de andre stasjonene.

Utviklingen i midlere tungmetallkonsentrasjoner over tid kan best vurderes på grunnlag av dataene fra Viksjøfjell, som har målinger siden 1990. For de komponentene som hadde mest forhøyete konsentrasjoner, SO_2, Ni, As, Cu og Co, viste målingene reduserte konsentrasjoner i 1992 og 1993 i forhold til 1990 og 1991, men økning igjen i 1994 og 1995. Utslippstall for tungmetallene foreligger ikke i denne perioden. Utslippet av SO_2 fra verket i Nikel ble noe redusert fram til 1993, som er det siste året med utslippstall for SO_2. De økte konsentrasjonene de siste årene synes vanskelig å forklare ut fra meteorologiske data.

Sett i forhold til anbefalte norske luftkvalitetskriterier og internasjonale grenseverdier for luftkvalitet er SO_2-nivået i grenseområdene meget høyt for midlingstider over en time og et døgn. Det gjennomsnittlige nivået av SO_2 og svevestøv for midlingstid et halvt år er under de anbefalte norske luftkvalitetskriteriene, mens maksimale døgnmiddelverdier av svevestøv kan være over kriteriet på de russiske stasjonene.

Verdens helseorganisasjons retningslinjer for Europa for V, Mn, Cd og Pb overholdes med til dels meget god margin på alle stasjonene i grenseområdene. For de øvrige tungmetallene finnes det ikke grenseverdier for luftkvalitet. Stoffer som As, Cr og Ni kan ha karsinogene effekter ifølge Verdens helseorganisasjon, og det finnes ingen nedre sikker grenseverdi som ikke gir effekter. Konsentrasjoner av Cr i grenseområdene er ikke forhøyet i forhold til bakgrunnsområder i Sør-Norge. Konsentrasjonene av As og Ni er betydelig høyere i grenseområdene enn i Sør-Norge.

Summary

Measurements of sulphur dioxide (SO_2) in the border areas of Norway and the former Soviet Union were started as early as 1974 at several locations in Kirkenes and in Svanvik. Later the mesurement programme was extended to include locations in the north-eastern and southern part of the area. From 1988 to 1991 an extensive study was carried out, including measurements of air and precipitation quality, meteorological conditions and atmospheric corrosion. The study also included emission data and model estimates of concentrations and deposition of pollutants.

As part of a bilateral agreement within the field of the environment the two countries started a joint measurement programme of air and precipitation quality in 1990. The measurements included three locations on the Russian side of the border using equipment provided by the Norwegian Ministry of Environment.

In addition to SO_2 the measurement programme for air quality also contained measurements of suspended particles, including measurements of specified heavy metal concentrations. The most important elements emitted from the nickel smelters of Nikel and Zapoljarnij are considered to be Ni, As, Cu and Co.

Suspended particles are measured in two fractions by particle size. The fine fraction consists of particles with diameters less than 2.5 µm ($PM_{2,5}$). The coarse fraction are particles with diameters between 2.5 and 10 µm. The sum of these two fractions (PM_{10}) are inhalable particles. The particles of the coarse fraction will be deposited in the respiratory tract, while the fine fraction is respirable, and will follow the air stream all the way into the lungs.

The total annual emissions from the smelters of Nikel and Zapoljarnij are reported to be (in 1989) about 10,500 tonnes of dust, 500 tonnes of nickel, 300 tonnes of copper and 18 tonnes of cobolt. The SO_2 emissions were reported to be about 270,000 tonnes in 1989 and about 227,000 tonnes in 1993. The emissions of dust and metals are higher from the sintering operation works of Zapoljarnij than from the Nikel smelter, while about 75% of the SO_2 comes from Nikel.

The analyses of heavy metals were carried out using ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry.The particle filters were analyzed for the following elements: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd and Pb. Samples from the following locations and time periods are analyzed:

Viksjøfjell	:	January 1990-March 1995
Svanvik	:	October 1991-December 1994
Maajavri	:	September 1991-April 1994
Nikel	:	December 1994-March 1995

The sampling time during these periods were two or three days. Assuming that there is a correlation between high levels of SO_2 and heavy metals, a selection of

samples from the days with the highest SO_2 concentrations were analyzed separately, while the rest of the samples were mingled and analyzed as one sample for each month. During the period April 1991-March 1992 only the selected two or three days samples were analyzed.

The measured concentrations of each element in the border areas are compared to the concentrations measured during 1992 at the regional background stations at Birkenes and Skreådalen in the southern part of Norway. These stations are established to survey the long range transport of pollutants from other countries to Norway.

For the elements Co, Ni, Cu and As the analyses showed that both the mean and the maximum concentrations measured in the border areas were considerably higher than at the background stations in southern Norway. The variations in time were also very much the same at the stations in the border areas for these elements, except for the lower As values at Maajavri in the summer of 1993.

The concentrations of Co, Ni, Cu and As were higher at the Russian locations than at the Norwegian locations. The highest concentrations were measured at the site in the city of Nikel. The site is located only about 1 km from the nickel smelter and is exposed to low level diffuse emissions when the wind is from northeast. The emissions from the high stacks (150-160m) will seldom impact at the surface close to the smelter.

As a result of predominant winds away from Svanvik this site is usually exposed to the emissions for shorter time periods than the other stations. This may be an explanation for the lower mean concentrations measured at this site.

Compared to the concentration levels at the background sites in the southern part of Norway, the typcal concentrations of Co, Ni, Cu and As were 20-150 times higher in Nikel. The ratio was highest for the concentrations of Ni, the next highest ratio related to As, then Cu and Co. At Maajavri the concentrations were 20-80 times the background concentrations, at Viksjøfjell 10-60 and at Svanvik 5-40 times.

At the Norwegian side of the border the other elements analyzed were a little higher (less than two times) or at the same level as the concentrations at the background stations. At one or both of the Russian sites the concentrations of V, Fe, Cd, Zn and Pb were 2-5 times the concentrations at Birkenes/Skreådalen.

The distribution of metals in the two fractions were approximately the same at the four sites in the border areas, except for the samples from Nikel where a larger portion of all the analyzed metals were in the coarse fraction. The fine fraction had most of the metals V, Zn, As and Pb, while the coarse fraction had the highest share of Mn, Fe, Co, Ni and Cu.

The trends of the mean concentrations are best described in the data from Viksjøfjell, where the measurements have been going on since 1990. When concidering air pollutants where the ratio to background concentrations are

highest; SO_2, Ni, As, Cu and Co, the measurements at Viksjøfjell show a decrease from 1990-1991 to 1992-1993, but then an increase again in 1994 and 1995.

Emission data for particles and selected elements are only available for 1989, while emission data for SO_2 are available yearly until 1993. The emissions of SO_2 from the smelter in Nikel decreased from 1990 to 1993. Model estimates have indicated that the increase in air concentrations in 1994 and 1995 can not be explained by changes in meteorological dispersion conditions.

The long term average concentrations of SO_2 and suspended particles are below the Norwegian and international guideline values for ambient air quality. The short term average (hour, day) concentrations of SO_2 are far above the guideline values on both sides of the border, while the guideline values for short term concentrations of suspended particles are occasionally exceeded at the Russian sites.

The concentrations of V, Mn, Cd and Pb measured in the border areas are well below the European guideline values given by the World Health Organization. Concerning the other elements analyzed there are no air quality guidelines available. According to the WHO compounds like As, Cr and Ni may have carsinogenic effects, and because there is no known safe threshold, no safe level can be recommended. The concentrations of Cr in the border areas are not elevated compared to the background areas of southern Norway, while the concentrations of As and Ni are considerably higher in the border areas than in southern Norway.

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

Tungmetaller i luft 1990-1995

1. Innledning

Luftforurensningene i Sør-Varanger har vært betydelige i flere 10-år. Store utslipp av SO_2 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 SO_2. 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.

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 bl.a. å kartlegge forekomst og omfang av luftforurensninger.

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.

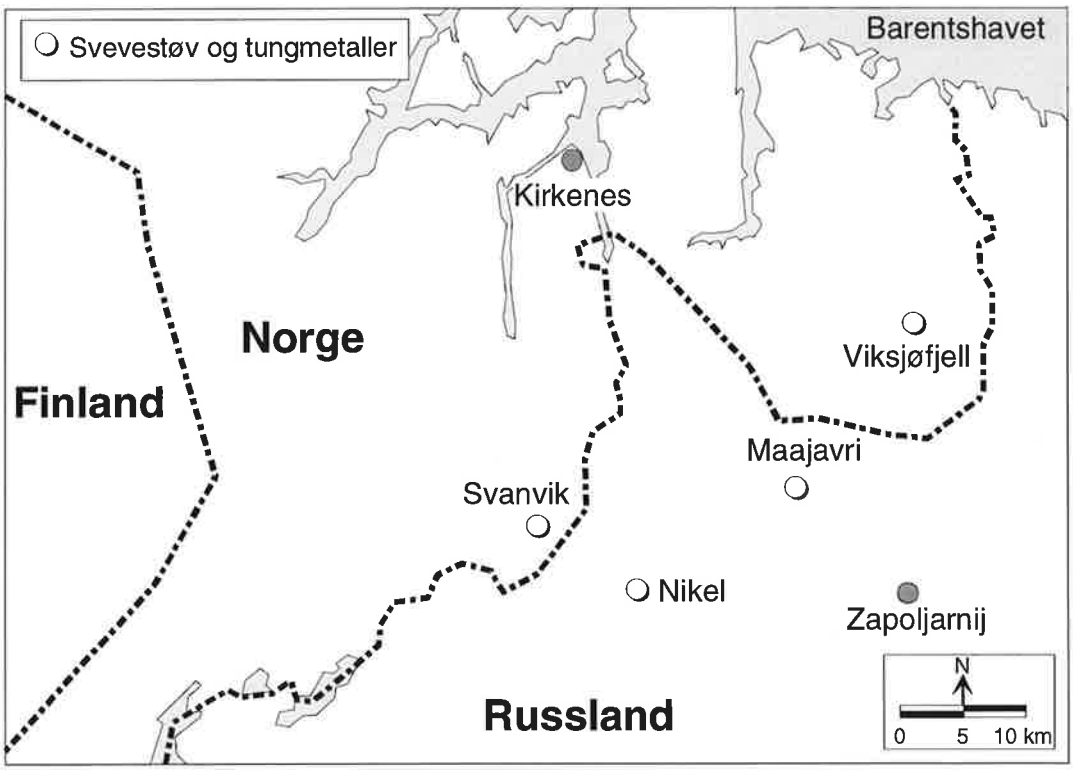
Som følge av miljøvernavtalen mellom Norge og daværende Sovjetunionen ble det i januar/februar 1990 satt igang målinger av luft- og nedbørkvalitet på tre stasjoner på russisk side. Måleutstyret ble stilt til disposisjon fra norsk side.

3. Måleprogram for svevestøv og tungmetaller i luft 1990-1995

Målinger av svevestøv med to-filter-prøvetakere er gjennomført på norsk side fra oktober 1988 og på russisk side fra september 1991. Måleperiodene på de enkelte stasjonene er:

Norge	:	Viksjøfjell	: oktober 1988-
		Svanvik	: oktober 1991-desember 1994
Russland	:	Maajavri	: september 1991-april 1994
		Nikel	: desember 1994-

For tiden er det to svevestøvstasjoner i drift, Viksjøfjell i Norge og Nikel i Russland. Plasseringen av målestasjonene er vist i figur 1. Viksjøfjell ligger i hovedvindretningen fra utslippene fra smelteverket i Nikel. Stasjonen er plassert ca. 400 m o.h. og belastes i hovedsak av utslippene fra de tre høye skorsteinene på 150-160 m ved smelteverket i Nikel. Ved sørøstlig vind kan stasjonen også belastes av utslippene fra oppredningsverket i Zapoljarnij.



Figur 1: Målestasjoner for svevestøv og tungmetaller i luft i perioden 1990-1995.

Stasjonen Nikel er plassert ved Hydromets laboratorium i byen, ca. 1 km sørvest for smelteverket. Stasjonen belastes i hovedsak av utslippene fra de lave skorsteinene (under 40 m) og av de diffuse utslippene ved verket. Tilleggsbelastningen fra verket i Zapoljarnij er sannsynligvis liten i forhold til de lokale bidragene.

Ved prøvetakingen benyttes det en to-filter-prøvetaker. Denne deler svevestøvet i fin- og grovfraksjon. Svevestøvmengden bestemmes ved veiing. Prøvene tas over 2+2+3 døgn hver uke, mandag-onsdag, onsdag-fredag og fredag-mandag.

Finfraksjonen av svevestøvet består av partikler med diameter under 2,5 µm ($PM_{2,5}$), mens grovfraksjonen består av partikler med diameter fra 2,5 µm til 10 µm. Summen av de to fraksjonene kalles inhalerbare partikler (PM_{10}). Partiklene i finfraksjonen kalles respirable og kan følge luftstrømmen helt ned i lungene, mens partiklene i grovfraksjonen avsettes i nese og svelg.

4. Utslipp til luft

Det foreligger ikke oppdaterte utslippsdata for støv og tungmetaller til luft fra nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij. I 1989 var utslippene (Sivertsen et al., 1991):

- Støv : 4 600 tonn i Nikel og 5 900 tonn i Zapoljarnij
- Nikkel : 235 tonn i Nikel og 269 tonn i Zapoljarnij
- Kopper : 148 tonn i Nikel og 152 tonn i Zapoljarnij
- Kobolt : 6,9 tonn i Nikel og 11,2 tonn i Zapoljarnij
- SO_2 : 190 000 tonn i Nikel og 82 000 tonn i Zapoljarnij

I 1993 var utslippene av SO_2 redusert til 165 930 tonn i Nikel og 61 460 tonn i Zapoljarnij (Baklanov, 1994). I forhold til 1989 var utslippene av SO_2 i 1993 13% lavere i Nikel og 15% lavere i Zapoljarnij. Hvorvidt utslippene av støv og tungmetaller er redusert i samme grad foreligger det ingen opplysninger om. Det foreligger heller ingen opplysninger om hvor mye av støvutslippet som er svevestøv (PM_{10}) og hvor mye som er større partikler.

5. Tungmetallbestemmelser

Målingene av tungmetaller i svevestøv i luft er utført med ICP-MS, Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. Prøvene føres inn i et plasma (ICP) med en temperatur på 6000-8000°C. Plasmaet bryter ned alle komponentene i prøven i enkle ioner som separeres og måles i massespektrometer.

Ved analysen kan opptil 70 elementer bestemmes samtidig. I dette prosjektet ble følgende elementer analysert: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd og Pb. Elementene Co, Ni, Cu og As regnes som de viktigste sporelementene i støvutslippet fra nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij.

Analyser er utført både på enkeltprøver (to- eller tredøgnsprøver) og på månedlige sampleprøver. I samleprøvene inngikk alle prøver fra hver måned som ikke ble analysert enkeltvis. Enkeltprøvene ble valgt ut for å få prøver med høye konsentrasjoner av tungmetaller. Disse ble valgt fra døgn med forhøyede SO_2-konsentrasjoner, da det antas at høye verdier av SO_2 og tungmetaller, som har samme hovedkilde, forekommer på de samme dagene.

Kriteriene for hvilke prøver som ble valgt ut til enkeltanalyser har variert noe fra periode til periode. Nedenfor er det gitt et kort sammendrag av disse kriteriene:

Januar 1990-mars 1991

I denne perioden ble enkeltprøver fra Viksjøfjell (to- eller tredøgnsprøver) med middelkonsentrasjon av SO_2 over 20 µg/m³ analysert hver for seg, mens prøver med lavere SO_2-konsentrasjon ble analysert samlet månedsvis.

Filtrene fra mai og juni 1990 ble delt i to. Den andre halvdelen ble sendt til et laboratorium hos den russiske samarbeidspartneren i Apatiti for å sammenligne resultatene. I disse to månedene ble bare enkeltprøver med SO_2-konsentrasjon over 50 µg/m³ analysert enkeltvis, mens øvrige prøver ble analysert samlet månedsvis.

I perioden januar 1990-mars 1991 ble det også tatt døgnprøver av svevestøv på de øvrige stasjonene, Karpdalen, Kirkenes, Holmfoss, Svanvik, Noatun og Kobbfoss (sistnevnte nedlagt 1.10.1990). Her var luftvolumet så lite at prøvene ikke kunne veies for bestemmelse av svevestøvmengden. Derimot ble prøvene analysert for tungmetaller. Filtre fra døgn med døgnmiddelkonsentrasjon av SO_2 lavere enn 50 µg/m³ ble analysert samlet for hver måned, mens filtre fra døgn med døgn-middelkonsentrasjon over 50 µg/m³ ble analysert hver for seg. Fra stasjonen i Kirkenes ble bare enkeltprøver fra døgn med SO_2-nivå over 50 µg/m³ analysert (dvs. ingen månedlige samleprøver).

April-september 1991

Fra Viksjøfjell ble to- eller tredøgnsprøver hvor SO_2-konsentrasjonen var over 40 µg/m³ analysert. For å redusere analysekostnadene ble ingen samleprøver analysert. Analysene i perioden januar 1990-mars 1991 viste at konsentrasjonene i samleprøvene var langt lavere enn både de maksimale konsentrasjonene og middelverdiene for hele måleperioden.

Oktober 1991-mars 1992

Fra høsten 1991 ble det også satt i drift to-filter-prøvetakere for svevestøv i Svanvik og ved Maajavri i Russland. Også i perioden oktober 1991-mars 1992 ble det bare analysert enkeltprøver. SO_2-grensen for analyse ble satt noe forskjellig fra stasjon til stasjon, 20 µg/m³ i Svanvik, 40 µg/m³ på Viksjøfjell og 60 µg/m³ ved Maajavri. Grunnen til å velge forskjellige SO_2-grenser på stasjonene var å få et noenlunde likt antall prøver fra hver stasjon til analyse. Vanligvis er SO_2-konsentrasjonene høyest ved Maajavri og lavest i Svanvik.

April 1992-mars 1995

I disse tre siste årene ble det for hver stasjon for hvert halvår tatt ut filtre for de fem høyeste to- eller tre-døgns middelverdiene av SO_2, hvis de var over 50 µg/m³. Disse ble analysert hver for seg, mens de øvrige filtrene ble analysert samlet for hver måned. Dersom det ikke var noen enkeltprøve med SO_2 over 50 µg/m³, ble kun prøven med den høyeste SO_2-konsentrasjonen analysert som enkeltprøve, i tillegg til de 6 samleprøvene i hvert halvår.

Prøvetakingen av svevestøv og tungmetaller ved Maajavri ble avsluttet i april 1994. I desember 1994 ble en ny stasjon opprettet ved Hydromets laboratorium i Nikel, hvor det også er SO_2-målinger. Målingene i Svanvik ble avsluttet ved årsskiftet 1994/95.

6. Konsentrasjoner i luft

6.1 Nivå og utvikling i tid

Tabell 1 gir et sammendrag av middelverdier av SO_2, svevestøv og tungmetaller for hvert halvår i perioden januar 1990-mars 1995.

Dataene er fordelt i vinterhalvår (oktober-mars) og sommerhalvår (april-september). Viksjøfjell har hatt målinger av svevestøv og tungmetaller i hele perioden fra januar 1990 til mars 1995. Maajavri og Svanvik startet høsten 1991 med svevestøvprøver. Disse målingene pågikk fram til april 1994 ved Maajavri og ut 1994 i Svanvik. Fra desember 1994 ble det satt i gang målinger av svevestøv og tungmetaller i Nikel by.

I vedlegg A er det gitt mer detaljerte tabeller for luftkonsentrasjoner av SO_2, svevestøv og elementer. Disse tabellene inneholder både middelverdier og maksimale verdier over to eller tre døgn for hvert halvår i perioden januar 1990-mars 1995. For svevestøv og elementene er det også gitt verdier både for fin- og grovfraksjonen.

Fin- og grovfraksjonen av svevestøvprøvene er analysert for vanadium (V), krom (Cr), mangan (Mn), jern (Fe), kobolt (Co), nikkel (Ni), kopper (Cu), sink (Zn), arsen (As), kadmium (Cd) og bly (Pb). I perioden april 1991-mars 1992 er bare utvalgte prøver med antatt forhøyete konsentrasjoner analysert. I de øvrige perioden er i tillegg også månedlige samleprøver (dager med antatt lave konsentrasjoner) analysert.

De viktigste informasjonene fra tabell 1 og vedlegg A er vist grafisk i figurene 2-8. Figurene viser halvårsmiddelverdier og høyeste to- eller tredøgnsmiddelverdi av SO_2, svevestøv og de analyserte elementene i svevestøvet for hvert halvår. I figurene er fin- og grovfraksjonen slått sammen.

Tabell 1: Middelkonsentrasjoner av SO_2 (µg/m³), svevestøv (µg/m³) og tungmetaller (ng/m³) i hvert halvår i perioden januar 1990-mars 1995. I sommerhalvåret 1991 og vinterhalvåret 1991/92 ble bare et utvalg av svevestøvprøvene analysert for tungmetaller. Det er derfor ikke gitt middelverdier for disse periodene.

Periode	Stasjon	SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Vinter 1990	Viksjøfjell	46,3	8,3	2,23	3,24	1,17	106,6	0,590	13,6	13,2	10,5	4,02	0,400	6,01
Sommer 1990	Viksjøfjell	21,8	7,6	0,69	4,77	1,19	139,3	0,540	14,6	12,4	5,4	1,90	0,200	4,03
Vinter 1990/91	Viksjøfjell	49,0	8,0	2,59	3,87	1,21	108,2	0,590	16,1	13,2	11,8	3,69	0,340	8,96
Sommer 1991	Viksjøfjell	18,6	5,6											
Vinter 1991/92	Viksjøfjell	35,6	4,2											
	Svanvik	4,4	5,4											
	Maajavri	81,0	8,8											
Sommer 1992	Viksjøfjell	19,0	8,0	0,90		0,91	99,4	0,436	11,1	8,5	2,8	1,19		1,29
	Svanvik	7,0	9,5	0,63		1,46	98,7	0,197	3,8	3,5	1,6	0,42		0,97
	Maajavri	27,0	10,0	1,42		1,90	170,5	0,694	17,6	12,8	4,8	1,83	0,243	1,91
Vinter 1992/93	Viksjøfjell	34,3	4,7	0,86		0,35	43,9	0,324	6,8	6,3	1,9	1,32		0,93
	Svanvik	10,8	6,4	0,97	0,93	0,40	42,7	0,257	5,8	4,9	1,7	1,13	0,058	1,38
	Maajavri	86,0	8,2	4,42	1,81	1,58	232,4	1,524	37,3	30,6	10,2	7,64	0,538	5,58
Sommer 1993	Viksjøfjell	14,1	6,5	1,23	2,66	0,60	84,5	0,460	11,0	7,3	2,8	1,48	0,150	1,39
	Svanvik	10,0	8,7	1,22	5,01	2,13	182,5	0,510	11,9	9,0	3,7	1,23	0,100	1,42
	Maajavri	28,0	17,6	2,88	4,94	6,19	629,8	1,370	34,7	23,6	7,4	3,05	0,220	3,37
Vinter 1993/94	Viksjøfjell	32,0	6,0	2,73	2,21	0,63	66,6	0,410	10,9	8,5	8,6	3,04	0,300	4,55
	Svanvik	8,0	6,2	1,64	3,43	0,54	33,1	0,230	5,4	3,7	4,2	0,82	0,090	2,57
	Maajavri	61,0	9,5	6,35	4,46	1,72	204,1	1,160	32,3	26,0	13,7	7,91	0,590	11,14
Sommer 1994	Viksjøfjell	20,8	6,2	1,36	2,55	1,06	159,4	0,800	22,5	15,4	6,2	3,16	0,270	5,00
	Svanvik	8,1	7,3	0,83	1,88	1,66	139,7	0,360	10,0	6,3	2,7	0,92	0,090	1,65
Vinter 1994/95	Viksjøfjell	45,6	5,4	2,69	2,68	0,50	86,3	0,470	12,2	10,7	8,1	4,95	0,530	5,68
	Svanvik	10,6	4,9	1,43	2,42	0,47	44,6	0,220	6,4	5,5	3,0	1,98	0,170	2,48
	Nikel	46,1	14,1	4,81	3,78	3,72	490,9	1,860	53,5	42,7	15,0	8,94	0,063	16,30

For sammenlikning er også middel- og maksimalverdier for stasjonene Birkenes og Skreådalen for året 1992 med i figurene. Dette er regionale bakgrunnsstasjoner på Sørlandet og Sørvestlandet opprettet under Statlig program for forurensnings-overvåking for å kartlegge transporten av luftforurensninger fra andre land til Norge. Disse stasjonene regnes for å være de mest belastede stasjonene for langtransporterte forurensninger i Norge.

I figurene 2-8 varierer skalaene for de forskjellige komponentene. Imidlertid er det samme forholdstall mellom skalaene for maksimalverdier og middelverdier for hver komponent. Dette forholdstallet er valgt til 7 (SO_2-skalaen går til 100 µg/m^3 for middelverdier og til 700 µg/m^3 for maksimale verdier, mens skalaen for V går til 7 ng/m^3 for middelverdier og 49 ng/m^3 for maksimale verdier). På denne måten blir det lettere visuelt å sammenlikne forholdet mellom maksimal- og middelverdier for de forskjellige stoffene.

I det følgende er det gitt korte kommentarer til luftforurensningsnivået og utviklingen over tid i årene 1990-1995 for SO_2, svevestøv og de målte elementene i svevestøvet. Det er sammenliknet med måleresultater fra Birkenes og Skreådalen (gjennomsnittet av disse) for året 1992.

SO_2 (svoveldioksid), figur 2

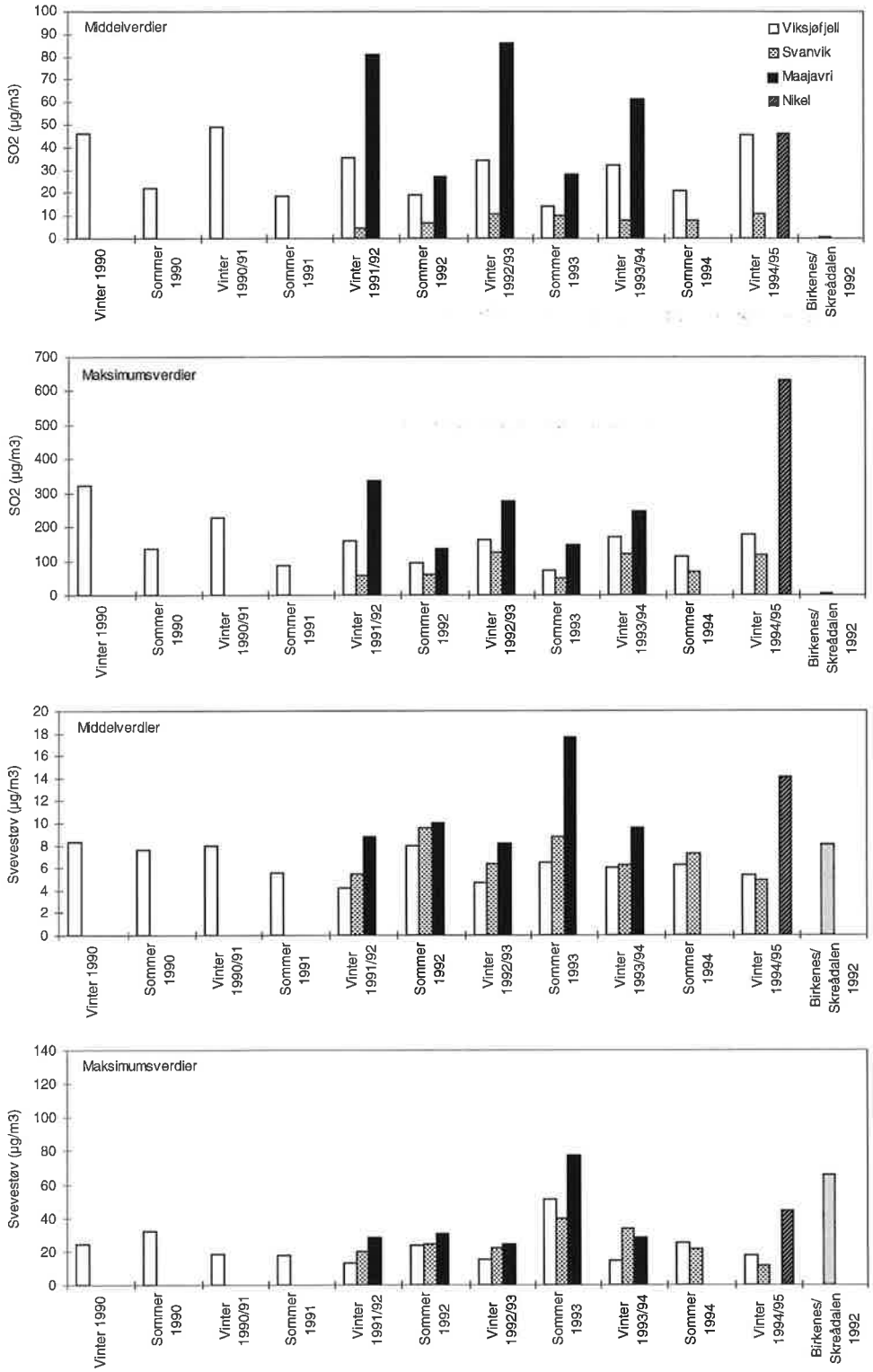
Både på Viksjøfjell og ved Maajavri var middel- og maksimalverdiene klart høyere om vinteren enn om sommeren. I Svanvik var det samme tendens for maksimale verdier, men ikke for middelverdiene. Halvårsmiddelverdiene var vanligvis over det norske anbefalte luftkvalitetskriteriet på 50 µg/m^3 ved Maajavri om vinteren. Det forekom overskridelser av det anbefalte luftkvalitetskriteriet for døgnmiddelverdi på 90 µg/m^3 ved alle stasjonene både om vinteren og sommeren. De maksimale døgnmiddelkonsentrasjonene kan være betydelig høyere enn de maksimale to- eller tredøgnsmiddelverdiene, som er vist i figur 2. De maksimale døgnmiddelverdiene vinteren 1994/95 varierte f.eks. fra vel 200 µg/m^3 på Viksjø-fjell og i Svanvik til over 400 µg/m^3 ved Maajavri og over 1 100 µg/m^3 i Nikel.

SO_2-nivået i grenseområdene mellom Norge og Russland er betydelig høyere enn på bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen i Sør-Norge. På disse stasjonene var årsmiddelverdien i 1992 i gjennomsnitt 0,7 µg/m^3, og maksimalverdien var 5,6 µg/m^3.

Etter et noe redusert SO_2-nivå på Viksjøfjell i 1992 og 1993, økte konsentrasjo-nene igjen i 1994 og 1995. Utslippet fra verket i Nikel ble redusert fram til 1993. Utslippsdataene for 1994 og 1995 er ennå ikke tilgjengelige.

PM_{10} (svevestøv), figur 2

Konsentrasjonene av svevestøv varierte relativt lite mellom stasjonene og fra som-mer til vinter. Forhøyede konsentrasjoner ved Maajavri sommeren 1993 kan skyldes skogbranner på russisk side. Målingene i Nikel vinteren 1994/95 viste som ventet et høyere svevestøvnivå enn ved de andre stasjonene, som ligger lenger fra utslippene.



Figur 2: Halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tredøgns-middelkonsentrasjoner av SO_2 og svevestøv fra Viksjøfjell (1990-1995), Svanvik (1990-1994), Maajavri (1991-1994) og Nikel (vinteren 1994/95) sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes/Skreådalen for året 1992 (µg/m³).

Målingene bekrefter at støvutslippet fra smelteverket er betydelig lavere enn SO_2-utslippet. Det midlere svevestøvnivået ved Viksjøfjell, Svanvik og Maajavri (5-10 µg/m³) er omtrent som ved bakgrunnsstasjonene i Sør-Norge, mens det er litt høyere i Nikel. Det midlere svevestøvnivået er klart lavere enn det anbefalte norske luftkvalitetskriteriet på 40 µg/m³ som halvårsmiddelverdi. De maksimale to- eller tredøgnsmiddelverdiene synes å være vel så høye ved Birkenes/ Skreådalen som i grenseområdene. De maksimale to- eller tredøgnsmiddelverdiene av svevestøv varierte fra ca. 20 µg/m³ opp til vel 70 µg/m³ (Maajavri) i årene 1990-1995. Det kan derfor ha forekommet døgnmiddelverdier over det anbefalte norske luftkvalitetskriteriet på 70 µg/m³.

Svevestøvnivået varierte relativt lite i årene 1990-1995. Tilsvarende tall for utslippet av støv fra nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij foreligger ikke. De eneste tilgjengelige utslippstallene er fra 1989 (se kapittel 4).

V (vanadium), figur 3

Målingene av vanadium viste noe høyere middel- og maksimalkonsentrasjoner i grenseområdene enn ved Birkenes/Skreådalen, særlig ved de russiske stasjonene og til dels ved Viksjøfjell om vinteren. De norske stasjonene hadde lave verdier om sommeren. Alle verdiene var langt under Verdens helseorganisasjons retningslinje på 1 000 ng/m³ som døgnmiddelverdi (WHO, 1987). Etter relativt lave V-konsentrasjoner på Viksjøfjell i 1992, økte nivået igjen fra 1993.

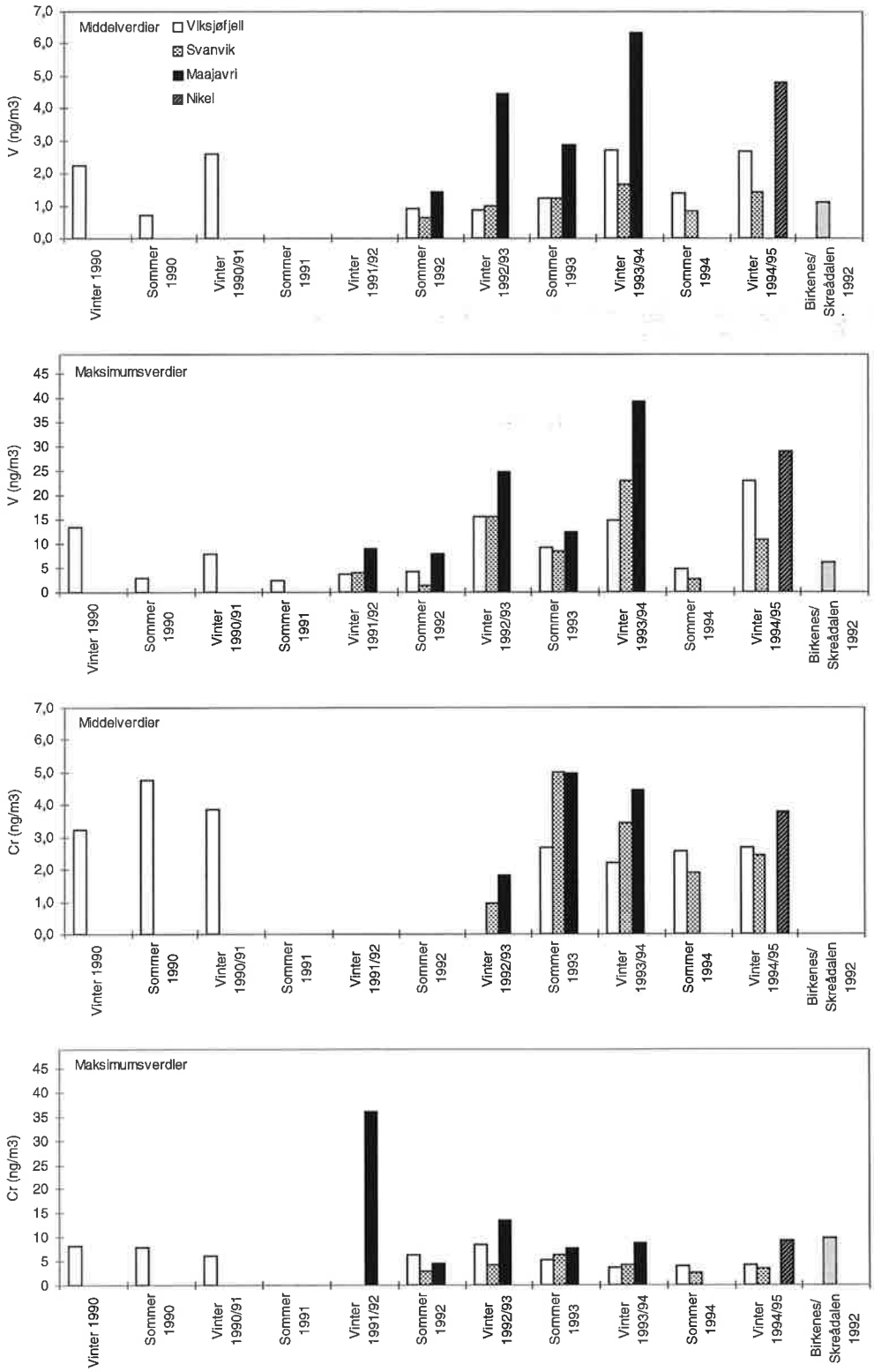
V har forbrenning av fossilt brensel som hovedkilde. Moseundersøkelsene (Steinnes et al., 1991; Berg, 1993) som gjennomføres hvert 5. år for å kartlegge det atmosfæriske nedfallet av tungmetaller i Norge, har vist at V har et klart langtransportmønster i Norge med høye konsentrasjoner i sør og gradvis lavere konsentrasjoner lenger nord. Noe forhøyede verdier av V ble også funnet i Sør-Varanger i moseundersøkelsen.

Cr (krom), figur 3

Også krom hadde litt høyere middel- og maksimalverdier på de russiske stasjonene enn på de norske stasjonene, men forskjellen var forholdsvis liten. For Birkenes/Skreådalen for 1992 er det ikke beregnet noen årsmiddelverdi av Cr fordi svært mange av prøvene hadde konsentrasjoner under deteksjonsgrensen for analysemetoden på 1,5-2 ng/m³. Dersom konsentrasjonen i disse prøvene antas å være lik halve deteksjonsgrensen, blir årsmiddelverdien for disse stasjonene i underkant av 2 ng/m³. Dette tallet er imidlertid meget usikkert og kan antagelig være noe lavere.

De maksimale to- eller tredøgnsverdiene i grenseområdene var typisk 5-10 ng/m³, dvs. samme nivå som ved Birkenes/Skreådalen i 1992. Maajavri hadde imidlertid en noe høyere maksimalverdi vinteren 1991/92.

Nivået av Cr var forholdsvis jevnt i perioden 1990-1995, og forskjellene mellom sommer og vinter var små.



Figur 3: *Halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tredøgns-middelkonsentrasjoner av V og Cr fra Viksjøfjell (1990-1995), Svanvik (1990-1994), Maajavri (1991-1994) og Nikel (vinteren 1994/95) sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes/Skreådalen for året 1992 (ng/m³).*

I Norge har Cr hovedsakelig jordstøv som kilde. Noe Cr slippes imidlertid ut både ved forbrenning av fossilt brensel og ved produksjon av stål. Tidligere undersøkelser av både nedbør og moser (Berg, 1993) har vist forhøyede verdier i Sør-Varanger. Dette har vært relatert til utslipp fra gruvene og industri både på norsk og russisk side.

Mn (mangan), figur 4

Bortsett for fra Maajavri sommeren 1993 og Nikel vinteren 1994/95 var halvårsmiddelverdiene og de maksimale to- eller tredøgnsmiddelverdiene lavere enn ved Birkenes/Skreådalen i 1992. Konsentrasjonene ved de russiske stasjonene var høyere enn ved de norske stasjonene. Alle verdiene var imidlertid betydelig lavere enn Verdens helseorganisasjons retningslinje på 1 000 ng/m^3 som gjennomsnitt for ett år (WHO, 1987).

Mn har jordstøv som hovedkilde i Norge. Mn dannes imidlertid også ved forbrenning av fossilt brensel. Analyser av Mn i nedbør på norske bakgrunnsstasjoner (Berg, 1993) har vist at nivået er ganske likt ved de forskjellige stasjonene. Noe forhøyede nivåer er imidlertid målt ved Birkenes, Nordmoen, Osen og Svanvik sammenliknet med Kårvatn og Jergul.

Fe (jern), figur 4

Halvårsmiddelverdiene var som oftest noe høyere enn ved Birkenes/Skreådalen, særlig ved de russiske stasjonene. De maksimale to- eller tredøgnsmiddelverdiene var omtrent på samme nivå ved de norske stasjonene som ved Birkenes/Skreådalen. Det var ingen klar tendens til endringer i konsentrasjonsnivået i perioden 1990-1995.

Fe har også jordstøv som hovedkilde i norske bakgrunnsområder. Som for Cr kan noe Fe forventes i utslippene fra gruve- og industriområdene både på norsk og russisk side i grenseområdene.

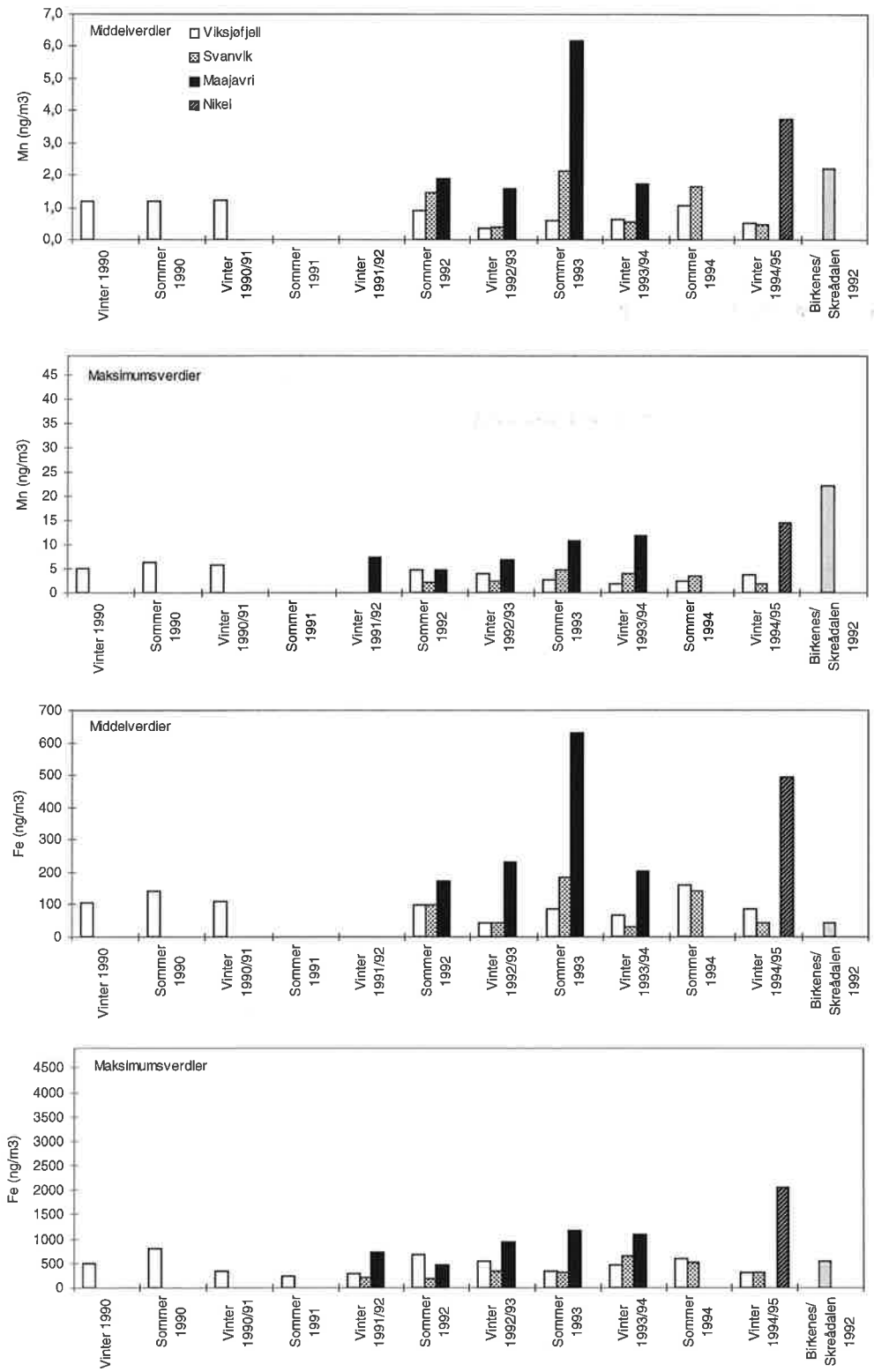
Co (kobolt), figur 5

Sammen med Ni, Cu og As regnes Co som sporelementer fra nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij, dvs. at verkene antas å være betydelige utslippskilder for disse stoffene. Målingene i perioden 1990-1995 viste at både midlere og maksimale konsentrasjoner av Co var betydelig høyere enn ved bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen i Sør-Norge. Konsentrasjonsnivået var høyest ved de russiske stasjonene, og var særlig høyt lokalt i Nikel. Det var ingen entydig tendens til endring i nivået ved noen av stasjonene i måleperioden.

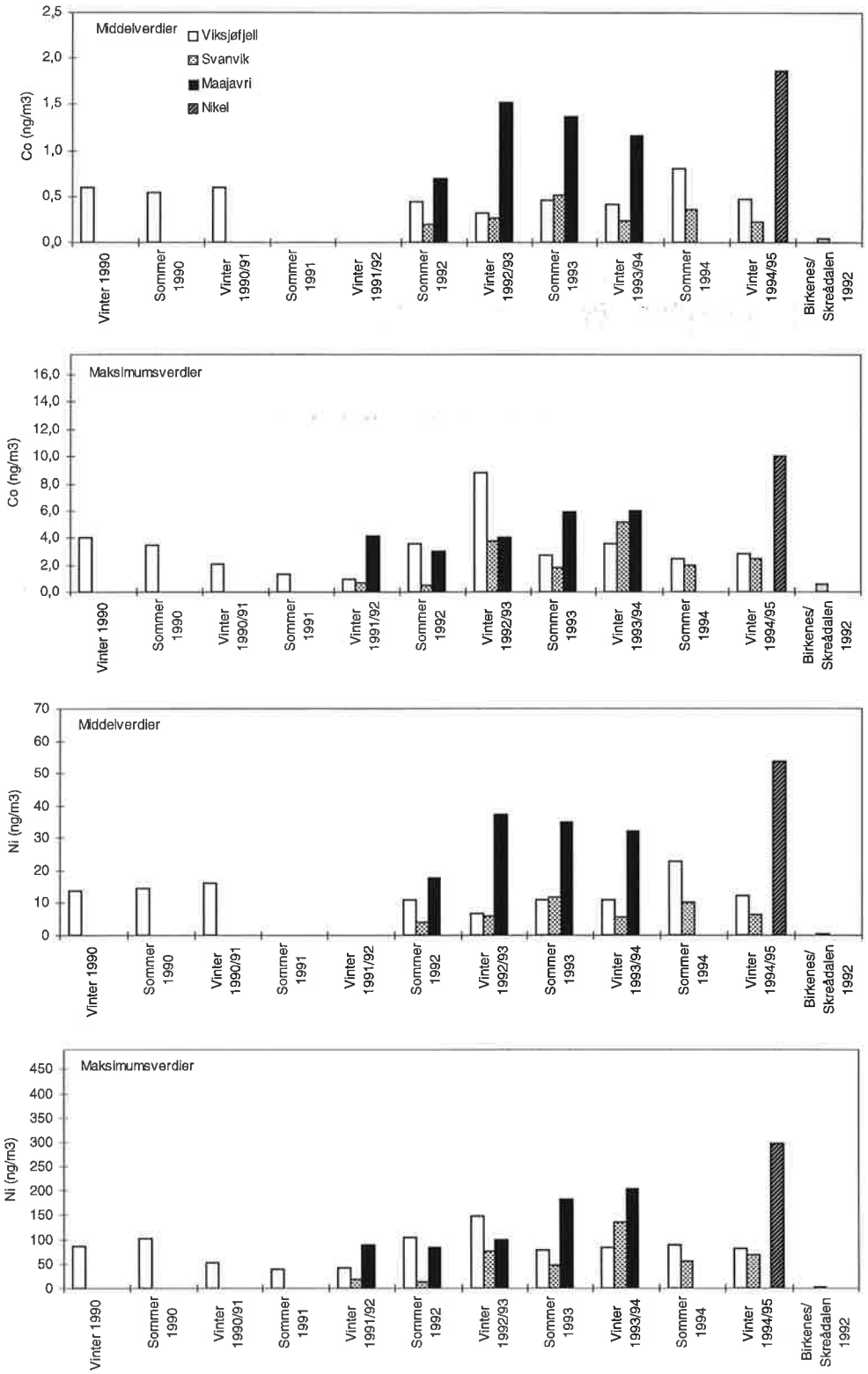
Analyser av nedbør på norske bakgrunnsstasjoner har vist at det midlere Co-nivået er om lag 25 ganger høyere i Svanvik enn ved Birkenes (Berg, 1993).

Ni (nikkel), figur 5

Som for Co viste målingene at både midlere og maksimale verdier var betydelig høyere enn ved bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen. Også for Ni var konsentrasjonsnivået høyest på russisk side, særlig i Nikel. Variasjonene fra



Figur 4: *Halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tredøgns-middelkonsentrasjoner av Mn og Fe fra Viksjøfjell (1990-1995), Svanvik (1990-1994), Maajavri (1991-1994) og Nikel (vinteren 1994/95) sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes/Skreådalen for året 1992 (ng/m³).*



Figur 5: *Halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tredøgns-middelkonsentrasjoner av Co og Ni fra Viksjøfjell (1990-1995), Svanvik (1990-1994), Maajavri (1991-1994) og Nikel (vinteren 1994/95) sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes/Skreådalen for året 1992 (ng/m³).*

halvår til halvår ved hver av stasjonene var nesten helt likeartet for Ni og Co både for midlere og maksimale konsentrasjoner, som bekrefter at hovedkildene er de samme.

Analyser av nedbør på norske bakgrunnsstasjoner har vist at Ni-konsentrasjonen i nedbør er omtrent 10 ganger høyere i Svanvik sammenliknet med Birkenes (Berg, 1993).

Cu (kopper), figur 6

Som for Co og Ni viste målingene at både midlere og maksimale verdier var betydelig høyere enn ved bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen. Konsentrasjonsnivået var høyest på russisk side, særlig i Nikel. Variasjonene fra halvår til halvår ved hver av stasjonene var omtrent likeartet som for Co og Ni. Både Co, Ni og Cu viste redusert nivå på Viksjøfjell i 1992 og 1993, men konsentrasjonene økte igjen i 1994 og 1995.

Zn (sink), figur 6

Målingene i årene 1990-1995 viste at konsentrasjonene av sink ikke var vesentlig høyere i grenseområdene mellom Norge og Russland enn ved bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen i Sør-Norge. Særlig var forskjellen liten for maksimalverdiene, selv om nivået i Nikel by var noe høyere. Det gjennomsnittlige nivået av sink endret seg lite i måleperioden.

Analyser av Zn i nedbør viser et typisk langtransportmønster med høye konsentrasjoner i Sør-Norge og gradvis lavere konsentrasjoner nordover. Hovedkilden til Zn antas å være forbrenning av fossilt brensel.

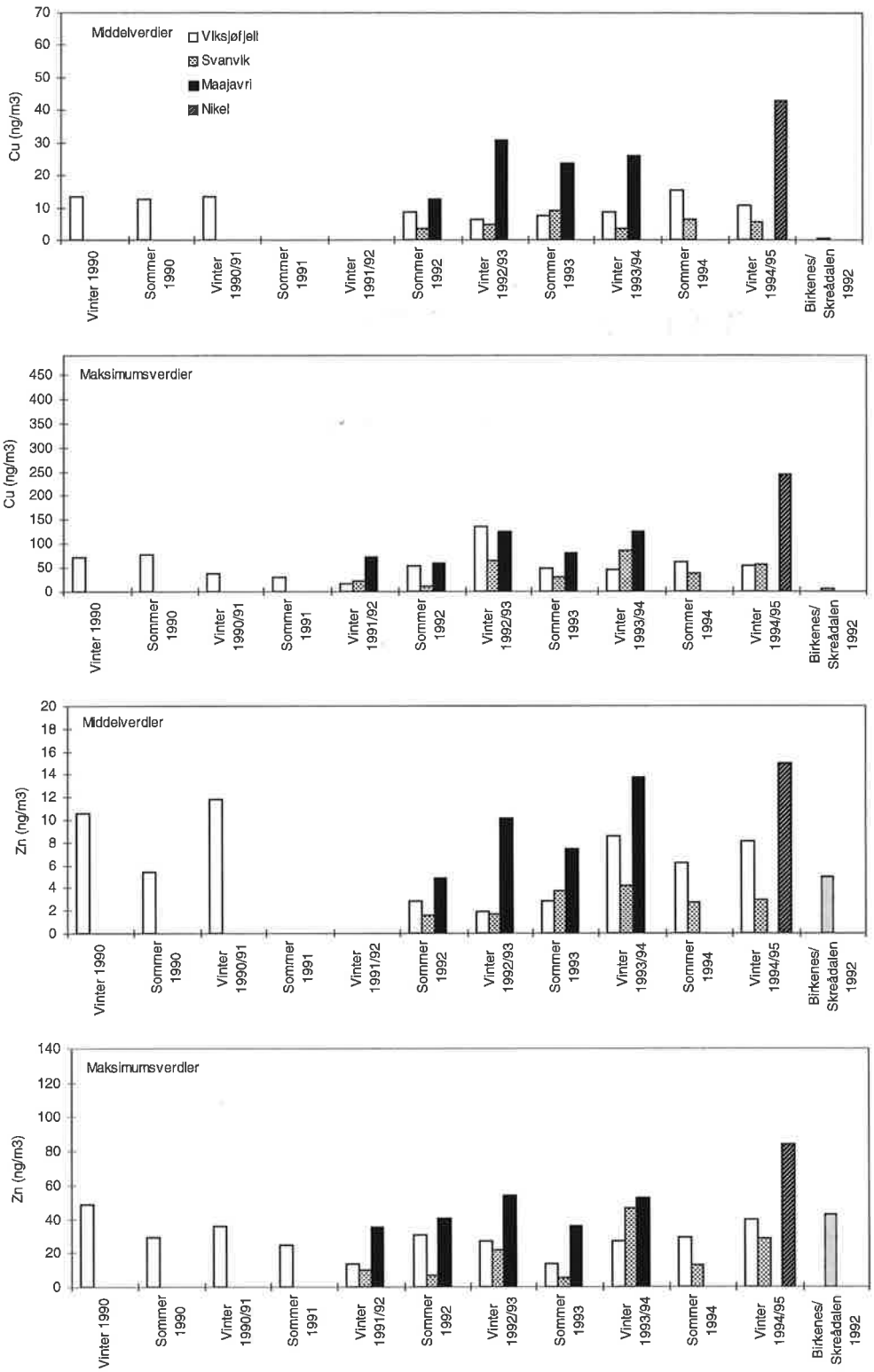
As (arsen), figur 7

Som for Co, Ni og Cu viste målingene at både midlere og maksimale verdier var betydelig høyere enn ved bakgrunnsstasjonene Birkenes og Skreådalen. Konsentrasjonsnivået var høyest på russisk side. Variasjonene fra halvår til halvår ved hver av stasjonene var omtrent likeartet som for Co, Ni og Cu, bortsett fra på Viksjøfjell i 1992 og 1993, men konsentrasjonene økte igjen i 1994 og 1995.

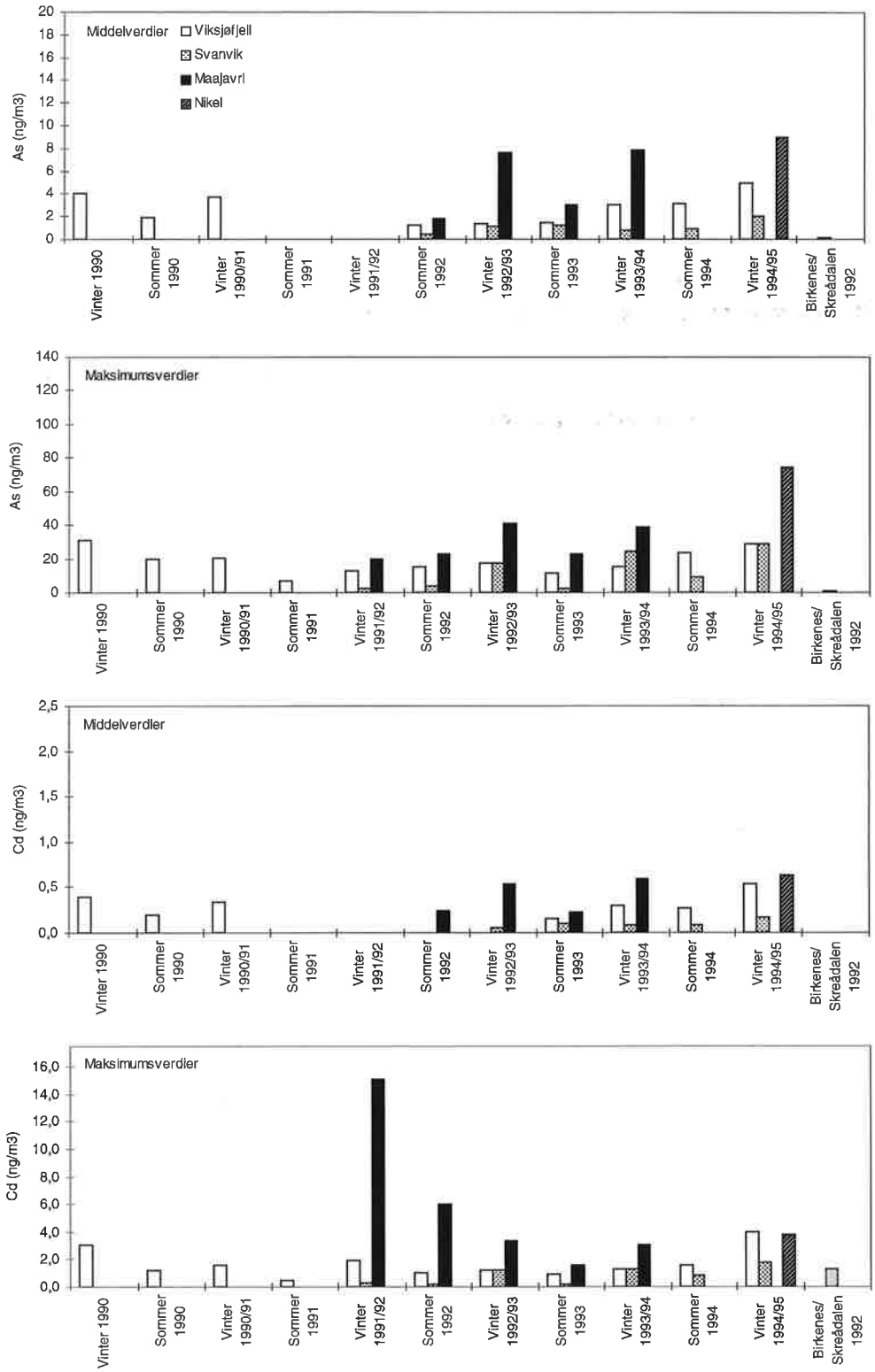
As slippes ut fra nikkelsmelteverkene, men også fra forbrenning av fossilt brensel. Også nedbøranalyser har vist forhøyede konsentrasjoner i grenseområdene sammenliknet med konsentrasjonene ved andre norske bakgrunnsstasjoner.

Cd (kadmium), figur 7

Kadmium hadde litt høyere middelverdier og noe høyere maksimalverdier ved Maajavri enn ved de norske stasjonene i grenseområdene. For Birkenes/Skreådalen for 1992 er det ikke beregnet årsmiddelverdi av Cd da mer enn 95% av prøvene hadde konsentrasjoner under deteksjonsgrensen for analysemetoden på 0,3-0,5 ng/m^3. Dersom konsentrasjonen i disse prøvene antas å være lik halvparten av deteksjonsgrensen, blir årsmiddelverdien på disse stasjonene i underkant av 0,4 ng/m^3. Dette tallet er imidlertid meget usikkert og kan være noe lavere. Halvårsmiddelverdiene i grenseområdene var vanligvis i intervallet 0,1-0,5 ng/m^3.



Figur 6: *Halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tredøgns-middelkonsentrasjoner av Cu og Zn fra Viksjøfjell (1990-1995), Svanvik (1990-1994), Maajavri (1991-1994) og Nikel (vinteren 1994/95) sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes/Skreådalen for året 1992 (ng/m³).*



Figur 7: Halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tredøgns-middelkonsentrasjoner av As og Cd fra Viksjøfjell (1990-1995), Svanvik (1990-1994), Maajavri (1991-1994) og Nikel (vinteren 1994/95) sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes/Skreådalen for året 1992 (ng/m³).

De maksimale verdiene var som oftest 1-5 ng/m³, dvs. omtrent som eller litt lavere enn ved bakgrunnsstasjonene i Sør-Norge.

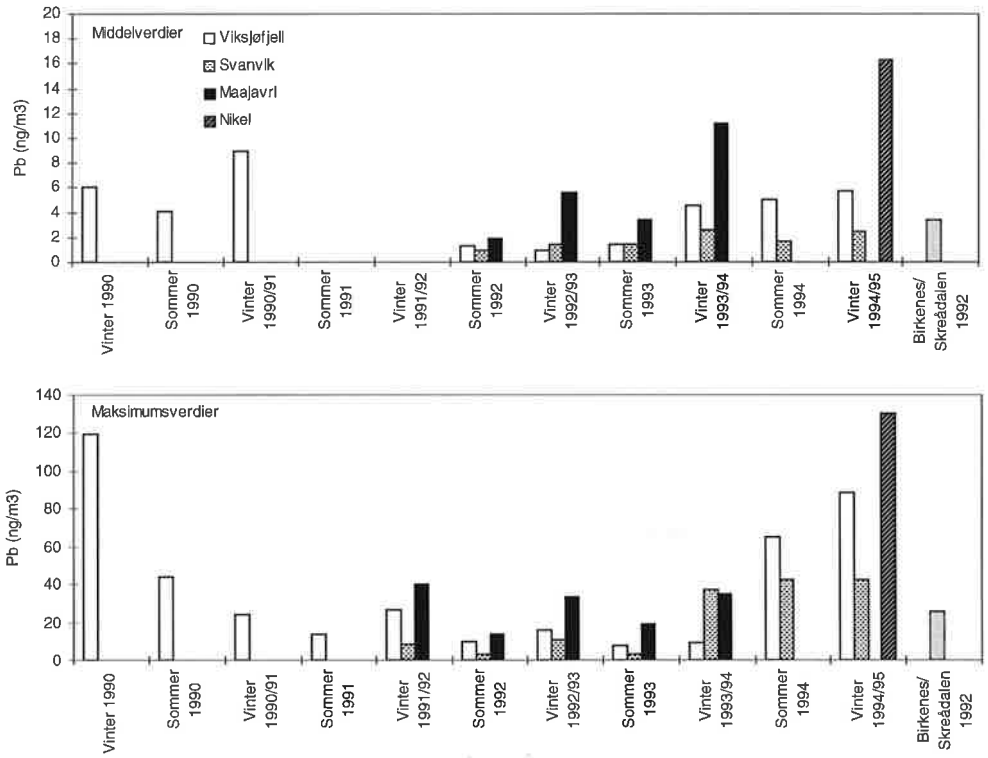
Verdens helseorganisasjon har satt retningslinjer for årsmiddelverdi av kadmium til 1-5 ng/m³ i landlige områder og 10-20 ng/m³ i byområder (WHO, 1987). Stasjonene i grenseområdene overholder disse verdiene med god margin.

Analyser av moser og nedbør viser at Cd har en geografisk fordeling som klart indikerer langtransporterte luftforurensninger som hovedkilde i Norge.

Pb (bly), figur 8

Konsentrasjonene av bly var litt, men ikke vesentlig høyere ved de fleste stasjonene i grenseområdene enn ved Birkenes og Skreådalen i Sør-Norge. Lokalt i Nikel kan også biltrafikken gi noe bidrag.

Verdens helseorganisasjon har fastsatt en retningslinje på 500-1 000 ng/m³ som årsmiddelverdi. Det gjennomsnittlige nivået i grenseområdene var typisk en faktor 100 lavere enn denne verdien. Etter meget lave verdier i 1992 og 1993 økte blynivået igjen på de norske stasjonene i 1994 og 1995.



Figur 8: Halvårsmiddelkonsentrasjoner og maksimale to- eller tredøgns-middelkonsentrasjoner av Pb fra Viksjøfjell (1990-1995), Svanvik (1990-1994), Maajavri (1991-1994) og Nikel (vinteren 1994/95) sammenliknet med tilsvarende data fra Birkenes/Skreådalen for året 1992 (ng/m³).

6.2 Nivå i forhold til bakgrunnsstasjoner i Sør-Norge

Konsentrasjonene av SO_2, svevestøv og tungmetaller i grenseområdene varierer svært mye fra dag til dag, fra måned til måned, fra år til år og fra stasjon til stasjon. Dette skyldes meteorologiske forhold (vindretning, vindstyrke, temperatur, stabilitetsforhold, nedbør) og endringer i utslippene fra nikkelverkene i Nikel og Zapoljarnij.

For å få mer robuste data om typiske konsentrasjoner i grenseområdene, er det i tabell 2 gitt middelverdier og maksimale verdier for de tre årene fra april 1992 til mars 1995. For Maajavri gjelder dataene de to årene fra april 1992 til mars 1994 (da målingene av svevestøv og tungmetaller ble avsluttet). I Nikel startet målingene først i desember 1994. Tallene i tabellen for Nikel gjelder derfor bare for fire måneder, og gir derfor bare en første indikasjon på forholdene i Nikel by.

Tabell 2 gir også middelverdier og maksimale verdier for 1992 som gjennomsnitt for de to stasjonene Birkenes og Skreådalen i Sør-Norge. Dette er de regionale bakgrunnsstasjonene i Norge som regnes å være mest belastet av langtransporterte luftforurensninger. Den viktigste informasjonen i tabell 2 er vist grafisk i figurene 9-12.

Figur 9 viser hvordan de ulike tungmetallene fordelte seg i de to størrelsesfraksjonene av svevestøvpartikler for Viksjøfjell (1992-1995), Svanvik (1992-1994), Maajavri (1992-1994), Nikel (vinteren 1994/95 og Birkenes/Skreådalen (1992). Fordelingen er beregnet ut fra middelverdiene. Ved stasjonene i grenseområdene var det liten forskjell mellom målestasjonene for hvert enkelt element, men for alle elementene var det det litt høyere andel i grovfraksjonen ved stasjonen i Nikel enn ved de andre stasjonene. Dette skyldes antagelig nærheten til utslippet. Ved transport av svevestøv fra utslippspunktene til de andre stasjonene vil flere partikler i grovfraksjonen enn i finfraksjonen sedimentere på grunn av sin tyngde, slik at den relative andelen i grovfraksjonen avtar.

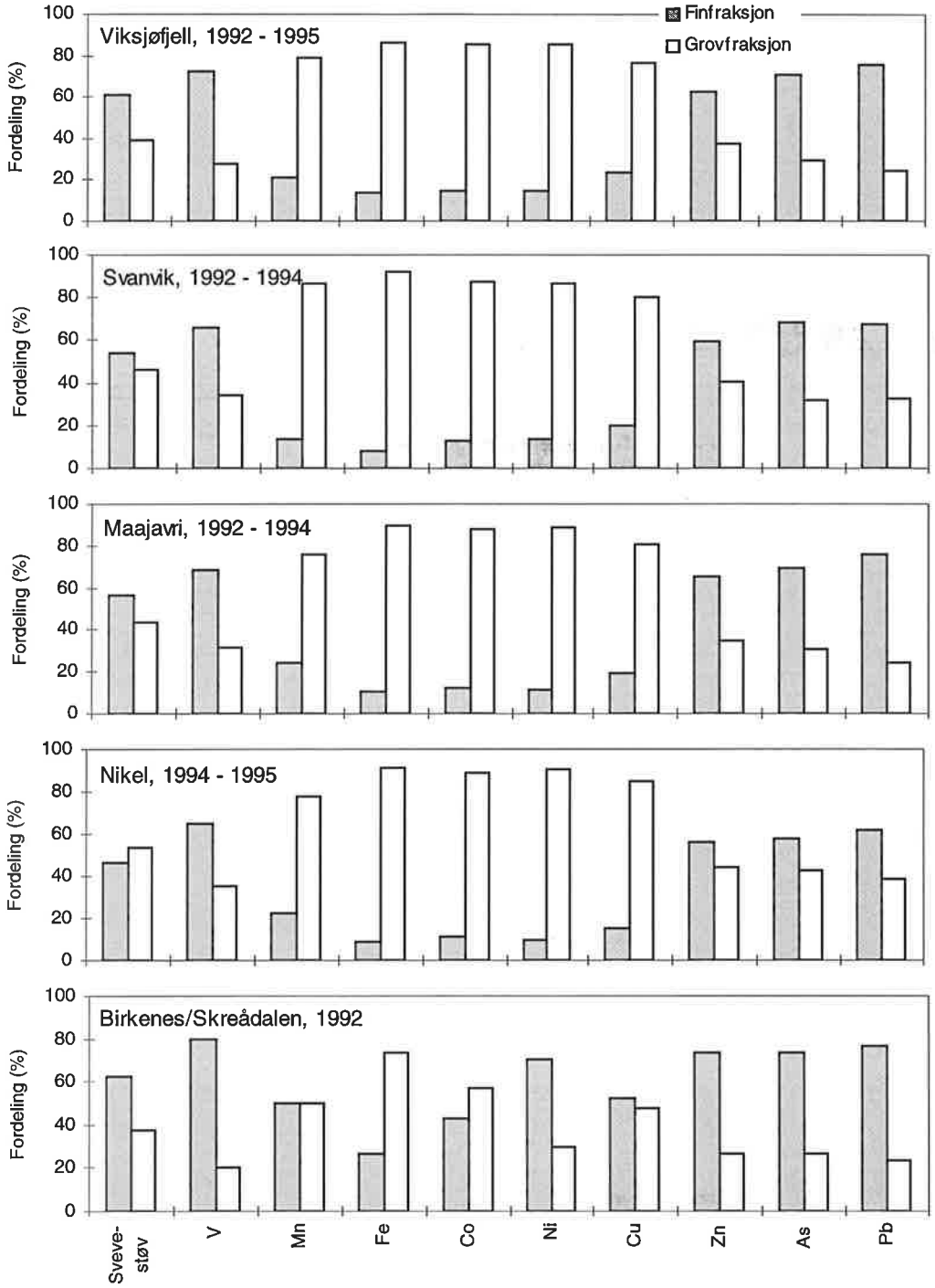
Ved alle stasjonene i grenseområdene var det mest V, Zn, As og Pb i finfraksjonen, mens den største andelen av Mn, Fe, Co, Ni og Cu var i grovfraksjonen. Fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij er det betydelige utslipp av de elementene som har størst andel i grovfraksjonen, Co, Ni og Cu. Sannsynligvis er det også utslipp av Mn og Fe fra verkene. Også lokalt i Kirkenes er det mindre utslipp av disse elementene. Nikkelverkene har også betydelige utslipp av As. Dette er et flyktig element, og utslippet består av gass og/eller svært små partikler. Dette gir en høy andel av As i finfraksjonen.

Ved Birkenes/Skreådalen var det større andel i finfraksjonen for alle elementene. Forskjellen var størst for Mn, Fe, Co, Ni og Cu, dvs. for de elementene som hadde liten andel i finfraksjonen ved stasjonene i grenseområdene. Dette kan skyldes den meget lange avstanden fra Birkenes/Skreådalen til de viktigste kildeområdene, som sannsynligvis er Øst-Europa, slik at en stor andel av partiklene i grovfraksjonen sedimenteres underveis.

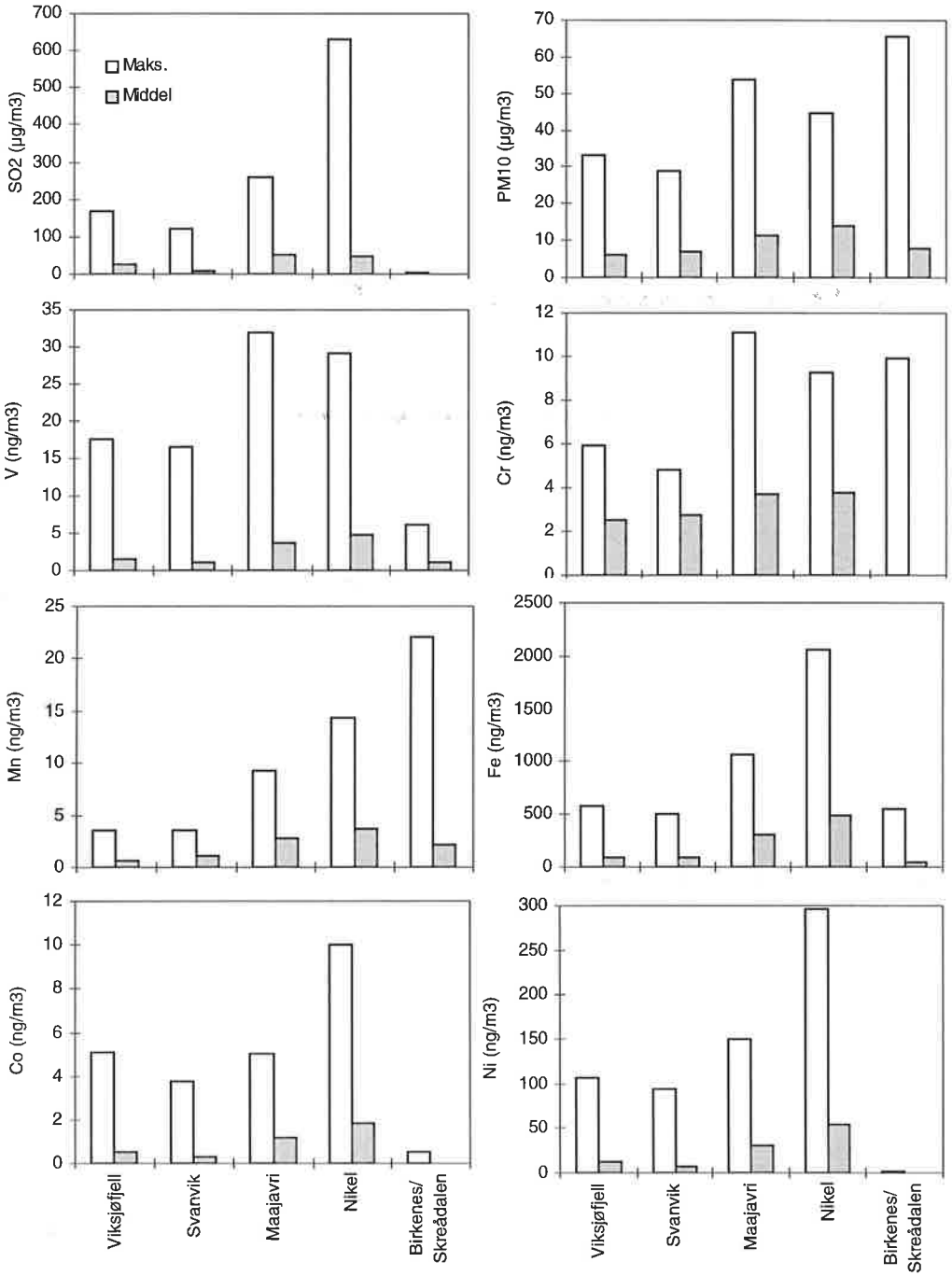
Tabell 2: Middelverdier og maksimale to- eller tredøgns middelverdier av SO_2 (µg/m³), svevestøv (µg/m³) og tungmetaller (ng/m³) fordelt i to størrelsesfraksjoner (ikke SO_2) for perioden april 1992-mars 1995 ved Viksjøfjell, for perioden april 1992-desember 1994 ved Svanvik, for perioden april 1992-mars 1994 ved Maajavri og for perioden desember 1994-mars 1995 i Nikel. Midlere maksimale verdier er gjennomsnittet av høyeste to- eller tredøgnsmiddelverdi for hvert år i måleperioden.

Stasjon	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m3
Viksjøfjell	Fin	Middel		3,7	1,2	0,1	0,1	12,2	0,1	1,8	2,2	3,2	1,8	0,2	2,4
April 1992 -		Maks.		23,7	14,5	0,9	1,6	94,0	1,3	26,5	32,6	26,3	17,1	2,0	34,8
mars 1995	Grov	Middel		2,4	0,4	2,0	0,5	77,8	0,4	10,6	7,2	1,9	0,7	0,1	0,8
		Maks.		10,8	3,7	5,8	2,7	542,6	4,0	88,8	62,4	8,5	6,1	0,4	4,6
	Sum	Middel	27,6	6,1	1,6	2,5	0,7	90,0	0,5	12,4	9,5	5,1	2,5	0,3	3,1
		Maks.	170,3	33,5	17,7	5,9	3,6	580,4	5,1	107,2	82,2	32,7	20,3	2,2	37,8
Svanvik	Fin	Middel		3,9	0,7	0,1	0,2	7,5	0,0	1,0	1,1	1,7	0,7	0,1	1,2
April 1992 -		Maks.		17,9	14,0	1,5	1,4	106,4	1,0	22,7	25,8	23,6	18,8	1,2	24,5
desember 1994	Grov	Middel		3,3	0,4	2,7	1,0	82,7	0,3	6,2	4,4	1,1	0,3	0,0	0,6
		Maks.		18,5	3,9	4,6	3,2	450,3	3,0	76,1	48,0	9,1	5,0	0,2	6,2
	Sum	Middel	9,1	7,2	1,1	2,7	1,1	90,2	0,3	7,2	5,5	2,8	1,1	0,1	1,7
		Maks.	120,5	28,7	16,5	4,8	3,5	506,7	3,8	93,7	67,6	32,0	23,6	1,4	30,1
Maajavri	Fin	Middel		6,5	2,6	0,2	0,7	33,4	0,1	3,5	4,6	5,9	3,5	0,3	4,2
April 1992-		Maks.		38,8	28,8	2,6	6,1	260,1	1,3	37,7	42,6	43,4	32,6	2,8	29,9
mars 1994	Grov	Middel		4,9	1,2	3,5	2,2	275,8	1,0	27,0	18,7	3,1	1,6	0,1	1,3
		Maks.		33,1	5,1	8,7	6,8	885,5	4,2	126,9	91,7	13,2	8,9	3,2	5,1
	Sum	Middel	50,5	11,3	3,8	3,7	2,8	309,2	1,2	30,5	23,2	9,0	5,1	0,4	5,5
		Maks.	259,9	53,8	32,0	11,1	9,3	1061,4	5,0	150,9	124,4	53,0	39,6	4,5	34,2
Nikel	Fin	Middel		6,5	3,1	0,3	0,8	41,7	0,2	5,3	6,4	8,4	5,2	0,4	10,1
Desember 1994-		Maks.		22,0	14,9	1,8	4,9	259,2	1,3	34,2	46,6	47,7	45,1	2,4	83,4
mars 1995	Grov	Middel		7,5	1,7	3,5	2,9	449,2	1,7	48,2	36,3	6,6	3,8	0,2	6,3
		Maks.		34,7	14,1	7,8	9,6	1904,3	9,5	282,5	213,0	36,2	29,0	1,4	46,7
	Sum	Middel	46,1	14,1	4,8	3,8	3,7	490,9	1,9	53,5	42,7	15,0	8,9	0,6	16,3
		Maks.	632,0	44,7	29,1	9,2	14,4	2054,7	10,0	296,3	242,8	83,9	74,0	3,8	130,1
Birkenes/	Fin	Middel		5,0	0,9		1,1	11	0,02	0,3	0,3	3,6	0,1		2,6
Skreådalen		Maks.		34,3	4,5	7,8	10,0	123	0,15	1,5	2,3	31,0	0,7	0,76	20,0
Januar 1992-	Grov	Middel		3,1	0,2		1,1	31	0,02	0,1	0,2	1,3	0,0		0,8
Desember 1992		Maks.		32,1	1,9	3,1	12,0	423	0,40	0,8	2,2	14,0	0,2	0,75	9,5
	Sum	Middel	0,7	8,0	1,1		2,2	42	0,04	0,4	0,5	4,9	0,1		3,4
		Maks.	5,6	65,6	6,1	9,9	22,0	547	0,55	1,9	4,3	43,0	0,8	1,30	26,0

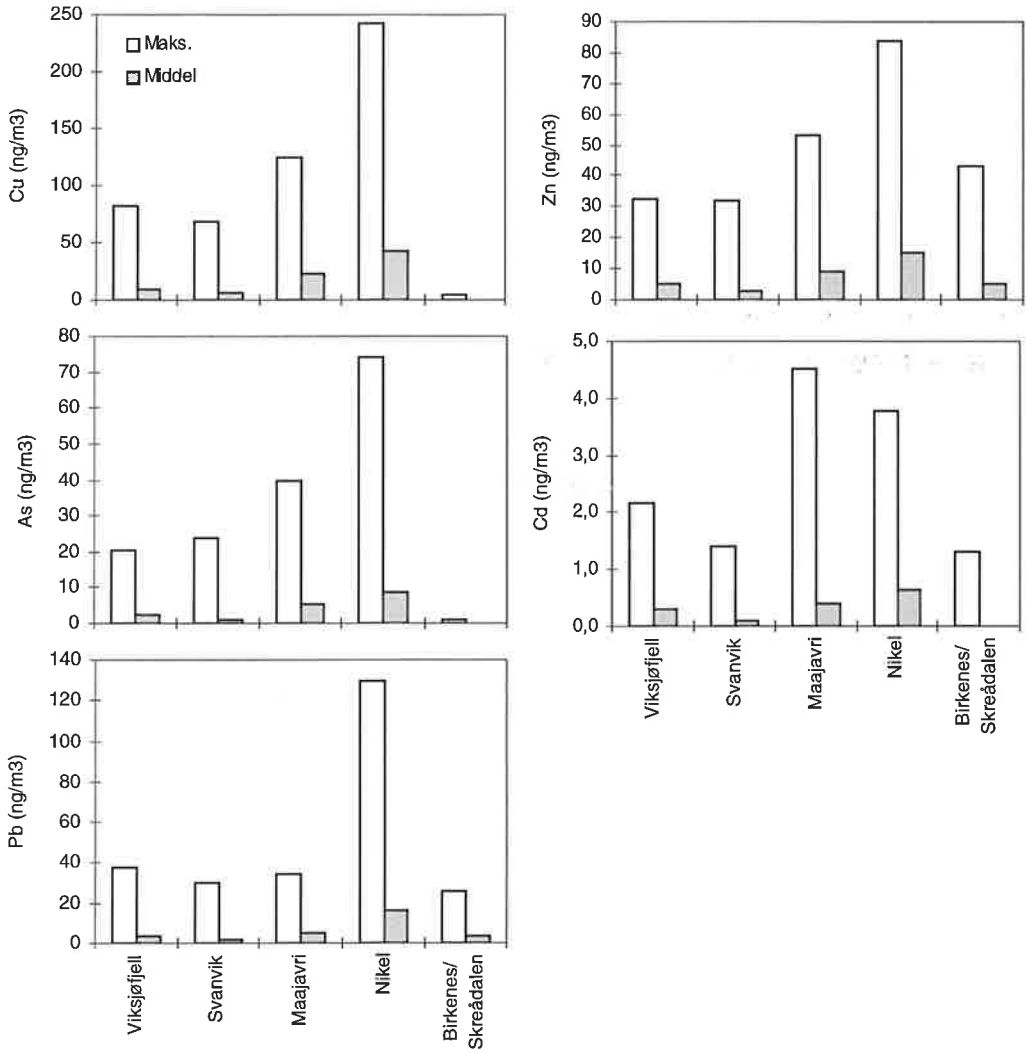
Figur 10 og 11 viser typiske (gjennomsnittlige) årsmiddelverdier og maksimale to- eller tredøgnsmiddelverdier ved stasjonene i grenseområdene sammenliknet med nivået ved Birkenes og Skreådalen. Verdiene for stasjonen i Nikel er mest usikre, da de bare bygger på målinger i de fire månedene desember 1994-mars 1995. Da frekvensen av vind fra nordøst, dvs. fra nikkelsmelteverket mot målestasjonen i Nikel vanligvis er noe høyere om sommeren enn om vinteren, kan årsmiddelverdiene for de enkelte elementene være høyere enn figurene viser.



Figur 9: Andel av konsentrasjoner av svevestøv og tungmetaller i to størrelses-fraksjoner beregnet fra middelkonsentrasjoner for Viksjøfjell (1992-1995), Svanvik (1992-1994), Maajavri (1992-1994), Nikel (vinter 1994/95) og Birkenes/Skreådalen (1992).



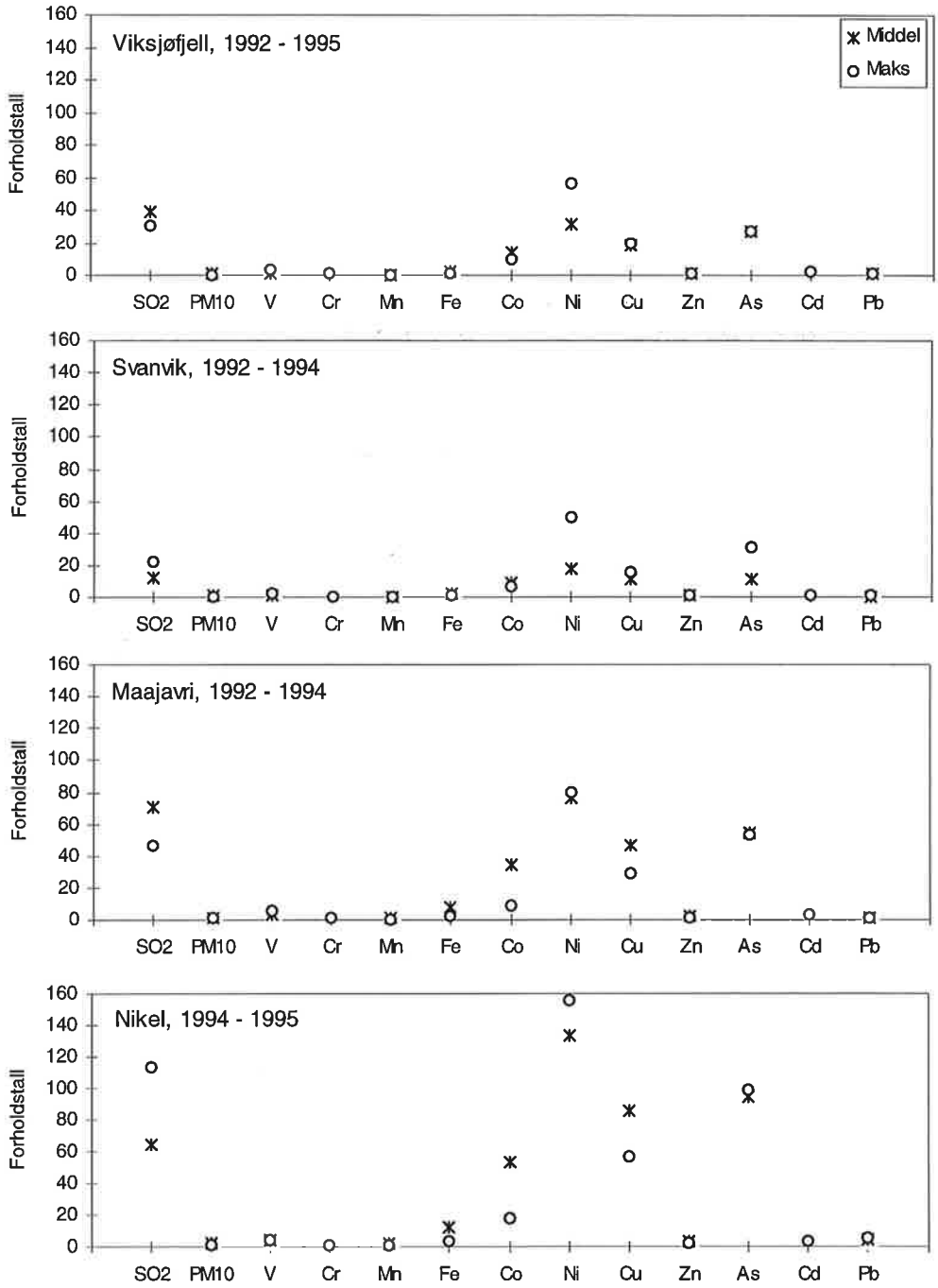
Figur 10: Gjennomsnittsnivåer og midlere maksimale konsentrasjoner av SO_2 (µg/m³), svevestøv (µg/m³) og tungmetallene V, Cr, Mn, Fe, Co og Ni (alle i ng/m³) for Viksjøfjell (1992-1995), Svanvik (1992-1994), Maajavri (1992-1994), Nikel (vinter 1994/95) og Birkenes/Skreådalen (1992).



Figur 11: Gjennomsnittsnivåer og midlere maksimale konsentrasjoner av tungmetallene Cu, Zn, As, Cd og Pb (ng/m³) for Viksjøfjell (1992-1995), Svanvik (1992-1994), Maajavri (1992-1994), Nikel (vinter 1994/95) og Birkenes/Skreådalen (1992).

Forurensningsnivået var gjennomgående høyere ved de russiske stasjonene enn ved de norske. Dette skyldes at de ligger nærmere utslippene og at de også er oftere eksponert. Forskjellen i forurensningsnivå i forhold til Birkenes/Skreådalen varierte til dels betydelig fra komponent til komponent og også noe fra stasjon til stasjon. Dette er vist tydeligere i figur 12 og i tabell 3.

Figur 12 viser hvor mange ganger konsentrasjonene ved stasjonene i grenseområdene er forhøyet i forhold til konsentrasjonene ved Birkenes/Skreådalen. Det er beregnet forholdstall både for midlere og maksimale konsentrasjoner. I tabell 3 er gjennomsnittet av forholdstallene for middelverdiene og maksimumsverdiene for hvert element for hver stasjon sortert i klasser etter hvor mange ganger nivået var forhøyet i forhold til ved Birkenes/Skreådalen.



Figur 12: Forholdstall som viser hvor mange ganger konsentrasjonene i grenseområdene er forhøyet i forhold til konsentrasjonene ved Birkenes/Skreådalen. Forholdstallene er beregnet både for midlere og maksimale konsentrasjoner.

Tabell 3: Sortering av SO_2, svevestøv og tungmetaller i klasser etter hvor mye nivået er forhøyet ved stasjonene i grenseområdene (1992-1995) i forhold til Birkenes/Skreådalen (1992) i Sør-Norge. Som forholdstall er brukt gjennomsnittet av forholdstallene for middel- og maksimumskonsentrasjonene (unntatt Cr og Mn der det ikke er angitt middelkonsentrasjoner for Birkenes og Skreådalen).

Antall ganger forhøyet nivå	Viksjøfjell (1992-1995)	Svanvik (1992-1994)	Maajavri (1992-1994)	Nikel Vinter (1994/95)
126-150				Ni
101-125				
81-100				SO_2, As
61- 80			SO_2, Ni	Cu
41- 60	Ni		As	
21- 40	SO_2, As	Ni, As	Co, Cu	Co
11- 20	Co, Cu	SO_2, Cu		
5,1- 10		Co		Fe
2,1-5,0	V		V, Fe, Cd	V, Zn, Cd, Pb
1,1-2,0	Fe, Cd, Pb	V, Fe, Cd	PM_{10}, Cr, Zn, Pb	PM_{10}, Mn
≤1,0	PM_{10}, Cr, Mn, Zn	PM_{10}, Cr, Mn, Zn, Pb	Mn	Cr

Figur 12 og tabell 3 viser at de komponentene som hadde mest forhøyede konsentrasjoner i forhold til bakgrunnskonsentrasjoner i Sør-Norge, var Ni, SO_2, As, Cu og Co. Konsentrasjonene av disse komponentene var mest forhøyet ved de stasjonene som også hadde de høyeste konsentrasjonene, Nikel og Maajavri. Mindre forhøyet nivå i Svanvik enn ved de andre stasjonene skyldes antagelig at Svanvik som oftest er eksponert i betydelig kortere del av tiden på grunn av vindfordelingen i området.

For de andre komponentene var konsentrasjonene forholdsvis mye mindre forhøyet enn for de ovenfor nevnte komponentene, selv om f.eks. Fe, V, Cd, Zn og Pb var noe forhøyet (2-5 ganger) ved en eller flere av målestasjonene.

Konsentrasjonene av PM_{10}, Cr og Mn var lite eller ikke forhøyet i forhold til typiske nivåer i Sør-Norge.

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 SO_2 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 Ecolocical Problems.

Berg, T. (1993) Atmospheric trace element deposition in Norway studied by ICP-MS. Dr. Scient. avh. Trondheim, Kjemisk Inst. AVH UNIT/NILU.

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).

Hagen, L.O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. og Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. Oktober 1994-mars 1995. Kjeller (NILU OR 1/96).

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 Levels 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-komitténs publikationsserie. 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).

Steinnes, E., Røyset, O., Vadset, M. and Johansen, O. (1993) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 1990. Oslo (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 523/93).

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 0337).

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 forurensningsovervåkning. Rapport 486/92).

Vedlegg A

Middel- og maksimale to- eller tredøgns-konsentrasjoner av SO_2 (µg/m^3), svevestøv (µg/m^3) og tungmetaller (ng/ m^3) i hvert halvår i perioden januar 1990-mars 1995

Tabell A1: Middel- og maksimale to- eller tredøgnskonsentrasjoner av SO_2 (µg/m³), svevestøv (µg/m³) og tungmetaller (ng/m³) i hvert halvår i perioden januar 1990-mars 1995. I sommerhalvåret 1991 og vinterhalvåret 1991/92 ble bare et utvalg av svevestøvprøvene analysert for tungmetaller. Det er derfor ikke gitt middelverdier for disse periodene.

Vinter 1990 (januar-mars)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	31	89	Fin	Middel		5,9	1,71	0,52	0,67	32,3	0,140	2,9	4,4	6,4	3,00	0,270	4,48
				Maks.		14,0	6,40	3,10	4,30	188,5	0,740	13,9	20,6	27,1	16,70	1,400	21,00
			Grov	Middel		2,0	0,53	2,71	0,50	74,3	0,450	10,7	8,9	4,2	1,02	0,140	1,53
				Maks.		5,0	2,50	4,80	2,30	222,7	1,860	48,1	27,6	13,6	3,80	0,200	5,20
			Sum	Middel	46,3	8,3	2,23	3,24	1,17	106,6	0,590	13,6	13,2	10,5	4,02	0,400	6,01
				Maks.	225,9	18,0	7,80	6,20	5,80	327,3	2,050	52,2	38,0	35,6	20,50	1,600	24,30

Sommer 1990 (april-september)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	31	170	Fin	Middel		4,2	0,35	0,33	0,22	14,3	0,050	1,3	2,0	2,8	1,19	0,110	2,88
				Maks.		13,5	2,40	0,70	1,50	76,9	0,440	8,4	23,2	21,1	15,60	1,100	36,10
			Grov	Middel		3,4	0,34	4,44	0,97	125,0	0,490	13,3	10,4	2,6	0,71	0,080	1,15
				Maks.		26,0	1,70	7,40	5,90	775,5	3,300	98,4	70,9	14,2	5,80	0,600	13,60
			Sum	Middel	21,8	7,6	0,69	4,77	1,19	139,3	0,540	14,6	12,4	5,4	1,90	0,200	4,03
				Maks.	135,1	32,0	3,00	7,90	6,20	800,2	3,460	102,3	75,6	29,0	20,00	1,200	43,70

Vinter 1990/91 (oktober 1990 - mars 1991)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	46	171	Fin	Middel		5,4	1,59	0,56	0,44	23,5	0,120	2,7	3,7	6,6	2,47	0,230	6,67
				Maks.		21,0	12,30	3,40	3,20	184,8	0,880	23,2	29,9	34,2	26,10	2,700	96,90
			Grov	Middel		2,6	0,62	2,78	0,66	67,4	0,330	9,3	7,1	4,3	0,89	0,080	1,79
				Maks.		10,1	1,90	6,20	3,10	345,3	3,430	72,5	44,8	25,3	6,20	0,500	22,70
			Sum	Middel	49,0	8,0	2,59	3,87	1,21	108,2	0,590	16,1	13,2	11,8	3,69	0,340	8,96
				Maks.	323,3	24,5	13,50	8,25	5,00	504,2	4,050	86,1	71,2	48,4	31,00	3,100	119,60

Tabell A1: forts.

Sommer 1991 (april-september)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	10	22	Fin	Middel		3,1											
				Maks.		13,1	0,9				0,13	4,6	4,4	18,8	4,8	0,38	10,3
			Grov	Middel		2,5											
				Maks.		7,6	1,4			210	1,27	36,1	27,8	6,1	2,0	0,16	3,5
			Sum	Middel	19	5,6											
				Maks.	88	17,5	2,3			~240	~1,3	~39	30,2	24,9	6,8	0,49	13,8

Vinter 1991/92 (oktober 1991-mars 1992)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	23	54	Fin	Middel		2,6											
				Maks.		8,0	3,2			98	0,27	6,1	9,2	11,3	11,2	1,80	23,2
			Grov	Middel		1,6											
				Maks.		7,4	1,0			251	0,93	38,6	15,5	5,5	6,4	0,21	3,0
			Sum	Middel	36	4,2											
				Maks.	161	12,8	3,6			298	0,98	~41	16,9	13,7	12,7	1,94	26,2
Svanvik	4	9	Fin	Middel		3,1											
				Maks.		19,0	3,1			78	0,22	7,8	9,6	6,6	2,3	0,24	6,3
			Grov	Middel		2,3											
				Maks.		11,8	0,9			142	0,55	10,5	10,4	3,5	0,7	~0.05	2,1
			Sum	Middel	4	5,4											
				Maks.	57	20,1	3,9			208	0,69	18,3	20,0	10,1	~2,6	~0.29	8,4
Maajavri	41	97	Fin	Middel		5,6											
				Maks.		23,8	6,9		5,9	133	0,56	9,5	15,0	24,1	14,6	11,20	30,5
			Grov	Middel		3,2											
				Maks.		9,8	3,0	31,4	4,9	674	4,05	84,9	68,8	12,5	9,2	6,83	9,5
			Sum	Middel	81	8,8											
				Maks.	335	28,4	9,0	~36,0	~7,3	738	~4,1	~88	71,3	35,3	19,7	15,10	40,0

Tabell A1: forts.

Sommer 1992 (april-september)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	11	177	Fin	Middel		4,5	0,50		0,13	10,1	0,047	1,1	1,5	1,9	0,73	0,077	0,85
				Maks.		21,0	3,25	0,64	1,56	92,8	0,336	9,1	15,2	24,2	11,71	0,889	8,25
			Grov	Middel		3,5	0,40	0,56	0,78	89,4	0,389	10,0	6,9	1,0	0,46		0,44
				Maks.		9,2	1,68	6,04	4,37	640,0	3,449	100,9	51,3	6,7	3,41	0,120	1,50
			Sum	Middel	19,0	8,0	0,90		0,91	99,4	0,436	11,1	8,5	2,8	1,19		1,29
				Maks.	95,6	24,0	4,25	6,42	4,78	670,3	3,547	104,6	54,0	30,9	15,12	1,009	9,75
Svanvik	7	175	Fin	Middel		4,5	0,33	0,37	0,17	8,5	0,030	0,8	0,8	1,0	0,24	0,033	0,63
				Maks.		14,1	0,86	2,55	0,31	31,5	0,133	2,5	4,5	4,8	3,18	0,221	2,27
			Grov	Middel		5,0	0,30		1,29	90,1	0,167	3,0	2,6	0,6	0,17		0,33
				Maks.		21,5	0,46	2,16	1,92	160,7	0,348	9,5	6,6	1,6	0,93	0,027	0,73
			Sum	Middel	7,0	9,5	0,63		1,46	98,7	0,197	3,8	3,5	1,6	0,42		0,97
				Maks.	60,8	24,4	1,32	2,94	2,17	176,6	0,470	12,0	11,1	6,4	4,11	0,231	2,71
Maajavri	11	168	Fin	Middel		5,3	0,80	0,05	0,38	13,8	0,061	1,5	1,9	2,8	1,10	0,122	1,29
				Maks.		14,2	6,98	0,99	2,25	164,7	0,657	14,9	23,4	34,0	18,93	1,430	12,30
			Grov	Middel		4,7	0,62		1,52	156,6	0,633	16,1	10,9	2,0	0,74	0,122	0,62
				Maks.		20,7	2,36	3,82	2,93	412,2	2,647	72,3	46,6	16,2	3,66	5,987	1,94
			Sum	Middel	27,0	10,0	1,42		1,90	170,5	0,694	17,6	12,8	4,8	1,83	0,243	1,91
				Maks.	135,2	30,5	7,86	4,50	4,76	466,4	3,041	83,7	59,5	40,3	22,59	6,022	13,73

Tabell A1: forts.

Vinter 1992/93 (oktober 1992-mars 1993)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	11	172	Fin	Middel		3,1	0,58	0,04	0,06	5,3	0,046	0,9	1,4	1,0	0,80	0,074	0,61
				Maks.		10,4	12,20	1,27	1,61	106,5	2,307	38,8	47,2	20,3	13,05	1,085	14,15
			Grov	Middel		1,7	0,28		0,29	38,6	0,278	5,9	4,9	0,9	0,52		0,32
				Maks.		6,1	3,47	8,13	2,21	454,9	6,535	110,2	88,9	7,0	5,29	0,188	1,64
			Sum	Middel	34,3	4,7	0,86		0,35	43,9	0,324	6,8	6,3	1,9	1,32		0,93
				Maks.	163,1	15,5	15,67	8,47	3,82	551,4	8,842	149,0	136,1	27,3	17,64	1,220	15,79
Svanvik	11	182	Fin	Middel		4,1	0,66	0,04	0,09	4,2	0,038	0,8	1,1	1,0	0,77	0,042	0,71
				Maks.		18,6	14,43	1,14	1,41	92,2	1,477	27,6	33,0	18,2	15,40	1,121	9,07
			Grov	Middel		2,3	0,31	0,89	0,31	38,5	0,218	5,0	3,8	0,7	0,35	0,016	0,67
				Maks.		5,4	5,07	3,99	1,94	276,8	2,984	64,4	43,6	5,4	2,73	0,155	3,37
			Sum	Middel	10,8	6,4	0,97	0,93	0,40	42,7	0,257	5,8	4,9	1,7	1,13	0,058	1,38
				Maks.	124,2	22,0	15,58	4,36	2,48	331,7	3,729	76,8	63,2	21,7	17,64	1,181	10,77
Maajavri	11	141	Fin	Middel		4,9	3,23	0,16	0,50	42,3	0,201	4,3	6,5	7,0	5,27	0,414	4,28
				Maks.		20,0	21,82	3,63	3,35	320,4	1,157	25,9	39,4	41,2	33,23	2,826	28,04
			Grov	Middel		3,3	1,20	1,64	1,08	190,1	1,323	33,1	24,1	3,2	2,37	0,123	1,30
				Maks.		14,7	4,83	9,88	3,38	617,9	2,880	76,9	83,8	12,7	7,59	0,549	5,60
			Sum	Middel	86,0	8,2	4,42	1,81	1,58	232,4	1,524	37,3	30,6	10,2	7,64	0,538	5,58
				Maks.	274,8	24,6	24,75	13,51	6,73	938,3	4,011	98,8	123,2	53,9	40,82	3,375	33,64

Tabell A1: forts.

Sommer 1993 (april-september)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	10	162	Fin	Middel		3,9	0,86	0,10	0,12	8,9	0,050	1,3	1,4	1,7	0,95	0,100	1,06
				Maks.		47,6	6,01	0,54	0,88	57,7	0,271	7,9	9,5	9,6	7,60	0,487	5,85
			Grov	Middel		2,6	0,37	2,57	0,48	75,6	0,410	9,8	5,9	1,2	0,52	0,050	0,33
				Maks.		8,4	3,27	5,12	1,67	304,2	2,525	71,6	43,5	4,0	6,12	0,424	1,74
			Sum	Middel	14,1	6,5	1,23	2,66	0,60	84,5	0,460	11,0	7,3	2,8	1,48	0,150	1,39
				Maks.	70,9	51,2	9,14	5,18	2,53	345,2	2,700	77,8	48,9	13,6	11,52	0,910	7,59
Svanvik	7	174	Fin	Middel		4,3	0,65	0,10	0,16	11,8	0,040	0,9	1,1	1,9	0,77	0,070	0,87
				Maks.		25,6	6,11	0,18	0,57	25,9	0,118	4,6	2,7	3,4	1,41	0,154	2,56
			Grov	Middel		4,4	0,57	4,90	1,98	170,8	0,470	11,0	7,8	1,7	0,46	0,020	0,55
				Maks.		21,6	2,38	6,36	4,60	302,7	1,664	42,8	27,3	2,9	1,03	0,055	0,74
			Sum	Middel	10,0	8,7	1,22	5,01	2,13	182,5	0,510	11,9	9,0	3,7	1,23	0,100	1,42
				Maks.	50,1	40,1	8,49	6,48	4,67	316,4	1,780	47,4	30,0	5,1	2,44	0,210	3,26
Maajavri	8	82	Fin	Middel		8,9	1,37	0,20	1,02	32,9	0,100	2,2	2,9	3,7	2,09	0,160	2,29
				Maks.		57,6	9,92	0,98	3,31	199,7	0,646	14,1	23,3	28,9	18,52	1,443	16,21
			Grov	Middel		8,7	1,51	4,74	5,17	596,9	1,260	32,6	20,7	3,7	0,96	0,060	1,08
				Maks.		45,5	2,73	6,74	10,29	1 153,0	5,547	174,6	72,6	10,1	5,10	0,231	3,38
			Sum	Middel	28,0	17,6	2,88	4,94	6,19	629,8	1,370	34,7	23,6	7,4	3,05	0,220	3,37
				Maks.	147,3	77,1	12,47	7,57	10,77	1 184,5	5,930	182,5	80,6	35,8	22,93	1,620	18,91

Tabell A1: forts.

Vinter 1993/94 (oktober 1993 - mars 1994)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	11	162	Fin	Middel		4,2	2,25	0,17	0,30	14,8	0,100	2,8	2,8	5,8	2,40	0,200	3,34
				Maks.		11,4	12,82	0,58	1,15	81,6	0,664	21,2	23,6	22,7	12,66	1,147	7,59
			Grov	Middel		1,8	0,47	2,04	0,33	51,8	0,320	8,1	5,7	2,8	0,64	0,110	1,21
				Maks.		3,9	3,19	3,56	1,25	431,0	3,061	72,6	37,9	9,7	2,53	0,219	2,63
			Sum	Middel	32,0	6,0	2,73	2,21	0,63	66,6	0,410	10,9	8,5	8,6	3,04	0,300	4,55
				Maks.	170,4	14,6	14,68	3,70	1,80	476,7	3,560	82,9	45,8	27,1	14,83	1,310	8,84
Svanvik	10	180	Fin	Middel		4,1	1,29	0,10	0,23	4,2	0,050	1,2	0,9	2,6	0,60	0,070	1,83
				Maks.		15,3	18,14	0,81	1,64	107,4	0,759	18,7	17,9	29,8	16,37	0,927	26,93
			Grov	Middel		2,1	0,35	3,32	0,30	28,8	0,180	4,2	2,8	1,6	0,22	0,030	0,75
				Maks.		22,0	4,91	4,31	2,69	591,2	4,424	117,1	71,2	16,3	7,61	0,345	10,22
			Sum	Middel	8,0	6,2	1,64	3,43	0,54	33,1	0,230	5,4	3,7	4,2	0,82	0,090	2,57
				Maks.	120,2	33,4	23,05	4,34	3,97	658,7	5,180	135,8	84,1	46,1	23,98	1,270	37,15
Maajavri	10	107	Fin	Middel		6,7	4,95	0,31	0,83	44,5	0,220	6,1	7,1	10,0	5,68	0,450	8,79
				Maks.		22,0	35,69	1,56	8,85	181,8	1,350	49,5	45,8	45,6	32,05	2,709	31,73
			Grov	Middel		2,9	1,39	4,15	0,89	159,6	0,930	26,1	18,9	3,7	2,23	0,140	2,35
				Maks.		6,0	5,40	7,46	2,93	925,6	5,010	176,8	99,6	6,5	10,26	0,401	4,63
			Sum	Middel	61,0	9,5	6,35	4,46	1,72	204,1	1,160	32,3	26,0	13,7	7,91	0,590	11,14
				Maks.	245,0	28,0	39,25	8,76	11,78	1 101,9	6,030	203,0	125,5	52,1	38,39	3,030	34,82

Tabell A1: forts.

Sommer 1994 (april - september)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	11	181	Fin	Middel		3,1	0,76	0,11	0,09	13,3	0,070	2,1	2,3	3,5	2,05	0,190	3,82
				Maks.		10,4	3,63	0,33	0,48	48,5	0,334	10,4	13,8	22,7	18,31	1,404	55,45
			Grov	Middel		3,1	0,59	2,44	0,97	146,1	0,730	20,4	13,2	2,7	1,11	0,080	1,19
				Maks.		14,8	1,25	3,58	2,14	556,8	2,245	83,7	54,7	6,5	5,20	0,255	9,58
			Sum	Middel	20,8	6,2	1,36	2,55	1,06	159,4	0,800	22,5	15,4	6,2	3,16	0,270	5,00
				Maks.	115,0	25,2	4,73	3,91	2,42	594,3	2,440	89,8	61,5	29,2	23,51	1,590	65,03
Svanvik	7	173	Fin	Middel		3,3	0,37	0,04	0,12	6,0	0,020	0,6	0,6	1,1	0,48	0,060	1,11
				Maks.		9,6	1,72	0,13	0,38	46,8	0,224	6,8	8,9	9,1	6,93	0,616	37,19
			Grov	Middel		4,0	0,46	1,84	1,55	133,6	0,350	9,4	5,7	1,6	0,44	0,040	0,53
				Maks.		11,9	1,04	2,55	3,01	482,9	1,697	46,9	29,2	4,0	2,48	0,211	5,01
			Sum	Middel	8,1	7,3	0,83	1,88	1,66	139,7	0,360	10,0	6,3	2,7	0,92	0,090	1,65
				Maks.	66,8	21,6	2,76	2,55	3,39	529,7	1,920	53,7	38,1	13,1	9,41	0,830	42,20

Tabell A1: forts.

Vinter 1994/95 (oktober 1994 - mars 1995)

Stasjon	Antall prøver	Antall døgn	Fraksjon		SO_2 µg/m³	Svevestøv µg/m³	V ng/m³	Cr ng/m³	Mn ng/m³	Fe ng/m³	Co ng/m³	Ni ng/m³	Cu ng/m³	Zn ng/m³	As ng/m³	Cd ng/m³	Pb ng/m³
Viksjøfjell	11	176	Fin	Middel		3,6	2,13	0,17	0,16	20,9	0,110	2,9	3,7	5,2	3,83	0,390	4,58
				Maks.		13,1	18,50	0,81	1,95	93,9	0,901	19,6	27,0	32,1	25,64	3,815	82,57
			Grov	Middel			0,56	2,50	0,34	65,3	0,360	9,3	6,9	2,9	1,12	0,140	1,09
				Maks.		5,2	4,29	4,03	1,61	276,4	2,462	70,1	40,1	8,8	6,90	0,523	6,33
			Sum	Middel	45,6	5,4	2,69	2,68	0,50	86,3	0,470	12,2	10,7	8,1	4,95	0,530	5,68
				Maks.	177,4	17,5	22,79	4,13	3,56	317,0	2,780	79,9	53,2	40,0	28,46	4,000	88,90
Svanvik	5	89	Fin	Middel		2,8	1,14	0,07	0,14	10,1	0,050	1,6	1,9	2,3	1,57	0,130	1,95
				Maks.		8,2	9,39	1,16	1,02	119,6	0,854	21,7	26,6	22,7	24,55	1,539	37,50
			Grov	Middel		2,1	0,29	2,35	0,34	34,5	0,170	4,8	3,6	0,6	0,41	0,040	0,53
				Maks.		4,1	1,86	3,50	0,94	199,3	1,591	46,9	28,9	5,5	4,55	0,248	4,98
			Sum	Middel	10,6	4,9	1,43	2,42	0,47	44,6	0,220	6,4	5,5	3,0	1,98	0,170	2,48
				Maks.	117,2	11,2	10,93	3,55	1,96	318,9	2,440	68,6	55,5	28,2	29,10	1,790	42,48
Nikel	13	111	Fin	Middel		6,5	3,11	0,32	0,83	41,7	0,210	5,3	6,4	8,4	5,18	0,390	10,05
				Maks.		22,0	14,92	1,78	4,85	259,2	1,262	34,2	46,6	47,7	45,05	2,418	83,43
			Grov	Middel		7,5	1,70	3,46	2,89	449,2	1,650	48,2	36,3	6,6	3,76	0,240	6,25
				Maks.		34,7	14,13	7,79	9,55	1 904,3	9,503	282,5	213,0	36,2	28,95	1,369	46,68
			Sum	Middel	46,1	14,1	4,81	3,78	3,72	490,9	1,860	53,5	42,7	15,0	8,94	0,063	16,30
				Maks.	632,0	44,7	29,05	9,24	14,40	2 054,7	10,010	296,3	242,8	83,9	74,00	3,790	130,11

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

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 28/96	ISBN-82-425-0771-6	
DATO 28/5-96	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 50	PRIS NOK 75,-
TITTEL Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland Tungmetaller i luft 1990-1995		PROSJEKTLEDER Bjarne Sivertsen NILU PROSJEKT NR. O-8976	
FORFATTER(E) Leif Otto Hagen, Bjarne Sivertsen og Mona Johnsrud		TILGJENGELIGHET * A OPPDRAGSGIVERS REF. T. Johannesen, SFT	
OPPDRAGSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep 0032 OSLO			
STIKKORD Luftkvalitet	Tungmetaller	Sør-Varanger	

REFERAT
Som følge av miljøvernavtalen mellom Norge og Russland er det siden 1990 gjennomført målinger av luftkvalitet inkl. tungmetaller ved stasjoner på begge sider av grensen. I forhold til konsentrasjonene på regionale bakgrunns-stasjoner i Sør-Norge var konsentrasjonene av Ni, As, Cu og Co forhøyet 20-150 ganger i Nikel, 20-80 ganger ved Maajavri, 10-70 ganger ved Viksjøfjell og 5-40 ganger i Svanvik. Konsentrasjonene av de øvrige analyserte tung-metallene var betydelig mindre forhøyet i grenseområdene.

TITLE Air Quality Monitoring in the Border Areas of Norway and Russia.
Heavy Metals in Air 1990-1995

ABSTRACT
As a follow up of the agreement on environmental issues between Norway and Russia measurements of air quality including heavy metals have been performed at stations on both side of the border since 1990. Compared to concentrations at regional background stations in southern Norway, concentrations of Ni, As, Cu and Co are increased 20-150 times in Nikel, 20-80 times at Maajavri, 10-60 times at Viksjøfjell and 5-40 times in Svanvik. The concentrations of the other analysed heavy metals are considerably less increased in the border areas of Norway and Russia.

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