

NILU : OR 70/96
REFERANSE : O-95057
DATO : DESEMBER 1996
ISBN : 82-425-0832-1

Tungmetallforurensning i grenseområdet Norge- Russland

Tone Bekkestad og Torunn Berg

Innhold

	Side
Sammendrag	2
1. Innledning	3
2. Prøvetaking og analyse	3
3. Resultater	4
4. Meteorologiske forhold	6
4.1 Vindmålinger	6
4.2 Atmosfærisk stabilitet	8
5. Modellberegninger av avsetning av Ni og Cu	9
5.1 Utslippsdata.....	9
5.2 Langtidsmiddel av Ni og Cu	11
6. Sammenligning av målte og beregnede verdier	15
7. Referanser	15

Sammendrag

Luft og nedbørprøver, samt prøver av etasjehusmose ble samlet inn i perioden 1. juni-1. september 1995 for 5 lokaliteter i området rundt nedbørsamlerne i Svanvik. Prøvene har blitt analysert for komponentene Cu, Ni, As, Co, Cr, Zn, Cd og Pb i NILUs laboratorier. I tillegg ble V målt for luftprøver.

Spredningsberegninger har blitt utført for avsetning av tungmetaller (Ni og Cu) i grenseområdet mellom Norge og Russland ved bruk av NILUs gaussiske spredningsmodell CONDEP for beregning av langtidsmiddel. Resultatene fra spredningsberegningene viste at den høyeste avsetningen forventes å forekomme i områdene rundt smelteverket i Nikel, med et maksimumsområde litt sør for Nikel. De høyeste verdiene for avsetning av Ni og Cu ligger på henholdsvis 15 mg/m² og 9 mg/m².

En sammenligning av målte og beregnete verdier for Ni og Cu for Svanvik viste godt samsvar både for Ni og Cu. På grunn av få målte verdier (avsetninger) kan det ikke sies noe om hvorvidt de beregnete verdier ville stemme like godt overens for hele beregningsområdet. For å kunne gjøre en slik sammenligning er det nødvendig med et større antall målinger fra et større geografisk område.

Tungmetallforurensning i grenseområdet Norge-Russland

1. Innledning

Sporelementer fjernes fra atmosfæren som partikler og gasser ved våt- og tørravsetning. I områder med lite forurensning fjernes sporelementene hovedsakelig ved våtavsetning. Ved å beregne avsetningen for sporelementer med spredningsmodeller og på grunnlag av nedbørdata, kan en derfor få et brukbart mål for totalavsetningen av sporelementer ved de fleste målestasjoner i Norge. Dette er imidlertid ikke tilfelle for Svanvik, som ligger i en av hovedvindretningene fra gruve- og smelteverksindustrien på Kola-halvøya. Store deler av totalavsetningen for sporelementer som Cr, Co, Ni, Cu, As, og Cd forekommer her trolig som tørravsetning i perioder med østlig vind. Tidligere undersøkelser av moser fra dette området har vist at mosen tar opp relativt mer av sporelementene Cr, Co, Ni, Cu, As og Cd enn det som måles i nedbørprøvene (Berg, 1993). Dette skyldes trolig at mosene tar opp disse elementene som tørravsetning.

Basert på estimerte utslipp av Ni og Cu fra smelteverksindustrien i Nikel og Zapoljarnij har det blitt utført spredningsberegninger i perioden juni-august 1995 for å se på avsetning av Ni og Cu over en 3-måneders sommerperiode. Denne perioden sammenfaller med perioden hvor det er utført målinger av totalavsetning og tørravsetning av sporelementer ved Svanvik.

Prosjektet ble initiert for å bedre kunnskapen om våtavsetning for forskjellige sporelementer i Svanvik-området i Sør-Varanger, for å se på sammenhengen mellom konsentrasjoner av sporelementer i mose og bulk avsetning, samt for å studere sammenhengen mellom utslippene fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij og avsetning og opptak av elementer i mose.

2. Prøvetaking og analyse

Prøver av luft ble samlet inn med NILUs tofilterprøvetaker en dag i uka i perioden 1. juni-1. september 1995 ved NILUs prøvetakingstasjon Svanvik. Både fin- (<2.5 μm) og grovfraksjon (2.5-10 μm) ble prøvetatt. Filtrene ble dekomponert med salpetersyre før analyse.

Nedbør ble samlet inn ukentlig i samme periode. I tillegg til NILUs vanlige bulkprøvetaker, ble det også brukt en wet-only- prøvetaker. Bulkprøvetakeren står åpen hele tiden, og samler både våt- og tørravsetning. "Wet-only" prøvetakeren er lukket i de periodene det ikke regner, og samler derfor bare våtavsetning. Nedbørprøvene ble tilsatt HNO₃ ved ankomst til laboratoriet.

Prøver av etasjehusmose (*Hylocomium splendens*) ble samlet inn ved fem lokaliteter innen 1 km radius fra nedbørsamlerne i september 1995. På hver

lokalitet ble det samlet inn mose fra flere steder, som så ble slått sammen til en prøve. På laboratoriet ble prøvene tørket i varmeskap ved 35°C. Det siste fullt utviklede årsskuddet ble dekomponert med HNO₃.

Alle prøver ble analysert med induktivt koblet plasma - masse spektrometri (ICP-MS) for følgende elementer: Cu, Ni, As, Co, Cr, Zn, Cd og Pb. I tillegg ble V målt for luftprøver.

Detaljer om prøvetaking og analyse av henholdsvis filter, nedbør og moser er gitt i følgende artikler: Berg et al. 1991; 1994 og 1995a.

3. Resultater

Resultater fra analysene av luftprøver kan ses i Tabell 1. Månedlige middelkonsentrasjoner, og middelkonsentrasjoner for måleperioden er oppgitt.

Tabell 1: Tungmetaller i luft (fin- og grovfraksjon) fra Svanvik juni-august 1995 (ng/m³).

Komponent	Fraksjon	Juni	Juli	August	Middel
Cu	fin	1.9	0.7	1.2	1.3
	grov	7.3	1.6	8.0	5.6
Ni	fin	1.6	<1.0	<1.0	1.0
	grov	10.4	2.2	5.7	6.1
As	fin	1.4	0.4	0.72	0.84
	grov	0.52	0.13	0.24	0.29
Co	fin	0.07	0.028	0.043	0.047
	grov	0.43	0.12	0.25	0.26
Cr	fin	<2	<2	<2	<2
	grov	<2	<2	<2	<2
V	fin	0.6	0.18	0.43	0.40
	grov	0.3	0.15	0.63	0.63
Zn	fin	<2	<2	<2	<2
	grov	<2	<2	<2	<2
Cd	fin	0.11	0.04	0.083	0.077
	grov	0.03	0.011	0.03	0.024
Pb	fin	3.225	0.65	0.86	1.6
	grov	0.48	0.18	0.24	0.30

De største partiklene som slippes ut fra et smelteverk eller en annen utslippskilde, vil falle ned i nærområdet til kilden. Mindre partikler vil kunne transporteres langt

hovedvindretningen, fra smelteverkene på Kolahalvøya. Cu, Ni og Co er tungmetaller som hovedsakelig slippes ut fra smelteverkene, og disse elementene finnes i alt overveiende grad i grovfraksjonen (Tabell 1). As, Cd og Pb finnes hovedsakelig i finfraksjonen av partiklene, og har også andre kilder.

Resultater fra analyser av nedbørsprøver fra bulk og wet-only prøvetakere er presentert i Tabell 2.

Tabell 2: Våtavsetning (bulk og wet-only) fra Svanvik juni-august 1995 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$), samt % nedfall i wet-only sammenliknet med bulk.

Komponent	Nedbørs-prøvetaker	Juni	Juli	Aug.	Total	% av bulk
Cu	bulk	1 244	178	975	2 397	
	wet-only	600	185	345	1 030	43%
Ni	bulk	1 785	225	1 145	2 155	
	wet-only	1 240	410	330	880	41%
As	bulk	118	69	108	295	
	wet-only	106	77	54	237	80%
Co	bulk	62	8	39	109	
	wet-only	39	14	11	64	59%
Cr	bulk	41	8	23	72	
	wet-only	31	16	9	56	78%
Zn	bulk	405	272	259	936	
	wet-only	286	268	154	708	78%
Cd	bulk	6	4	6	16	
	wet-only	4	10	5	18	112%
Pb	bulk	138	67	74	279	
	wet-only	83	59	50	192	69%

Avsetningen av Ni i Svanvik er minimum 10 ganger større enn det vi finner på bakgrunnstasjoner i andre deler av Norge når bulkprøvetakere brukes. Tilsvarende tall for Co og Cu er 7 og 6 (Tørset, 1996). I et område som Svanvik hvor det er en punktkilde (smelteverkene) i nærheten og hvor det normalt er lite nedbør, vil en stor del av nedfallet være i form av tørravsetning. Det er derfor ikke uventet at forskjellen i nedfallsmålingene med bulk og wet-only prøvetakerne blir såpass stor som vist i tabell 2. Mye av nedfallet vil komme ned i tørre perioder og vil samles opp av en bulkprøvetaker, mens wet-only prøvetakeren er lukket i disse tørre periodene. Særlig stor er forskjellen for de elementene som har de russiske smelteverkene som hovedkilde (Cu, Ni, Co).

Resultatene for moseprøvene er vist i Tabell 3. Opptakseffektiviteter for elementer er beregnet etter samme metode som beskrevet i Berg et al. (1995). Dvs. at en antar Pb har en opptaksfaktor på 100% og beregner faktorer elementer ut fra dette.

antar Pb har en opptaksfaktor på 100% og beregner faktorer elementer ut fra dette. Resultatene for Svanvik er helt forskjellig fra det som er funnet i andre deler av landet, hvor opptakseffektivitetene for elementene analysert her har vært mindre enn 100 (Berg et al., 1995b). Opptaksfaktorer over 100% viser at det er stor tørravsetning i området.

Tabell 3: Tungmetaller i *Hylocomium splendens* (middelerdi ($\mu\text{g/g}$) og standard avvik ($\mu\text{g/g}$)), samt forholdet mellom nedfall (bulk) og mosekonsentrasjon

Komponent	X	Std.Av.	E% (Mose)
Cu	43 (40)	11	310
Ni	70	17	604
As	0,72	0,32	45
Co	2,7	0,32	461
Cr	1,3	0,24	336
Zn	40 (10)	16	200
Cd	0,20	0,02	230
Pb	1,5	0,52	100

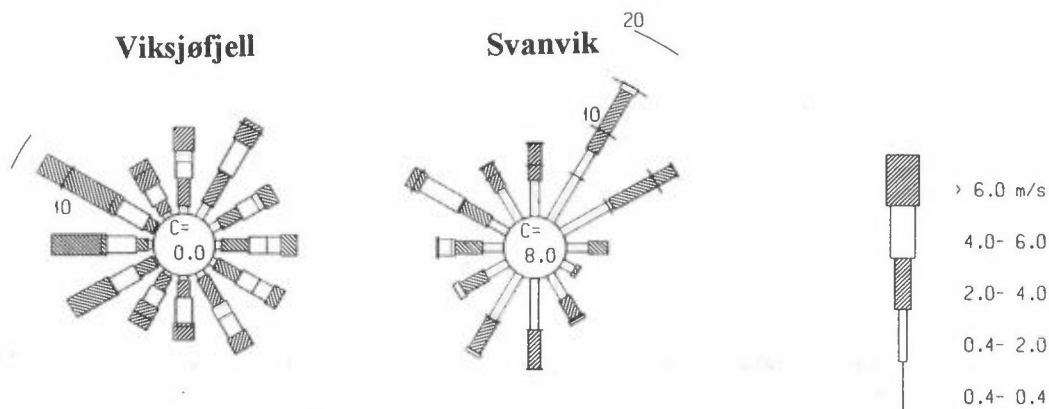
4. Meteorologiske forhold

Meteorologiske forhold har blitt målt på de to stasjonene Viksjøfjell og Svanvik i måleperioden. Viksjøfjell ligger omtrent 400 m over havet, og Svanvik ligger nede i Pasvikdalen. Ved begge stasjonene har det vært utført kontinuerlige registreringer av vindretning, vindstyrke og temperatur 10 m over bakken.

4.1 Vindmålinger

Figur 1 viser vindroser for perioden juni-august 1995 fra Viksjøfjell og Svanvik. Vindrosene viser frekvens 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.

Vindrosen fra Viksjøfjell viser at vind fra vest-nordvest og nord-nordøst forekom hyppigst i sommermånedene juni, juli og august i 1995. Vind fra nord-nordvest og sør-sørvest hadde lavest hyppighet. Figuren viser også at frekvensen av vindstyrker over 6 m/s var størst ved vind mellom vest-sørvest og vest-nordvest, og lavest ved vind fra nordøst til sørøst. I Svanvik blåste det oftest fra nordøst og vest-nordvest.



Figur 1: Vindroser for perioden juni-august 1995 fra Viksjøfjell og Svanvik.

Vindretningsfordelingene på de to stasjonene i sommermånedene juni-august 1995 lignet i hovedtrekk på fordelingene fra sommeren 1994 (Hagen et al., 1996).

Tabell 4 gir andel vindstille, midlere vindstyrke, hyppighet av vind over 6 m/s og maksimal timemiddel vindstyrke for sommermånedene juni, juli og august 1995 fra Viksjøfjell og Svanvik. Tabellen viser at det blåste betydelig sterkere på fjellet ved Viksjøfjell enn nede i dalen ved Svanvik.

Tabell 4: Statistikk over vindstyrker ved Viksjøfjell og Svanvik i perioden juni-august 1995 (m/s).

Stasjon	Måned	Andel vindstille (%)	Midlere vindstyrke (m/s)	Andel >6 m/s (%)	Maks. timemiddel (m/s)
Viksjøfjell	Juni	0,0	5,6	33,7	14,1
	Juli	0,0	6,0	39,8	14,3
	August	0,1	5,5	30,8	19,1
	Juni-August	0,0	5,7	34,8	15,8
Svanvik	Juni	2,9	2,4	1,9	8,2
	Juli	9,6	2,1	0,3	6,3
	August	12,5	2,0	2,5	7,4
	Juni-August	8,3	2,2	1,6	7,3

4.2 Atmosfærisk stabilitet

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

Ustabil sjiktning	:	$\Delta T < -0,5^\circ \text{C}$
Nøytral sjiktning	:	$-0,5 \leq \Delta T < 0^\circ \text{C}$
Lett stabil sjiktning	:	$0 \leq \Delta T < 0,5^\circ \text{C}$
Stabil sjiktning	:	$0,5 \leq \Delta T \quad ^\circ \text{C}$

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 utslippen vil nå bakken nær kilden før de er særlig fortynnet, noe som vil kunne gi høye bakkekonsentrasjoner.

Lett stabil og stabil sjiktning, det vil si at temperaturen øker med høyden, forekommer oftest om natten 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 5.

Tabell 5: Forekomst (%) av fire stabilitetsklasser ved Viksjøfjell og Svanvik i sommermånedene juni, juli og august 1995.

Stasjon	Måned	Ustabil	Nøytral	Lett stabil	Stabil
Viksjøfjell	Juni	25,4	65,7	7,8	1,1
	Juli	12,5	74,1	12,5	0,9
	August	8,1	77,8	11,8	2,3
Svanvik	Juni	27,6	63,2	4,2	5,1
	Juli	18,2	68,4	4,5	8,9
	August	14,4	61,5	9,3	14,8

Tabellen viser at det i alle sommermånedene var størst forekomst av nøytral sjiktning på begge stasjonene. På Viksjøfjell var det oftere lett stabil sjiktning enn i Svanvik i alle månedene, mens Svanvik i de fleste månedene hadde høyest frekvens av stabil sjiktning.

Basert på de meteorologiske dataene fra de to stasjonene Viksjøfjell og Svanvik er det utarbeidet vind og stabilitetsmatriser for de to stasjonene.

5. Modellberegninger av avsetning av Ni og Cu

5.1 Utslippsdata

Data for utslipp av Ni og Cu fra alle enkeltkildene ved smelteverket i Nikel og Zapoljarnij ble mottatt fra russisk side i 1989. Tabell 6 viser beliggenhet, utslipp og karakteristikk for kildene med utslipp av nikkell for 1989.

Tabell 6: Utslipp av nikkell i Nikel og Zapoljarnij fordelt på kilder for 1989.

Q	=	utslippsrate (g/s);
HS	=	skorsteinshøyde (m);
TS	=	avgasstemperatur (K);
w	=	gassutslippets hastighet (m/s);
D	=	pipediameter (m);
BH	=	bygningshøyde (m);
BB	=	bredde (m).

Oversikt over utslipp av Ni for 1989									
Navn	X	Y	Q Ni (g/s)	HS (m)	TG (K)	W (m/s)	D (m)	BH (m)	BB (m)
Nikel-1	391100	702400	2,370	150	392	8,8	5,0	0	0
Nikel-2	391230	702460	4,140	160	372	10,2	6,0	0	0
Nikel-3	391030	702580	1,003	160	392	6,6	6,0	0	0
Nikel-7	391080	702310	0,130	40	292	23,1	0,8	25	50
Nikel-8	391080	702310	0,193	40	291	9,9	0,6	25	50
Zapol-2	413000	703000	15,960	100	390	14,1	4,0	0	0
Zapol-1	413000	703000	0,073	40	363	12,2	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	1,102	40	363	10,4	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,104	60	303	11,1	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,115	60	303	13,9	1,2	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,910	30	285	4,9	2,7	25	50
Zapol-2	413000	703000	0,168	22	295	1,1	6,4	22	50
Zapol-2	413000	703000	0,108	22	295	1,2	6,4	22	50
Nikel-4	391030	702580	0,161	28	293	0,5	4,0	25	50
Nikel-6	391030	702580	0,035	28	293	0,5	2,2	25	50
Nikel-8	391155	702370	0,106	32	292	10,6	2,6	25	50
Nikel-9	391155	702380	0,159	35	292	3,0	6,5	25	50
Nikel-1	391160	702410	0,033	32	292	3,4	3,2	25	50
Nikel-1	391140	702520	0,099	30	292	6,9	1,4	25	50
Nikel-2	391140	702530	0,033	35	292	2,9	4,2	25	50
Nikel-2	391115	702500	0,363	30	292	3,6	1,8	25	50
Nikel-4	391125	702480	0,078	35	292	3,6	4,2	25	50
Nikel-5	391125	702575	0,045	35	292	2,2	11,4	25	50
Nikel-9	391200	702245	0,032	20	343	10,5	0,9	20	50
Nikel-9	391200	702245	0,043	15	291	13,2	1,7	15	50
Nikel-2	391175	702540	0,030	30	303	16,4	1,6	25	50

Tabell 6 viser beliggenhet, utslipp og kilde karakteristikk for kildene med utslipp av nikkel for 1989.

For å fremskaffe utslippsdata for sommerperioden juni-august 1995 er utslippene for de enkelte kildene i 1989 i **Error! Reference source not found.** skalert i forhold til totalutslippet fra alle verkene for 1994, som er det siste året med tilgjengelige utslippstall.

En oversikt over de estimerte utslipp av Ni for 1994 er vist i Tabell 7. I beregningene av avsetning av Ni og Cu for sommerperioden juni-august 1995 er de estimerte utslippene for 1994 benyttet. Den månedsvise fordelingen for beregningsperioden er basert på skalering i forhold til et gjennomsnitt av den månedsvise utslippsfordelingen for Nikel og Zapoljarnij for 1990 og 1991.

Tabell 7: *Utslipp av nikkel fra kilder i Nikel og Zapoljarnij fordelt på kilder for 1994.*

Utslippstall for Ni brukt i spredningsberegningene									
Navn	X	Y	Q Ni (g/s)	Hs (m)	Tg (K)	W (m/s)	D (m)	BH (m)	BB (m)
Nikel-1	391100	702400	1.119	150	392	8.8	5.0	0	0
Nikel-2	391230	702460	1.955	160	372	10.2	6.0	0	0
Nikel-3	391030	702580	0.474	160	392	6.6	6.0	0	0
Nikel-79	391080	702310	0.061	40	292	23.1	0.8	25	50
Nikel-82	391080	702310	0.091	40	291	9.9	0.6	25	50
Zapol-218	413000	703000	4.397	100	390	14.1	4.0	0	0
Zapol-199	413000	703000	0.020	40	363	12.2	1.2	25	50
Zapol-200	413000	703000	0.304	40	363	10.4	1.2	25	50
Zapol-219	413000	703000	0.029	60	303	11.1	1.2	25	50
Zapol-220	413000	703000	0.032	60	303	13.9	1.2	25	50
Zapol-221	413000	703000	0.251	30	285	4.9	2.7	25	50
Zapol-238	413000	703000	0.046	22	295	1.1	6.4	22	50
Zapol-239	413000	703000	0.030	22	295	1.2	6.4	22	50
Nikel-4	391030	702580	0.076	28	293	0.5	4.0	25	50
Nikel-6	391030	702580	0.017	28	293	0.5	2.2	25	50
Nikel-8	391155	702370	0.050	32	292	10.6	2.6	25	50
Nikel-9	391155	702380	0.075	35	292	3	6.5	25	50
Nikel-11	391160	702410	0.016	32	292	3.4	3.2	25	50
Nikel-15	391140	702520	0.047	30	292	6.9	1.4	25	50
Nikel-20	391140	702530	0.016	35	292	2.9	4.2	25	50
Nikel-28	391115	702500	0.171	30	292	3.6	1.8	25	50
Nikel-42	391125	702480	0.037	35	292	3.6	4.2	25	50
Nikel-51	391125	702575	0.021	35	292	2.2	11.4	25	50
Nikel-92	391200	702245	0.015	20	343	10.5	0.9	20	50
Nikel-97	391200	702245	0.020	15	291	13.2	1.7	15	50
Nikel-286	391175	702540	0.014	30	303	16.4	1.6	25	50
Nikel-289	391170	702520	0.041	20	291	12.3	0.9	20	50

Tabell 7: cont.

Utslippstall for Cu brukt i spredningsberegningene									
Navn	X	Y	Q Ni (g/s)	Hs (m)	Tg (K)	W (m/s)	D (m)	BH (m)	BB (m)
Nikel-1	391100	702400	0.785	150	392	8.8	5.0	0	0
Nikel-2	391230	702460	1.092	160	372	10.2	6.0	0	0
Nikel-3	391030	702580	0.332	160	392	6.6	6.0	0	0
Nikel-79	391080	702310	0.031	40	292	23.1	0.8	25	50
Nikel-82	391080	702310	0.047	40	291	9.9	0.6	25	50
Zapol-218	413000	703000	1.640	100	390	14.1	4.0	0	0
Zapol-221	413000	703000	0.928	30	285	4.9	2.7	25	50
Nikel-4	391030	702580	0.047	28	293	0.5	4.0	25	50
Nikel-6	391030	702580	0.021	28	293	0.5	2.2	25	50
Nikel-8	391155	702370	0.022	32	292	10.6	2.6	25	50
Nikel-9	391155	702380	0.032	35	292	3.0	6.5	25	50
Nikel-15	391140	702520	0.020	30	292	6.9	1.4	25	50
Nikel-28	391115	702500	0.119	30	292	3.6	1.8	25	50
Nikel-42	391125	702480	0.025	35	292	3.6	4.2	25	50
Nikel-289	391170	702520	0.021	20	291	12.3	0.9	20	50

De totale utslippene av nikkel er ca. 300 tonn pr. år for 1994, og ca. 160 tonn pr. år for kopper. Dette tilsvarer en reduksjon på henholdsvis ca. 65% og ca. 70% for Ni og Cu fra 1989 til 1994.

5.2 Langtidsmiddel av Ni og Cu

NILUs gaussiske spredningsmodell CONDEP (Bøhler, 1987) er benyttet for å beregne avsetning av Ni og Cu midlet over 3-måneders perioden juni-august 1995, som resultat av utslipp fra smelteverkene i grenseområdene mellom Norge og Russland i Sør-Varanger. Modellen bruker middelutslipp for månedene, fordelt på høye utslipp (10 kilder for Ni og 6 kilder for Cu) og lave utslipp (17 kilder for Ni og 9 kilder for Cu). 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 langtidsmiddel av Ni og Cu. For de høye skorsteinene er det brukt vinddata fra Viksjøfjell og for de lave skorsteinene vinddata fra Svanvik. Skillet mellom høye og lave kilder er satt til 40 m skorstein. De meteorologiske frekvensmatrisene for Viksjøfjell og Svanvik for 3-måneders perioden juni-august 1995 er gitt i Tabell 8 og Tabell 8b.

Tabell 8a: Meteorologisk frekvensmatrise for Viksjøfjell fordelt på 12 vindsektorer, 4 vindstyrkeklasser og 4 stabilitetsklasser.

Vindretning	0,0-2,0 m/s				2,0-4,0 m/s				4,0-6,0 m/s				Over 6,0 m/s				Rose
	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	Rose
30	0	1.4	0	0	0.7	2.6	0.1	0	0.9	2.5	0	0	0.2	2	0	0	10.5
60	0	0.9	0.1	0	0.4	1.8	0	0	0.6	1.8	0	0	0.1	1.3	0	0	7
90	0	0.5	0.1	0	0.4	2.1	0.2	0	1	2.1	0	0	0.4	1.1	0	0	7.8
120	0	0.5	0	0	0.7	1.5	0.3	0	0.7	2.6	0.1	0	0.3	0.9	0	0	7.7
150	0.3	0.3	0	0	1	1.2	0.7	0.2	1	1.5	0.7	0	0.6	0.9	0	0	8.7
180	0.1	0.1	0.2	0	0.7	0.4	0.5	0.1	0.5	0.8	1.1	0.1	0.2	0.8	0.7	0	6.3
210	0.1	0	0.2	0	0.3	0.5	0.5	0.2	0.4	0.5	0.6	0.3	0.4	1.4	0.4	0.2	6
240	0	0.1	0	0	0.3	1	0.7	0	0.3	1.5	0.7	0.1	1.7	2.6	0.2	0	9.4
270	0	0.3	0.1	0	0	0.8	0.3	0	0.1	2	0.7	0	0.2	4.5	0.5	0	9.7
300	0	0.2	0	0	0	0.9	0.1	0	0	2.8	0.3	0	0.1	8.3	0	0	12.7
330	0	0.4	0	0	0	1.1	0	0	0	1.7	0	0	0	2.5	0	0	5.9
360	0	0.6	0	0	0.2	2.4	0	0	0.2	2.5	0	0	0.2	2.1	0	0	8.3
Total	7,1				25,2				32,9				34,8				100
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Ustabil 15,2				Nøytralt 72,5				Lett stabilt 10,8				Stabilt 1,5				

Tabell 8b: Meteorologisk frekvensmatrise for Svanvik fordelt på 12 vindsektorer, 4 vindstyrkeklasser og 4 stabilitetsklasser.

Vindretning	0,0-2,0 m/s				2,0-4,0 m/s				4,0-6,0 m/s				Over 6,0 m/s				Rose
	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	U	N	Ls	S	Rose
30	0.5	6.2	0.7	0.5	0.9	5.7	0	0	0.3	0.4	0	0	0	0	0	0	15.2
60	0.7	3.9	0.4	0.4	0.6	6.2	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	12.2
90	0.7	1.1	0.1	0.2	0.5	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9
120	0.5	0.2	0.2	0.5	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.7
150	0.9	0.8	0.6	0.4	0.9	1.1	0.2	0	0.1	0.4	0	0	0	0	0	0	5.3
180	1.6	2.5	0.4	0.5	1.2	2.6	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	8.9
210	2	2.6	0.3	0.2	1.9	1.5	0	0	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0	9
240	0.3	1.4	0.4	0.2	1.1	1.6	0	0	0.6	0.1	0	0	0	0	0	0	5.7
270	0.4	0.9	0.3	0.3	0.5	2.2	0	0	0.1	1.5	0	0	0	0.1	0	0	6.4
300	0.2	1.2	0.4	0.2	0.6	2.4	0.2	0	0.2	4	0	0	0.4	1	0	0	10.8
330	0.7	1.9	0.5	0.4	0.9	1.9	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	6.3
360	0.2	2.5	0.3	0.5	0.3	3.2	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0	7.3
Total	50,2				39,2				8,4				1,5				100
Fordeling på stabilitetsklasser																	
Forekomst	Ustabil 20,5				Nøytralt 64,8				Lett stabilt 5,8				Stabilt 8,8				

Da avsetningshastigheten for tungmetaller varierer sterkt med partikkelens størrelse, er utslippsmengdene av Ni og Cu fordelt på størrelseskategorier med forskjellig avsetningshastighet. De antatte fordelingene og avsetningshastighetene er vist i Tabell 9 (Sivertsen et al., 1991)

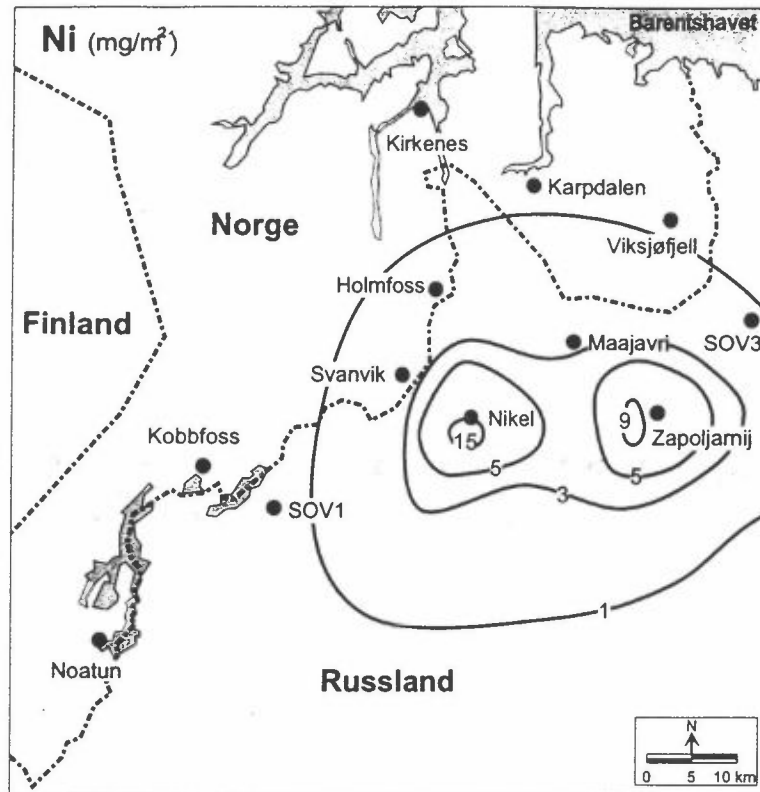
Tabell 9: Avsetningshastighet av nikkelpartikler fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij og antatt prosentvis fordeling på partikkelstørrelse.

% av utslipp av nikkel	Avsetningshastighet (cm/s)
15	0,2 (små partikler)
35	0,5
35	2
10	5
5	10 (store partikler)

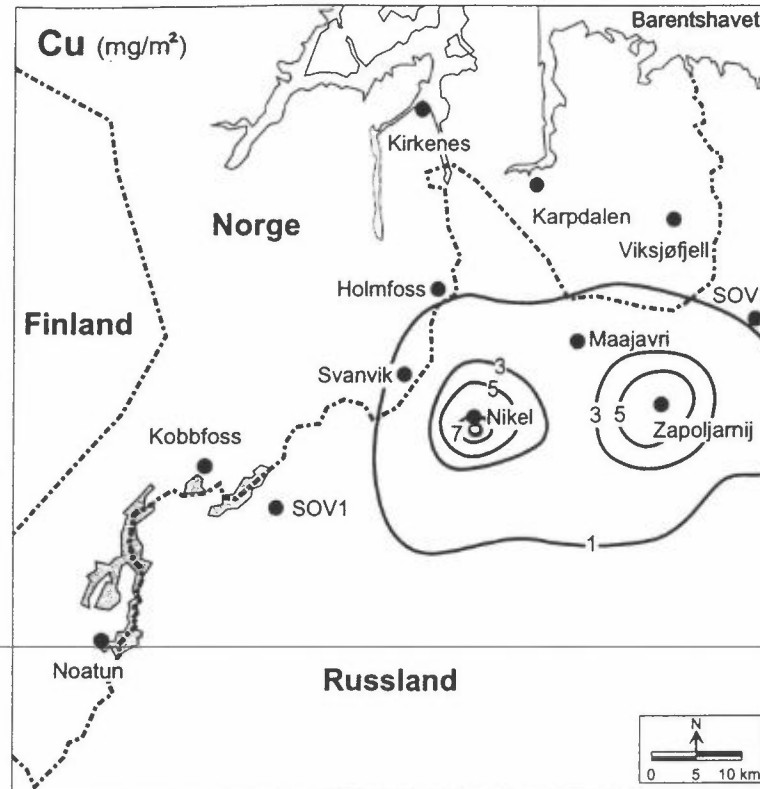
Resultatene er presentert som isolinjekart for avsetning av Ni og Cu.

De beregnede langtidsmiddelverdiene for avsetning av Ni og Cu antas å gi et godt bilde av den generelle fordelingen av Ni og Cu 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 (Viksjøfjell og Svanvik).

Figur 2 viser beregnede middelveidier for avsetning av Ni for sommermånedene juni-august 1995, og tilsvarende i Figur 3 for Cu. Figurene viser at den høyeste avsetningen forekom på russisk side av grensen både for Ni og Cu. Området med den høyeste avsetningen ble beregnet å forekomme omkring Nikel, med en 3-måneders avsetning i overkant av 15 mg/m² for Ni og ca. 9 mg/m² for Cu. Området for maksimal belastning gjenspeiler de meteorologiske forholdene (vindretning) som dominerte i perioden. De mest belastete områdene i Norge ble estimert å forekomme mellom Svanvik og Holmfoss og i området nær den russiske grensen mellom Karpdalen og Viksjøfjell. Avsetningen ble her beregnet å være 1-3 mg/m² for Ni og 1-2 mg/m² for Cu.



Figur 2: Beregnet tørr-avsetning av nikkel (Ni) for sommerperioden juni-august 1995 (mg/m²).



Figur 3: Beregnet tørr-avsetning av kopper (Cu) for sommerperioden juni-august 1995 (mg/m²).

6. Sammenligning av målte og beregnete verdier

Analyse av tungmetaller fra nedbørprøvetakeren viste godt samsvar med månedlige og gjennomsnittlig 3-måneders middel for avsetning av Ni og Cu presentert i Tørset (1996) i det Statlige programmet for forurensningsovervåking.

På bakgrunn av at målingene av tungmetaller i etasjehusmose og nedbørsamlere kun er samlet inn i et lite geografisk område, sett i forhold til nedslagsfeltet for forurensning fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarnij, er sammenligningsgrunnlaget noe svakt. Vi vil likevel vise til at de beregnete og målte verdiene for Ni og Cu for Svanvik stemmer godt overens. På grunn av få målte verdier (avsetninger) kan det ikke sies noe om hvorvidt de beregnete verdiene ville stemme like godt overens for hele beregningområdet. For å kunne gjøre en slik sammenligning trenger en et større antall målinger (etasjehusmos-prøver og nedbørsamlere) fra et større geografisk område.

7. Referanser

- Berg, T., Hagen, L.O., Røyset, O. and Steinnes, E. (1991) Elements in airborne particles at 24 urban and industrial sites in Norway. *In: International conference on Heavy Metals in the Environment, 8. Edinburgh 1991*. Ed. by J. G. Farmer. Edinburgh, CEP. Vol.1, pp. 243-246.
- Berg, T., Røyset, O., and Steinnes, E. (1994) Trace elements in atmospheric precipitation at Norwegian background stations (1989-1990) measured by ICP-MS. *Atmos. Environ.*, 21, 3519-3536.
- Berg, T., Røyset, O., and Steinnes, E. (1995a) Atmospheric trace element deposition: Principal component analysis of ICP-MS data from moss samples. *Environ. Poll.*, 88, 67-77.
- Berg, T., Røyset, O., and Steinnes, E. (1995b) Moss (*Hylocomium splendens*) used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: estimation of uptake efficiencies. *Atmos. Environ.*, 29, 353-360.
- Hagen, L.O., Sivertsen, B., Johnsrud, M. og Bekkestad, T. (1996) Overvåking av luft- og nedbørkvalitet i grenseområdene i Norge og Russland. April-september 1995. Kjeller (NILU OR 40/96) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 665/96).
- Sivertsen, B., Hagen, L. O., Hellevik, O. og Henriksen, J. F. (1991) Luftforurensning i grenseområdene Norge/Sovjetunionen. Januar 1990-mars 1991. Kjeller (NILU OR 69/91) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 480/92).
- Tørset, K. (1996) Overvåking av langtransportert luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 1995. Kjeller (NILU OR 38/96) (Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 663/96).



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2007 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. OR 70/96	ISBN 82-425-0832-1 ISSN 0807-7207	
DATO 17.12.96	ANSV. SIGN. Eystein Hov	ANT. SIDER 15	PRIS NOK 30,-
TITTEL Tungmetallforurensning i grenseområdet Norge-Russland		PROSJEKTLEDER Tone Bekkestad	NILU PROSJEKT NR. O-95057
FORFATTER(E) Tone Bekkestad og Torunn Berg		TILGJENGELIGHET * A	OPPDRAKSGIVERS REF.
OPPDRAKSGIVER Roald Amundsens senter for Arktisk forskning Universitetet i Tromsø 9037 TROMSØ			
STIKKORD Tungmetallavsetning	Mose	Spredningsberegninger	
REFERAT Luft- og nedbørsprøver, samt prøver av etasjehusmose ble samlet inn i perioden 1. juni-1. september 1995 for området rundt nedbørsamlerne. Prøvene har blitt analysert for komponentene Cu, Ni, As, Co, Cr, V, Zn, Cd og Pb i NILUs laboratorier. I tillegg er det blitt utført spredningsberegninger for avsetning av tungmetaller (Ni og Cu) i grenseområdet mellom Norge og Russland ved bruk av NILUs gaussiske spredningsmodell CONDEP. Resultatene fra spredningsberegningene viste at den høyeste avsetningen forventes å forekomme omkring Nikel, med et maksimumsområde litt sør for Nikel. De høyeste avsetningene ligger på henholdsvis 15 mg/m ² for Ni og 9 mg/m ² for Cu. De målte og beregnede verdiene for Ni og Cu i Svanvik stemmer godt overens.			
TITLE			
ABSTRACT			

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