

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder

Rapport:	NILU OR 12/2003
TA-nummer:	TA-1950/2003
ISBN-nummer	82-425-1430-5
Oppdragsgiver:	Statens forurensningstilsyn
Utførende institusjon:	Norsk institutt for luftforskning (NILU), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Norges teknisk-natur- vitenskapelige universitet (NTNU)
Forfattere:	Torunn Berg (NILU), Eirik Fjeld (NIVA), Brit-Lisa Skjelkvåle (NIVA) og Eiliv Steinnes (NTNU)

**Relativ betydning av nasjonale metallutslipp
i forhold til avsetning fra atmosfærisk
langtransport og naturlige kilder**



sft:



NTNU

Statlig program for forurensningsovervåking

Innhold

Sammendrag	3
1. Innledning	5
2. Datagrunnlag	6
2.1 Utslipp av metaller til luft og vann fra nasjonale kilder	6
2.2 Metaller i luft fra EMEP-modeller	6
2.3 Metaller i moser	7
2.4 Metaller i naturlig jord	7
2.5 Metaller i vann	10
2.5.1 Vannkjemiske undersøkelser	10
2.5.2 Sedimentundersøkelsene	10
3. Bly (Pb).....	12
3.1 Norske utslipp til luft og utenlandske tilførsler av bly.....	12
3.2 Avsetning av atmosfærisk langtransportert bly	13
3.2.1 EMEPs atmosfæriske langtransportmodell	13
3.2.2 Konsentrasjoner i mose	14
3.3 Konsentrasjoner i naturlig jord	14
3.4 Utslipp til vann.....	15
3.4.1 Nasjonale utslipp.....	15
3.4.2 Bly i naturlig overflatevann	16
3.4.3 Bly i innsjøsedimenter	17
3.5 Lokale utslipp av bly.....	19
3.5.1 Luft.....	19
3.5.2 Vann	21
3.6 Konklusjon – bly	22
4. Kadmium	23
4.1 Norske utslipp og utenlandske tilførsler av kadmium	23
4.2 Avsetninger av atmosfærisk langtransportert kadmium	24
4.2.1 EMEPs atmosfæriske langtransportmodell	24
4.2.2 Konsentrasjoner i mose	25
4.3 Konsentrasjoner i naturlig jord	25
4.4 Utslipp til vann.....	26
4.4.1 Nasjonale utslipp.....	26
4.4.2 Kadmium i naturlig overflatevann	26
4.4.3 Kadmium i innsjøsedimenter	28
4.5 Lokale utslipp av kadmium.....	30
4.5.1 Luft.....	30
4.5.2 Vann	33
4.6 Konklusjon – Kadmium	33
5. Kvikksølv	34
5.1 Norske utslipp og utenlandske tilførsler av kvikksølv	34
5.2 Avsetning av atmosfærisk langtransportert kvikksølv	35
5.2.1 EMEPs atmosfæriske langtransportmodell	35
5.2.2 Konsentrasjoner i mose	36
5.3 Konsentrasjoner i naturlig jord	37

5.4	Utslipp til vann.....	37
5.4.1	Nasjonale utslipp.....	37
5.4.2	Kvikksølv i naturlig overflatevann	37
5.4.3	Kvikksølv i innsjøsedimenter.....	38
5.5	Lokale utslipp av kvikksølv	40
5.5.1	Luft.....	40
5.5.2	Vann	43
5.6	Konklusjon – Kvikksølv	43
6.	Kopper (Cu).....	44
6.1	Avsetning av atmosfærisk langtransportert kopper	44
6.1.1	Konsentrasjoner i mose	44
6.2	Konsentrasjoner i naturlig jord	45
6.3	Utslipp til vann.....	45
6.3.1	Nasjonale utslipp.....	45
6.3.2	Kopper i naturlig overflatevann	45
6.3.3	Kopper i innsjøsedimenter	47
6.4	Lokale utslipp av kopper.....	49
6.4.1	Luft.....	49
6.4.2	Vann	51
6.5	Konklusjon – kopper.....	51
7.	Krom (Cr).....	52
7.1	Avsetning av atmosfærisk langtransportert krom	52
7.1.1	Konsentrasjoner i mose	52
7.2	Konsentrasjoner i naturlig jord	53
7.3	Innsjøer.....	53
7.3.1	Nasjonale utslipp.....	53
7.3.2	Krom i naturlig overflatevann.....	53
7.3.3	Krom i innsjøsedimenter	55
7.4	Lokale utslipp av krom	57
7.4.1	Luft.....	57
7.4.2	Vann	59
7.5	Konklusjon – krom.....	59
8.	Biologiske effekter av tungmetallforurensning	60
9.	Konklusjon.....	63
9.1	Utenlandske tilførsler versus nasjonale utslipp.....	63
9.2	Lokalmiljøer.....	63
9.3	Biologiske effekter	64
10.	Anbefalinger om videre arbeid	65
11.	Referanser.....	66
	Vedlegg A Norske offisielle utslippsdata for tungmetaller, 2000.....	69

Sammendrag

Miljøbelastningen av de nasjonale metallutslippene (bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv) i forhold til miljøbelastningen fra avsetning av langtransporterte metaller og metaller i naturlig bakgrunn har blitt vurdert. Kun eksisterende data har blitt brukt. Herunder ligger Norges deltakelse i EMEP arbeidet, data fra nasjonale overvåkingsprogrammer på tungmetaller i moser, jord, vann og sedimenter, samt offisielle norske utslippstall for tungmetaller. Et sammendrag av utenlandske tilførsler, samt nasjonale utslipp til luft og vann viser at tilførsel fra atmosfærisk langtransport er betydelig større enn våre nasjonale utslipp for bly og kadmium, og delvis for kvikksølv. Arbeidet viser også at det er steder i Norge som har en tungmetallbelastning som kan påvirke miljøet.

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

1. Innledning

Målet med dette arbeidet har vært å vurdere og diskutere de nasjonale metallutslippene i forhold til miljøbelastningen fra avsetning av langtransporterte metaller fra kilder utenfor Norge og naturlig forekommende bakgrunnsnivåer. Følgende metaller inngår i vurderingen: bly (Pb), kadmium (Cd), krom (Cr), kobber (Cu) og kvikksølv (Hg).

Kun eksisterende data, som finnes publisert eller er tilgjengelig på annet vis har blitt brukt i arbeidet. Herunder ligger Norges deltakelse i EMEP arbeidet, data fra nasjonale overvåkingsprogrammer med hensyn på tungmetaller i moser, jord, vann og sedimenter, samt offisielle norske utslippstall for tungmetaller. Prosjektet er avgrenset til det terrestriske miljø, det vil si det som avsettes på land. Kystnære områder og fjorder er ikke tatt med.

En beskrivelse av de norske metallutslippenes betydning for miljøet i forhold til langtransport og naturlig bakgrunn er mest interessant i de områder hvor de lokale utslippene forekommer. Det er derfor valgt ut fem steder i Norge hvor man gjennom tidligere undersøkelser er kjent med at det er et visst utslipp av et eller flere av metallene bly, kadmium, krom, kobber og/eller kvikksølv. Dette omfatter Kristiansand, Sauda, Odda, Årdal og Mo i Rana.

2. Datagrunnlag

2.1 Utslipp av metaller til luft og vann fra nasjonale kilder

De norske industribedrifter er inndelt i såkalte kontrollklasser i hht den ”potensielle miljøfaren” de representerer (Benestad 1998). Grunnen til dette er at de bedrifter som har den største potensielle miljøfaren skal kontrolleres mest. Det finns 4 kontrollklasser, definert som følger:

Kontrollklasse	Egenskaper til	
	forurensningsutslipp	resipient
1 (størst forurensningspotensial)	betydelig betydelig	svak, følsom middels følsom
2	middels betydelig	svak, følsom god
3	lite middels	svak, følsom middels
4 (minst forurensningspotensial)	lite middels	middels god

Industribedrifter i kontrollklasse 1, 2, og 3 har rapporteringsplikt hvert år til myndighetene på mengde utslipp til luft og vann. De offisielle norske utslippsdataene er basert på de dataene som rapporteres fra bedriftene, og utslippsberegninger som Statistisk Sentralbyrå (SSB) har gjort for utslipp til luft av bly, kadmium og kvikksølv. SSB har nylig avsluttet tilsvarende utslippsberegninger for kobber og krom, men disse data er ikke tatt med i denne rapporten.. De fleste av disse er beheftet med en forholdsvis stor usikkerhet som ofte skyldes måletekniske årsaker. En del små bedrifter faller ut. Disse dataene fra industribedrifter sammen med utslippstall for olje- og gassvirksomhet, diffuse kilder, produkter og "andre" kilder er brukt som grunnlag for denne rapporten (SFT, 2000; vedlegg 1).

2.2 Metaller i luft fra EMEP-modeller

Tungmetaller er et grenseoverskridende problem i de fleste land i Europa, og landene har derfor gått sammen om å redusere de totale europeiske utslippene av tungmetaller.

EMEP programmet ligger under langtransportkonvensjonen og er et vitenskapelig basert og politisk drevet redskap for internasjonalt samarbeide for å løse grenseoverskridende luftforurensningsproblemer. EMEPs viktigste arbeidsoppgaver er å gi myndighetene informasjon om avsetning og konsentrasjoner av luftforurensninger, så vel som mengde og betydning av langtransporterte forurensninger over landegrenser. Som en del av dette arbeidet lager EMEP utslippsoversikter for tungmetaller, driver nettverk for måling av tungmetaller i luft og nedbør, samt lager modeller som kan brukes til å beregne tungmetallkonsentrasjoner og avsetninger. EMEP har laget budjetter for bly, kadmium og kvikksølv, men foreløpig ikke for kobber og krom. EMEPs tall for flukser fra Norge vil ikke være identiske med de offisielle norske utslippstallene da de er beregnet på grunnlag av modellerte avsetninger. Avsetningene brukes til å beregne flukser fra de forskjellige landene. Sjøl om de offisielle norske utslippsdataene inngår som en del av modellene vil det derfor være mye større usikkerhet forbundet med de modellerte EMEP-budsjettene/fluksene enn for de offisielle norske dataene.

I tillegg er ennå ikke modellene for alle tungmetallene like gode, noe som fører til at for eksempel blymodellen som er eldst er mye bedre enn kvikksølvmodellen som er den nyeste.

2.3 Metaller i moser

Prøvetaking og analyse av terrestrisk mose er en vel etablert teknikk for å studere avsetning av sporelementer fra atmosfæren i stor geografisk skala. Landsomfattende kartlegginger av denne typen i Norge er utført i 1977, 1985, 1990, 1995 og 2000 (Schaug et al., 1990; Steinnes et al., 1988, 1992, 1993, 1994, 2001a; Berg et al., 1995) og inngår som en del av Statlig program for forurensningsovervåking. Basis for denne teknikken er at moser generelt mangler rotsystem og derfor tar opp næring via bladverket. Moser har dessuten en evne til å binde mange tungmetaller og andre sporelementer ganske sterkt, og vil derfor akkumulere disse stoffene fra atmosfæren. Ettersom prøvetaking av mose er temmelig enkel, og analysene også er relativt enkle å utføre fordi elementene er sterkt oppkonsentrert fra den lufta eller nedbøren de stammer fra, er denne teknikken særlig godt egnet for avsetningsundersøkelser i stor skala. Den arten som brukes i Norge i dag er bladmosen *Hylocomium splendens* (etasjemose).

De landsomfattende registreringene av tungmetaller som utføres hvert femte år, har hatt som hovedformål å kartlegge regionale avsetningsmønstre med særlig vekt på bidrag fra atmosfærisk langtransport fra kilder utenfor Norge. I mange tilfeller har det også vært mulig å identifisere lokale punktkilder til det regionale mønstret. I år 2000 ble det i regi av Statens forurensningstilsyn utført ei tilleggsundersøkelse rundt 15 navngitte bedrifter der man kjente til eller antok at det var et visst utslipp av tungmetaller (Steinnes et al., 2001).

For den regionale undersøkelsen ble prøvene tatt minst 300 meter fra hovedveier og tett befolkede områder, og minst 100 meter fra lokal vei, enkeltstående hus eller dyrka mark.

I tilleggsundersøkelsen ble prøvepunktene stort sett plassert i avstand 1-10 km fra den aktuelle bedrift, og ble valgt slik at de skulle gi et best mulig bilde av avsetningsfordelingen. Ved plassering av prøvepunktene ble det tatt hensyn til de lokale topografiske forhold og antatt dominerende vindretninger.

Analysene ble utført med en kombinasjon av nøytronaktivering/atomabsorpsjon-spektrometri i 1977 og 1985. Fra 1990 er ICP-MS brukt. For kvikksølv ble det fra 1995 brukt atomfluorescens-spektrometri.

2.4 Metaller i naturlig jord

Det er utført tre landsomfattende innsamlinger i Norge av prøver fra humussjiktet i naturlig jord: i 1977 (Allen og Steinnes, 1980; Steinnes et al., 1997), i 1985 (Njåstad et al., 1994; Steinnes & Njåstad, 1995) og i 1995 (Nygård, 2000). I alle tre tilfeller dreier det seg om ca. 500 lokaliteter jevnt fordelt over landet (Svalbard ikke inkludert). I 1985 ble det dessuten tatt prøver fra to sjikt i mineraljorda på omlag 400 lokaliteter. Måten humusprøvene er tatt på varierer noe mellom de enkelte innsamlingene: mens man i 1977 og 1985 valgte å følge en oppskrift der prøven besto av ca. ti delprøver fra 2-5 cm dyp, valgte man i 1995 å ta prøven i overflaten (0-3 cm) på en slik måte at resultatene også kunne angis på arealbasis i tillegg til vektbasis. Hovedtrendene i resultatene når det gjelder metaller som i betydelig grad avsettes fra luftforurensning er imidlertid de samme i de tre innsamlingene. Metaller som bly og kadmium er til stede i vesentlig høyere konsentrasjoner i humussjiktet i de sørligste landsdelene enn i resten av landet, mens denne geografiske fordelingen er mye mindre påfallende for kobber og ikke eksisterer i det hele tatt for krom.

Når det gjelder kvikksølv er grunnlagsmaterialet mye spinklere, ettersom dette grunnstoffet ikke inngikk i det ordinære analyseprogrammet for noen av de tre innsamlingene. Et utvalg på 170 humusprøver fra 1985 ble analysert med hensyn på kvikksølv i en særskilt undersøkelse (Steinnes et al., 1995), og resultatene derfra er grunnlag for de vurderinger som gjøres for dette metallet. Det finnes knapt noen data i Norge for kvikksølv i mineraljord, men ut fra erfaring fra andre land er det grunn til å tro at verdiene er svært lave i forhold til dem man finner i humussjiktet.

Når det gjelder de fire øvrige metallene som oppdraget omfatter, har en valgt å basere seg på resultater fra 1985-innsamlingen, ettersom den omfattet prøver både fra humus og mineraljord. Prøvene ble behandlet med 7M HNO₃ ("NGU-metoden") i ca 17 timer, og dette ekstraktet ble analysert med ICP emisjonsspektrometri etter fortykning. En omfattende dokumentasjon av resultatene er rapportert (Njåstad et al., 1994), og en publikasjon basert på disse resultatene (Steinnes og Njåstad, 1995) antyder hvordan resultatene fra henholdsvis humussjiktet og fra 60 cm dyp i mineraljorda (C-sjiktet) på samme lokalitet kan benyttes til å anslå bidrag fra luftforurensning til humussjiktet i ulike deler av landet. For dette formål har en valgt å dele inn landet i 12 forskjellige soner, hovedsakelig etter topografiske og meteorologiske kriterier, som vist i Fig.1. Inndelingen er også gjort på en slik måte at geografiske forskjeller i belastning fra atmosfærisk langtransport skal komme klart fram. En har så beregnet medianverdier for de forskjellige grunnstoffene i de ulike sjikt for hver av de 12 regionene. Forholdet mellom konsentrasjonen i humussjiktet (A) og på 60 cm dyp (C), der en regner med at jorda er uvesentlig påvirket av prosesser i overflata, danner så grunnlaget for en diskusjon av kilder til innholdet i humussjiktet.

En kan grovt sett regne med fire kilder til innholdet av metaller i humusrik overflatejord:

- Opptak i vegetasjon fra mineraljorda via planterøttene og tilbakeføring til humussjiktet med strøfall og utlekking.
- Innblanding av mineraljord, f.eks. på grunn av meitemark og andre jordlevende dyr.
- Atmosfærisk avsetning som skyldes naturlige prosesser (f.eks. saltpartikler fra havet).
- Atmosfærisk avsetning av luftforurensning fra lokale og fjernere kilder.

Prøvelokalitetene i 1985 ble valgt slik at 95% av prøvene representerte podsol-jordsmonn (jord med utvaskningssjikt), og gjennomsnittlig glødetap var 76%. Det er liten grunn til å tro at de naturlige prosessene nevnt ovenfor skulle føre til nevneverdige forskjeller mellom de 12 regionene når det gjelder bidraget til humussjiktet for de tungmetallene som her diskuteres. En sammenlikning av A/C-verdiene for metallene fra regioner med vesentlig forskjellig belastning av langtransporterte forurensninger skulle derfor kunne danne et godt grunnlag for å bedømme bidraget fra langtransport til jordsmonnet i ulike landsdeler.

Medianverdier for humussjiktet (A) og mineraljorda (C) samt forholdet A/C er gitt i Tabell 1 for de aktuelle metallene i hver av de 12 regionene. Dessuten er tilsvarende A/C verdier gitt for aluminium (Al), et metall der den alt overveiende delen i humussjiktet sannsynligvis skyldes innblanding av mineraljord. I slike tilfeller er A/C verdien av størrelsesorden 0.1. De noe høyere A/C-nivåene i sørlige regioner skyldes sannsynligvis et gjennomgående høyere innhold av mineralmateriale i humussjiktet i sør enn i nord.

En drøfting av de aktuelle verdiene for hvert enkelt metall er gitt i de respektive avsnitt, der representative bakgrunnsverdier er foreslått. Ettersom data av den typen som ligger til grunn for vurderingene vanligvis ikke er normalfordelt, blir det ikke riktig å angi en usikkerhet for

disse bakgrunnsverdiene i form av standardavvik eller liknende. En har i stedet angitt 90-prosentil-verdien (90 % av data ligger under verdien) i de tilfeller der dette er mulig.

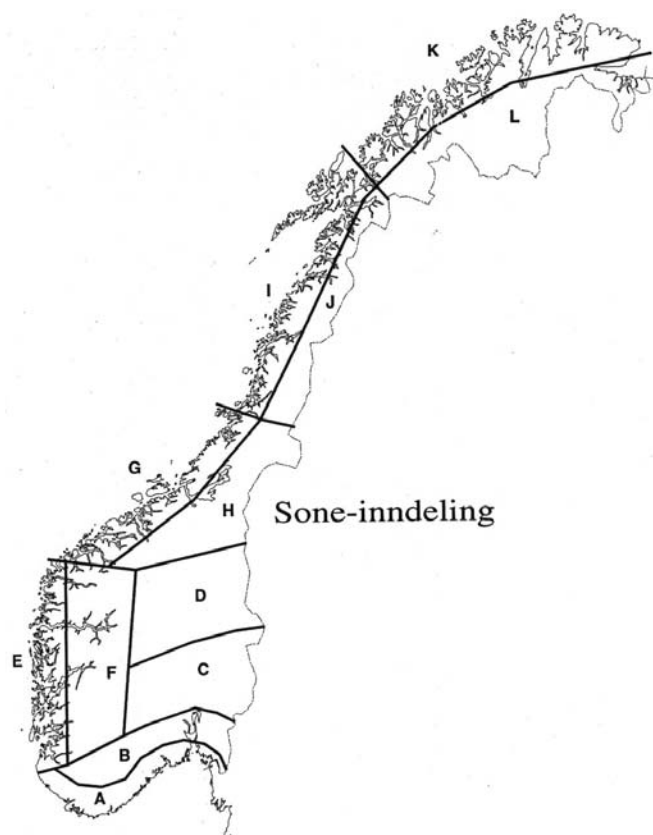
Tabell 1: Medianverdier for de 5 metallene i 12 ulike regioner i Norge. Verdiene gjelder den andelen av metallene som er løselig i 7M HNO.

A: Konsentrasjon i humussjiktet (mg/kg)

C: Konsentrasjon i uforstyrret mineraljord (mg/kg)

A/C: Forhold mellom de to verdier.

		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Cr	A	3.5	3.6	2.6	4.6	3.3	2.3	2.2	3.1	2.3	2.1	2.4	2.7
	C	18.5	18.5	11.6	17.4	23.0	16.3	46.7	46.9	45.4	34.3	33.5	37.4
	A/C	0.21	0.21	0.28	0.25	0.15	0.21	0.06	0.07	0.05	0.10	0.07	0.05
Cu	A	11.7	7.4	5.1	6.0	9.2	7.2	5.8	5.8	7.1	6.5	6.9	5.4
	C	14.6	22.6	14.6	31.4	23.4	24.5	33.8	47.3	28.0	39.1	34.5	40.9
	A/C	0.77	0.27	0.29	0.24	0.51	0.35	0.17	0.12	0.22	0.23	0.21	0.16
Cd	A(1985)	1.9	1.1	1.0	0.7	1.3	1.0	0.6	0.6	0.9	0.7	0.6	0.5
	C(1985)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
	A(1995)	0.87	0.69	0.53	0.38	0.59	0.52	0.22	0.20	0.48	0.33	0.30	0.23
Pb	A	135.0	66.9	51.3	25.1	77.7	42.3	18.0	15.5	29.1	23.6	11.1	10.4
	C	11.9	15.7	12.0	12.7	10.1	14.9	11.0	13.1	14.5	18.8	14.4	12.1
	A/C	10.4	3.9	4.4	2.2	8.5	2.6	1.8	1.2	2.6	1.1	0.8	1.2
Hg	A	0.19	0.20	0.20	0.16	0.15	0.14	0.20	0.17	0.15	0.16	0.13	0.15
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	A/C	0.11	0.16	0.20	0.14	0.11	0.10	0.05	0.08	0.06	0.07	0.09	0.08



Figur 1: Inndeling av landet i 12 regioner for diskusjon av bakgrunnsverdier for tungmetaller i jord.

2.5 Metaller i vann

2.5.1 Vannkjemiske undersøkelser

En omfattende regional undersøkelse av tungmetaller i norske innsjøer ble for første gang gjennomført i 1995. Dette året ble ca. 1000 statistisk utvalgte innsjøer prøvetatt under høstsirkulasjonen, hvor tungmetaller ble bestemt i tillegg til tradisjonelle hovedkjemiske parametere. Dette var en del av SFTs program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Denne undersøkelsen har gitt oss grunnleggende informasjon om konsentrasjonsnivåer og geografisk fordeling av en rekke elementer som vi tidligere har hatt liten kjennskap til i akvatiske miljøer. Disse dataene gir en basislinje for konsentrasjonsnivåene i norske innsjøer, en informasjon som kan vise seg å være viktig i framtiden når en skal studere endringene i disse elementenes konsentrasjon i lys av framtidige miljøpåvirkninger.

Innsjøene som er prøvetatt i denne undersøkelsen er valgt ut statistisk (Skjelkvåle et al., 1997) fra NVEs innsjødatabase, REGINE. Innsjøene er fordelt over hele landet med avtagende tetthet fra sør mot nord. Det ble også lagt vekt på at alle størrelsesklasser av innsjøer skulle være representert. Prøvetakningsfrekvensen varierte innenfor ulike regioner og mellom ulike størrelsesklasser. Sannsynligheten for å bli inkludert i utvalget økte med innsjøenes størrelse, men avtok fra sør til nord (stratifisert tilfeldig utvalg). Ved beregning av statistiske parametere har de enkelte innsjøene blitt vektet ut fra størrelsesklassenes prøvetakingsfrekvens og deres relative forekomst i hele innsjøpopulasjonen. Med denne metodikken er det mulig å gi et representativt uttrykk for konsentrasjonsfordelingen for de enkelte metallene i hele den norske innsjøpopulasjonen.

Resultatene fra den regionale undersøkelsen av tungmetaller er presentert i en foreløpig rapport fra 1996 (Skjelkvåle et al., 1996) og i en større nordisk sammenstilling av tungmetaller fra ca. 3000 innsjøer i Norge, Sverige, Finland, Danmark og Russisk Kola fra 1999 (Skjelkvåle et al., 1999, 2001). Dataene er også bearbeidet gjennom et norsk-svensk samarbeidsprosjekt om effekter på tungmetallene under reforsuring av tidligere kalkede innsjøer (Lydersen og Löfgren, 1999).

2.5.2 Sedimentundersøkelsene

Konsentrasjonene i innsjøsedimenter baserer seg på en nasjonal undersøkelse fra 1996-1997, og er rapportert i Rognerud et al. (1999) og Rognerud og Fjeld (2001). Utvalget av innsjøer er ikke gjort tilfeldig, men er gjort ut fra en skjønsmessig framgangsmåte basert på tidligere erfaringer. Halvparten av innsjøene inngikk i en nasjonal forsøringsundersøkelse fra 1986 (Henriksen et al., 1987). Viktige utvalgskriterier ved den undersøkelsen var forsøringsfølsom geologi, fravær av lokale antropogene forsøringskilder, påvirkning av sur nedbør og geografisk spredning over hele landet. Hoveddelen av de andre innsjøene ble også valgt ut etter disse kriteriene, men i tillegg ble det tatt med en del dype innsjøer som har store nedbørfelt og relativ liten påvirkning av menneskelig aktivitet. Ingen av innsjøene har direkte punktkilder for tungmetallforurensninger eller ligger nært inntil store lokale forurensningskilder til luft. Dette sikrer at lokale kilder ikke blir overrepresentert i materialet, og at de store geografiske gradientene i konsentrasjonene dominerer utvalget.

Sedimentprøvene ble samlet inn fra innsjøenes dypeste punkt med en modifisert KB-kjerne-henter. Sedimentkjernene ble seksjonert og i denne rapporten benyttes data fra øvre 0–0,5 cm sjikt (overflatesjiktet) og et referansesjikt (et 2 cm sjikt) kalt pre-industrielle sedimenter fra kjernens dypeste lag, oftest dypere enn 40 cm.

Sedimentene avsettes i hovedsak kronologisk i de dypeste områdene av innsjøen og dannes av partikler som både er produsert i innsjøen og tilført via nedbørfeltet. Partiklene inneholder metaller som har sitt opphav i geologisk materiale og atmosfæriske avsetninger. Konsentrasjonene av metaller i berggrunn og løsavsetninger kan variere betydelig. En prøve fra dypere liggende sjikt i sedimentet, som er avsatt før atmosfæren var nevneverdig forurensset av metaller, vil imidlertid gi en god indikasjon på nivået av naturgitt innhold av metaller i nedbørfeltet.

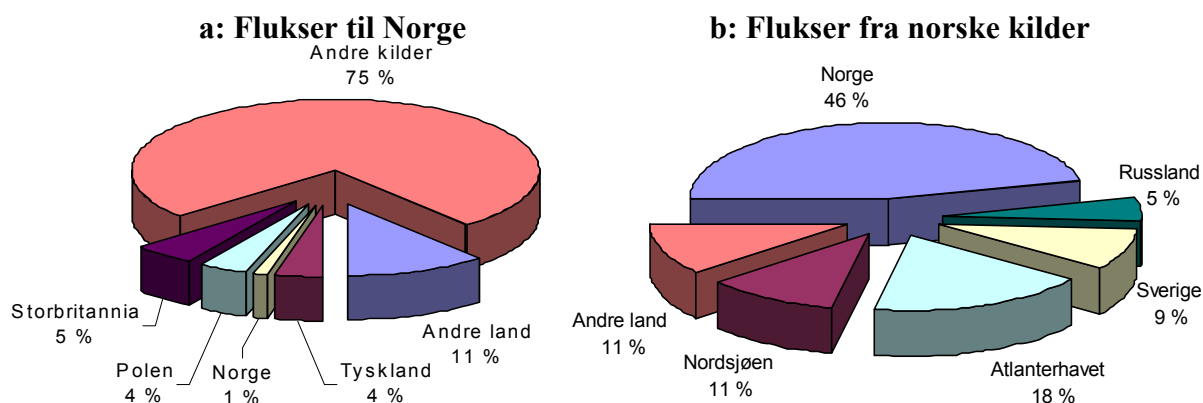
Flomsedimenter fra elver (sedimenter lagt opp på elvesletter under flom) kan også benyttes til å avspeile det geokjemiske naturlige bidraget av tungmetaller. Imidlertid kan flomsedimentene være forurensset av moderne atmosfæriske forurensninger av tungmetaller som bly og kvikksølv. For områder som mottar betydelige atmosfæriske forurensninger er de førindustrielle innsjøsedimentene derfor bedre egnet til å avspeile de naturlige bidragene av disse tungmetallene (Rognerud et al. 2000).

Den årlige sedimentasjonsraten i subalpine nordiske innsjøer er omlag $0,5 \pm 0,3$ mm, og omlag $1,2 \pm 0,5$ mm per år i nordiske skogssjøer (se en diskusjon i Rognerud og Fjeld, 2001). Ut fra dette kan overflatesjiktet i sedimentundersøkelsen antas å representere siste 10 år i subalpine innsjøer, og representere siste 4 år i skogssjøene. Referansesedimentene er sannsynligvis i hovedsak mer enn 400 år gamle.

3. Bly (Pb)

3.1 Norske utslipp til luft og utenlandske tilførsler av bly

Ved bruk av modeller har EMEP laget såkalte "skyldmatriser" som viser hvor store mengder bly vi får fra hvilke områder (Figur 2a: "Flukser til Norge") og hvor store mengder Norge avgir til hvilke områder (Figur 2b: "Flukser fra norske kilder"). I og med at Norge ligger i ytterkant av EMEPs rutenett, er det knyttet større usikkerhet til data modellert for Norge enn for land i mer sentrale deler av EMEP. Land utenfor Norge som tilfører Norge et betydelig bidrag av bly er Storbritannia, Polen og Tyskland. "Andre land" i Europa har også et bidrag. På grunn av det usikre datagrunnlaget kan store deler av det langtransporterte blyet som avsettes i Norge ikke tilskrives utslipp fra spesifikke land, men kommer i kategorien "Andre kilder". I dette inngår blant annet tilførsel fra land utenfor Europa. Det er behov for mere forskning for å forbedre disse budsjettene. Skyldmatrisene viser at omtrent halvparten av våre egne blyutslipp avsettes innenfor våre egne grenser. Ca 30% avsettes i Atlanterhavet og i Nordsjøen. Vi tilfører også signifikante bidrag av bly til Sverige og Russland.



Figur 2a: Skyldmatriser for flukser av bly til Norge (avsatte mengder fordelt på kilder) og 2b: flukser av bly fra norske utslippskilder (avsatte mengder fordelt på kilder)

EMEPs budsjetter for flukser av bly til Norge og flukser av bly fra norske kilder for år 2000 er vist i Tabell 2 sammen med våre nasjonale utslippstall for bly til luft. EMEP dataene for flukser fra norske kilder og de norske offisielle utslippsdataene er ganske like for bly. Beregningene er usikre, men viser likevel at Norge får tilført en mye større andel av bly enn hva vi slipper ut. De viktigste kildene til norske luftutslipp av bly er prosessindustri (52%), stasjonær forbrenning (30%) og mobil forbrenning (17%).

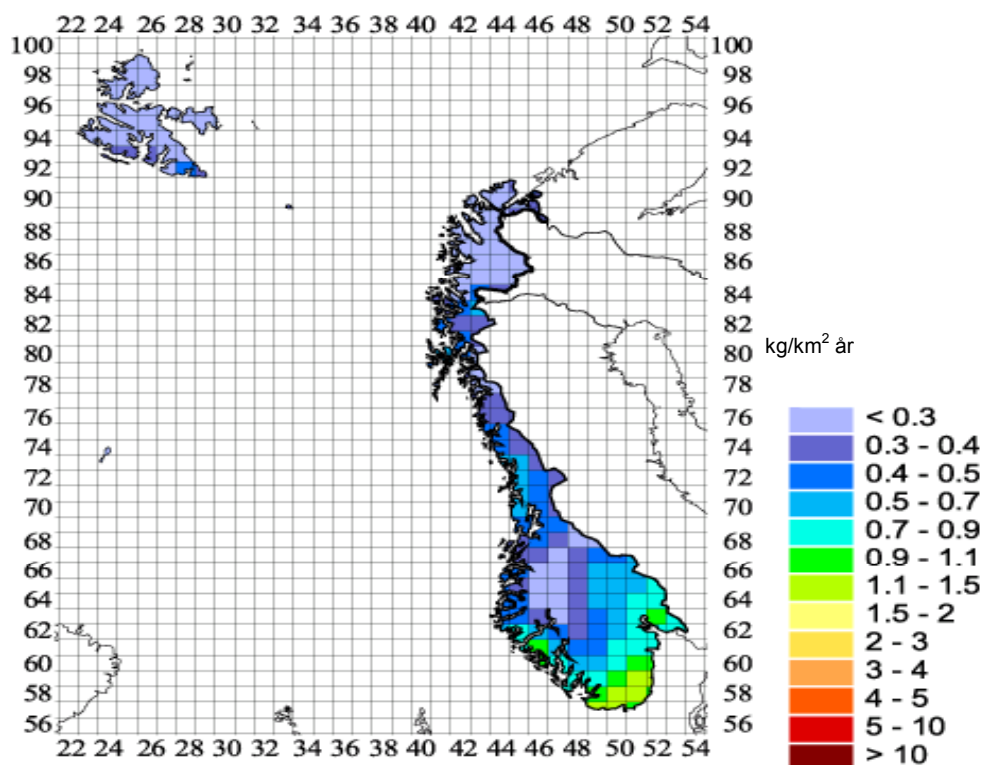
Tabell 2: Flukser til Norge (langtransportert tilførsel fra utlandet modellert av EMEP), flukser fra norske kilder (norske "utslipp" modellert av EMEP), nasjonale luftutslipp (offisielle norske utslipp), andel nasjonal luftutslipp (modellert av EMEP) av tilførsel fra utlandet (%), andel nasjonale luftutslipp (norske offisielle) av tilførsel fra utlandet (%) (metall: bly, år: 2000).

Metall (enhet)	Flukser til Norge (EMEP)	Flukser fra norske kilder (EMEP)	Nasjonale luftutslipp (Norske off.)	Andel nasjonale utslipp av tilførsler fra utland (%) (EMEP data)	Andel nasjonale utslipp av tilførsler fra utland (%) (Norske offisielle)
Bly (kg)	168 000	5 500	6 500	3	4

3.2 Avsetning av atmosfærisk langtransportert bly

3.2.1 EMEPs atmosfæriske langtransportmodell

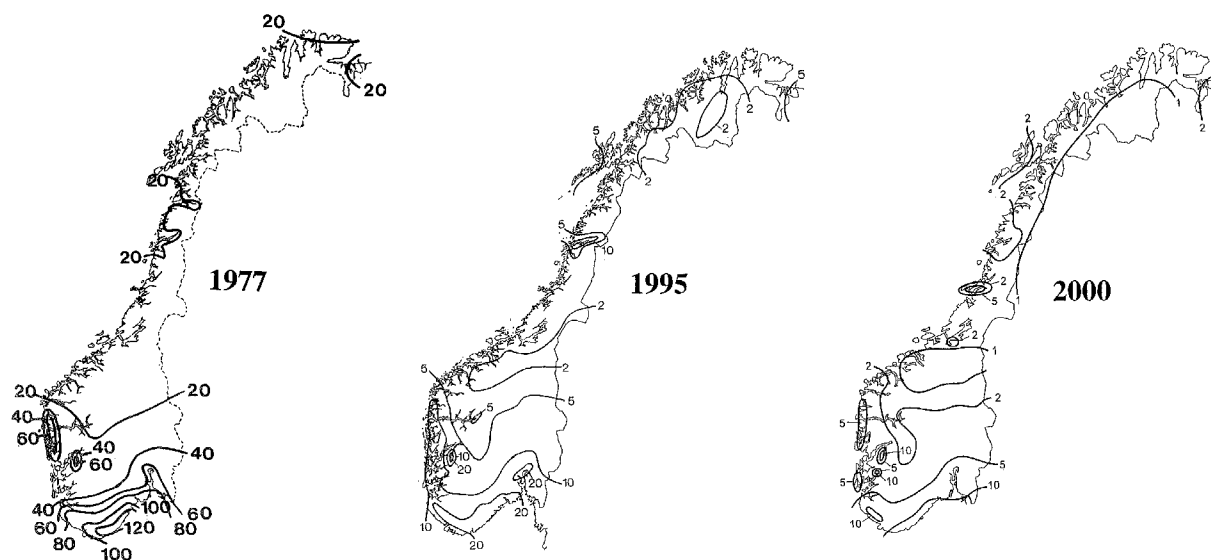
Ved bruk av en modell har EMEP beregnet atmosfæriske avsetninger for bly i Norge for år 2000 (Figur 3). Som nevnt tidligere er dataene mer usikre for Norge enn for land i mer sentrale deler av Europa, pga. plassering i ytterkant av EMEPs rutenett. Hovedtrekkene er imidlertid tydelige: Bly viser sterkt forhøyede avsetninger sør i landet, og gradvis mindre nordover. Dette er et typisk mønster for komponenter som blir tilført Norge via langtransporterte luftstrømmer og nedbør.



Figur 3: Avsetning av bly i Norge (kg/km² i 2000) beregnet ved EMEPs atmosfæriske langtransportmodell.

3.2.2 Konsentrasjoner i mose

Mose-undersøkelsene viser at bidraget av bly fra atmosfærisk langtransport i 2000 er mindre enn 10% av hva det var i den første avsetningsundersøkelsen i 1977 (Figur 4). Nedfallet av bly er omtrent halvert i perioden mellom 1995 og 2000. I 2000 var konsentrasjonen av bly i mose mindre enn 1 ppm i bakgrunnsområdene. Vanlig forekommende verdier lå i intervallet 1.35-5.20 $\mu\text{g/g}$ (25–75 prosentilen) (Tabell 3), mens konsentrasjonen var over 10 $\mu\text{g/g}$ i de områdene som er mest belastet av atmosfærisk langtransport.



Figur 4: Atmosfærisk nedfall av bly i Norge ved tre ulike tidspunkter, illustrert ved konsentrasjon i mose ($\mu\text{g/g Pb}$).

Tabell 3: Bly, prosentilfordeling, år 2000.

Prosentil	Konsentrasjon ($\mu\text{g/g}$)
99.5	18.85
97.5	14.11
90	7.82
75	5.20
50	2.70
25	1.35
10	0.93
5	0.79

3.3 Konsentrasjoner i naturlig jord

Det er kjent at bly i liten grad tas opp i planter gjennom røttene. De relativt høye A/C verdiene (se kap. 2.4) må derfor bety at ikke bare regionene i sør, men også de mer nordlige områdene er blitt utsatt for betydelig avsetning av bly fra atmosfæren. Det er mye som tyder på at så mye som 80-90% av konsentrasjonen kan skyldes luftforurensning sjøl i Troms og Finnmark. Medianverdien i C-sjiktet ligger på ca. 15 mg/kg de fleste steder. Dette skulle bety

en "forurensningsfri" bakgrunnsverdi av bly i humussjiktet på ca. 2 mg/kg over hele landet, om vi regner tilsvarende bidrag fra innblanding av mineraljord som for aluminium og krom.

Typiske bakgrunnsverdier:	Humus ("forurensningsfri"):	2 mg/kg
	Humus (lite forurensningspåvirket):	10 mg/kg
	Mineraljord:	15 mg/kg
90-prosentiler:	Humus (sterkt påvirket av langtransport):	137 mg/kg
	Mineraljord:	32 mg/kg

3.4 Utslipp til vann

3.4.1 Nasjonale utslipp

De samlede nasjonale utslipp av bly til vann er anslått til å være omkring 35 000 kg for år 2000 (SFT, 2002) (Tabell 4), hvorav trolig omlag 88% slippes direkte ut til sjø. De viktigste kildene er olje- og gassvirksomhet (offshore) (70%) hvor forurensninger i produkter utgjør hovedandelen; ulike industrikilder (21%), hvor produksjon av sement og kalk, samt metallproduksjon utgjør hovedandelen; og kommunal kloakk, renovasjon, sig fra fyllinger og avfallsforbrenning (9,5%). For industriutslippene er andelen som går til sjø hentet ut fra SFTs data (INKOSYS-registrene). Andelen av kommunal kloakk som går direkte til sjø er beregnet ved å sette utslippene proporsjonale med N-utslippene fra renseanlegg som går til sjø (beregnet vha. TEOTIL-modellen, Borgvang et al., 2003). Mengden bly i kloakkslam som fjernes ved kommunale renseanlegg inngår ikke i dette regnskapet. Den er anslått til å være omlag 3 000 kg (SFT, 2002), hvorav omlag 2000 kg inngår i slammet som disponeres som jordforbedringsmiddel (Brunvoll og Høie, 2002).

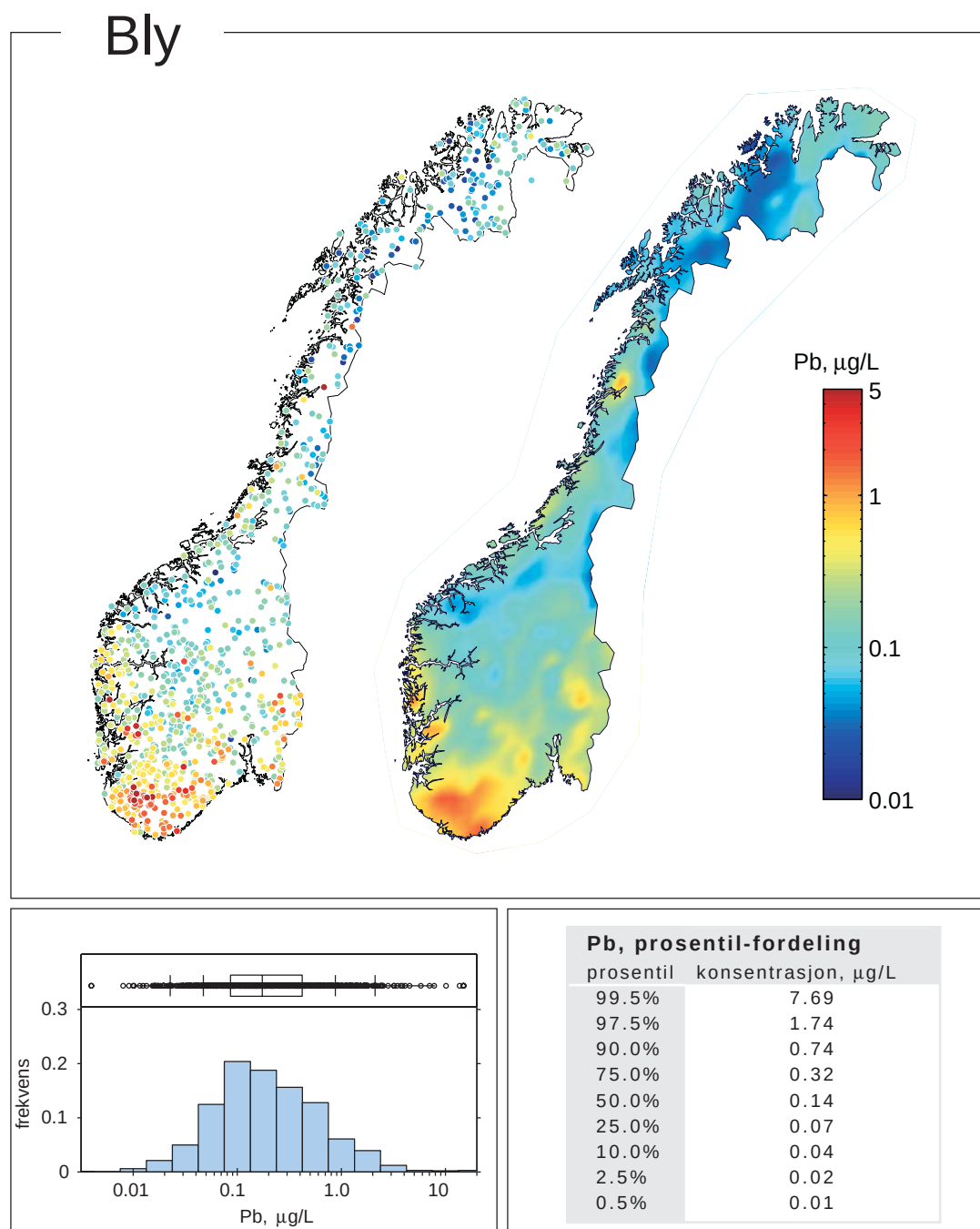
Imidlertid er blyhagl og annen ammunisjon en av de mest betydningsfulle tilførselskildene til terrestrisk miljø, og i år 2000 var bidraget på henholdsvis 215 og 154 tonn (SFT, 2002). Korrosjon av ammunisjon kan føre til utlekking av bly til det akvatiske miljøet, og en overvåkning av forsvarrets skytefelt viser at graden av utlekking kan variere betydelig alt etter miljøforholdene (Rognerud og Bækken, 2002). I områder med kalkrik grunn og tykt jordsmonn er korrosjonsraten lav og utlekkingen neglisjerbar, men i områder med surt humusrikt vann vil korrosjonen og utlekkingen øke. En dansk undersøkelse viste at halvparten av blyhaglene hadde korrodert i løpet av 50–60 år (Jørgensen et al., 1987).

Tabell 4: Utslipp av bly til vann (ferskvann og sjøvann) i år 2000, fordelt på hovedkilder (etter SFT 2002).

Kilde	Utslipp til ferskvann (kg)	Utslipp til sjøvann (kg)	Totale utslipp til vann (kg)	Andel
Olje og gassvirksomhet	0	24 600	24 600	70%
Ulike industrikilder	81	7174	7 255	20.6%
Kommunal kloakk	400	1 600	2 000	5.7%
Sig fra fyllinger, avfallsforbrenning, nedlagte gruver	?	?	1 323	3.8%
Div. produkter	?	?	25	0.1%
Sum (avrundet)	> 480	>33 400	35 200	100.0%

3.4.2 Bly i naturlig overflatevann

For innsjødataene fra 1995 var det en tydelig sør-nord gradient i blykonsentrasjonene i innsjøvann, med de høyeste konsentrasjonene i sørlige deler av Rogaland, Vest- og Aust-Agder (Figur 5). Vanlig forekommende verdier lå i intervallet 0,07–0,32 $\mu\text{g/l}$ (25-75 prosentilen), mens det i de mest belastede områdene i Sør-Norge ikke var uvanlig med konsentrasjoner i området 0,07–2,5 $\mu\text{g/l}$. Av lokale variasjoner var det tydelig forhøyede nivåer omkring Odda og Mo i Rana. Variasjonsmønsteret stemmer godt overens med konsentrasjonene i mose og de modellerte estimatene av atmosfæriske blyavsetninger.

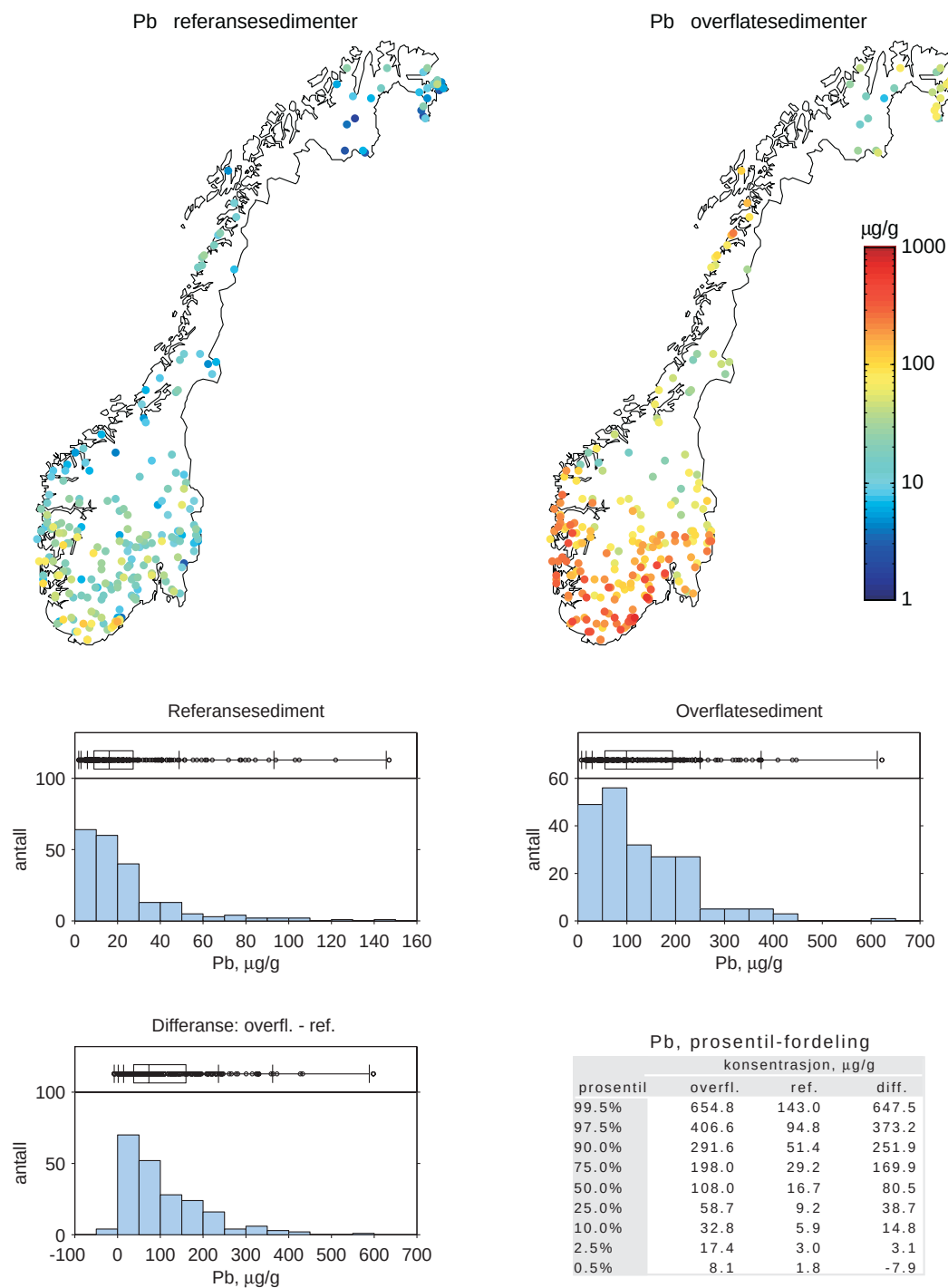


Figur 5: Konsentrasjoner av bly ($\mu\text{g/l}$) i norsk innsjøvann høsten 1995. Det generaliserte kartet til høyre er basert på en romlig interpolasjonsmetode (kriging). Data ($n = 985$) er hentet (Skjelkvåle et al., 1999).

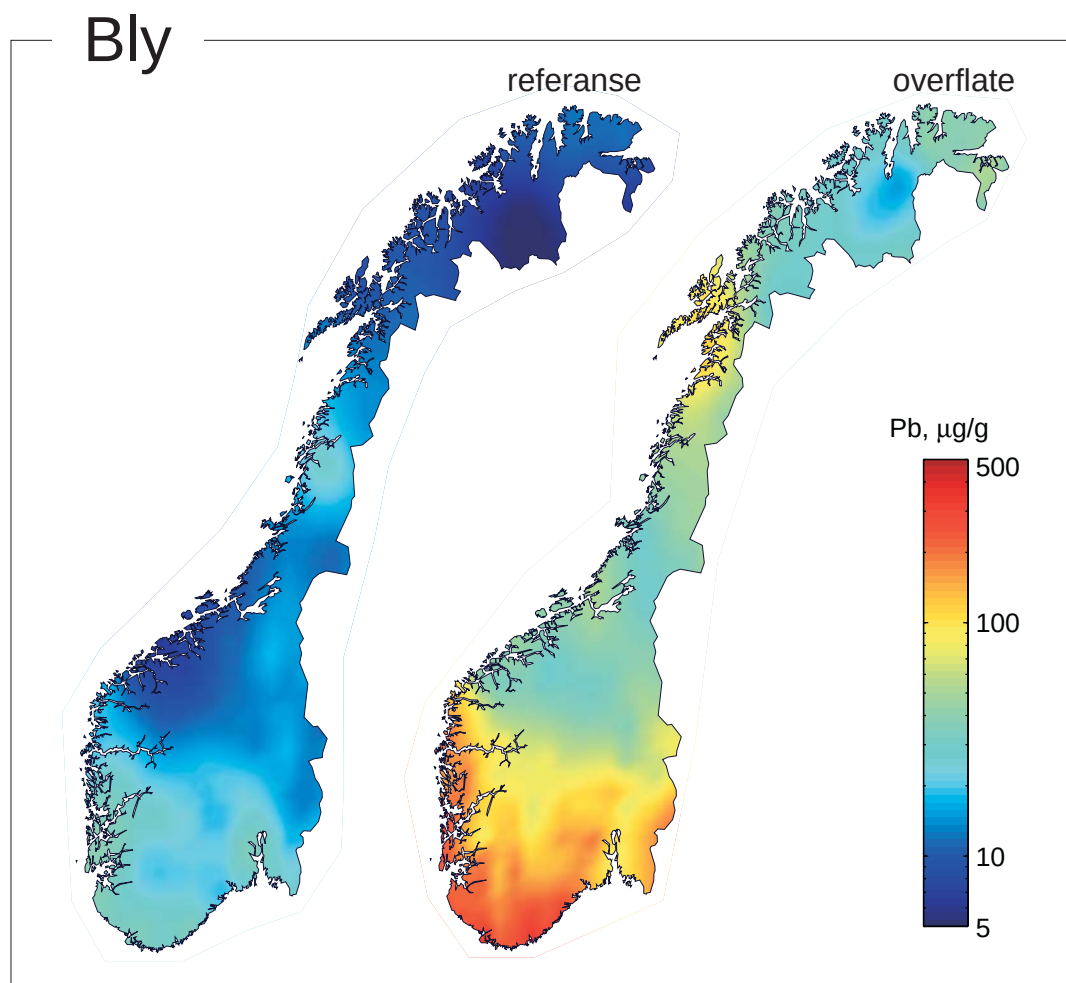
3.4.3 Bly i innsjøsedimenter

Den nasjonale undersøkelsen av innsjøsedimenter viste at vanlig forekommende konsentrasjoner av bly i nylig avsatte overflatesedimenter lå i intervallet 60–200 µg/g (25–75-prosentilen) (Figur 6). Nivåene varierte imidlertid langs en sør-nord gradient, med de høyeste konsentrasjonene ble funnet i lavereliggende kystnære områder i Sør-Norge, noe som kommer tydelig fram på det generaliserte kartet (Figur 7). Her var det ikke uvanlig med nivåer i intervallet 200–300 µg/g, og verdier opp mot 700 µg/g ble registrert. I Nord- og Midt-Norge og i høyereliggende deler av Sør-Norge lå typiske nivåer i intervallet 30–70 µg/g. Sammenliknet med referansesedimentene hadde konsentrasjonene i overflatesedimentene økt betydelig, oftest med en faktor på 3–12 ganger (25–75 prosentilen). I lavereliggende områder i Sør-Norge var det ikke uvanlig med en økning på opptil 18 ganger.

Typiske verdier i referansesedimentene fra førindustriell tid lå i intervallet 10–30 µg/g (25–75 prosentilen). Også i referansesedimentene var det en tendens til at de høyeste nivåene lå i de lavereliggende kystnære områdene i Sør-Norge. Bly har en lang forurensningshistorie, og de menneskeskapte utslippene til luft var ikke ubetydelig fra middelalderen av (Renberg et al., 2000). De forhøyede nivåene i referansesedimentene fra Sør-Norge kan delvis skyldes slike forurensninger. Det må imidlertid også trekkes inn i vurderingen at sedimentene i disse innsjøene (oftest skogssjøer) har et høyt innhold av organisk materiale (humusstoffer), som er effektive kompleksbindere av visse tungmetaller, slik som kvikksølv og bly.



Figur 6: Konsentrasjonen av bly (Pb, $\mu\text{g/g}$) i overflate- og referansesedimentene, samt differansen mellom konsentrasjonene i disse sjiktene. Over histogrammene er det tegnet inn et box-plot hvor de vertikale linjene angir prosentilene som er oppgitt i nederste høyre panel. Data ($n = 231$) er fra den nasjonale sedimentundersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al. 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.



Figur 7: Generalisert kart over konsentrasjonene av bly (Pb, µg/g) i norske innsjøsedimenter. Konsentrasjonene er beregnet ved en romlig interpolasjon (kriging) av data fra den nasjonale undersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al. 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

3.5 Lokale utslipp av bly

3.5.1 Luft

I kapittel 3.1. ble det vist at Norge har et betydelig større utenlandsk tilførsel av bly enn hva vi sjøl slipper ut. Dette utelukker ikke at vi også kan ha betydelige utslipp som påvirker lokalmiljøene. Ut fra moseundersøkelsen som ble gjennomført rundt ti industristeder i 2000 ble det valgt ut data fra fire av disse stedene for å studere lokale tungmetallutslipps relative betydning i forhold til langtransportert. Stedene ble valgt ut på grunn av at de hadde hatt forhøyde konsentrasjoner av et eller flere av tungmetallene som inngår i denne rapporten.

Figur 8 og Figur 9 viser interpolerte kart for bly i mose for Mo i Rana og Odda. Tabell 5 viser utslipp av bly fra industribedrifter i Norge. Fundia Armeringsstål A.S (Mo i Rana) stod for ca 13% av det totale norske luftutslipp av bly i 2000. Blynivåene i mose overskrider bakgrunnsnivåene med maksimalt 33 og 17 ganger for henholdsvis Mo i Rana og Odda (Tabell 6). I Sauda og Årdal er tilsvarende tall 9 og 4 ganger.

Tabell 5: Blyutslipp til luft fra utvalgte industribedrifter i Norge, 2000.

Bedrift	Sted	Luftutslipp (kg)	Andel av norske luftutslipp (%)
Kristiansands Jernstøperi A.S	Kristiansand	10.88	0.2
Rana Metall KS	Mo i Rana	27.7	0.4
Elkem Rana A.S	Mo i Rana	102	1.6
Fundia Armeringsstål A.S	Mo i Rana	870	13.4
Odda Smelteverk A.S	Odda	51.2	0.8
Eramet Norway AS	Sauda	215	3.3
Hydro Aluminium AS	Årdal	47*	0.7
Utslipp av bly til luft i Norge (tot)		6500	

* ifølge nye målemetoder er utslippsmengdene betydelig lavere

Tabell 6: Overskridelse av bakgrunn for bly.

	Gjennomsnitt	Min	Max	Bakgrunn	Overskridelse av bakgrunn (ggr)	
	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	($\mu\text{g/g}$)	Gjennomsnitt	Maks.-verdi
Mo i Rana	28.1	3.1	59.2	1.8	15	33
Odda	30.6	4.4	57.2	3.3	9	17
Sauda	21.4	9.9	33.7	3.6	6	9
Årdal	3.6	1.7	6.9	1.6	2	4

Gjennomsnitt: gjennomsnittskonsentrasjon for interpolerte ruter

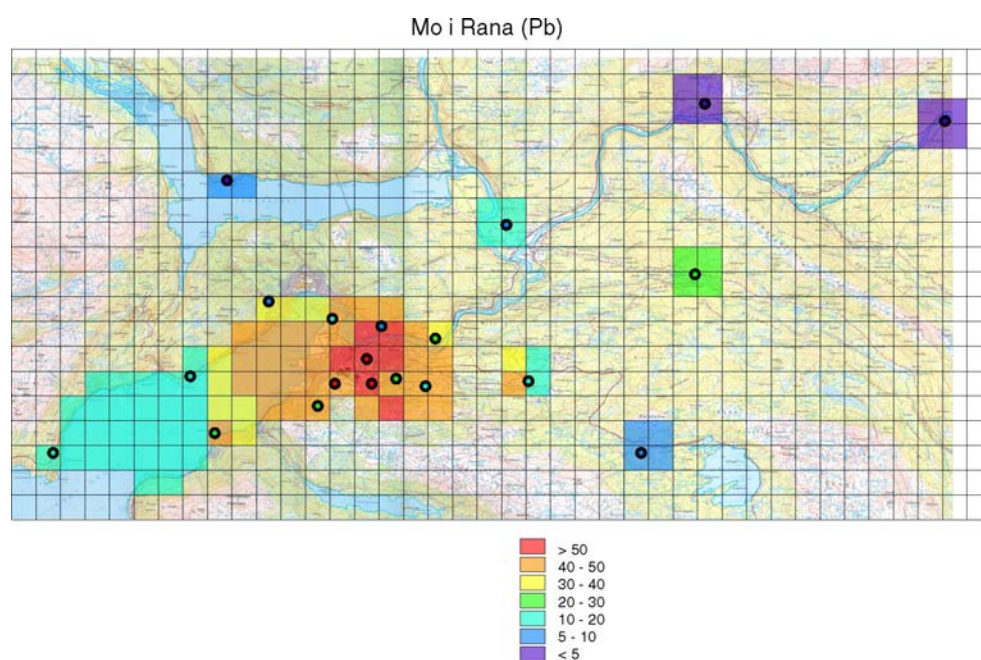
Min: laveste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Max: høyeste konsentrasjon blant interpolerte ruter

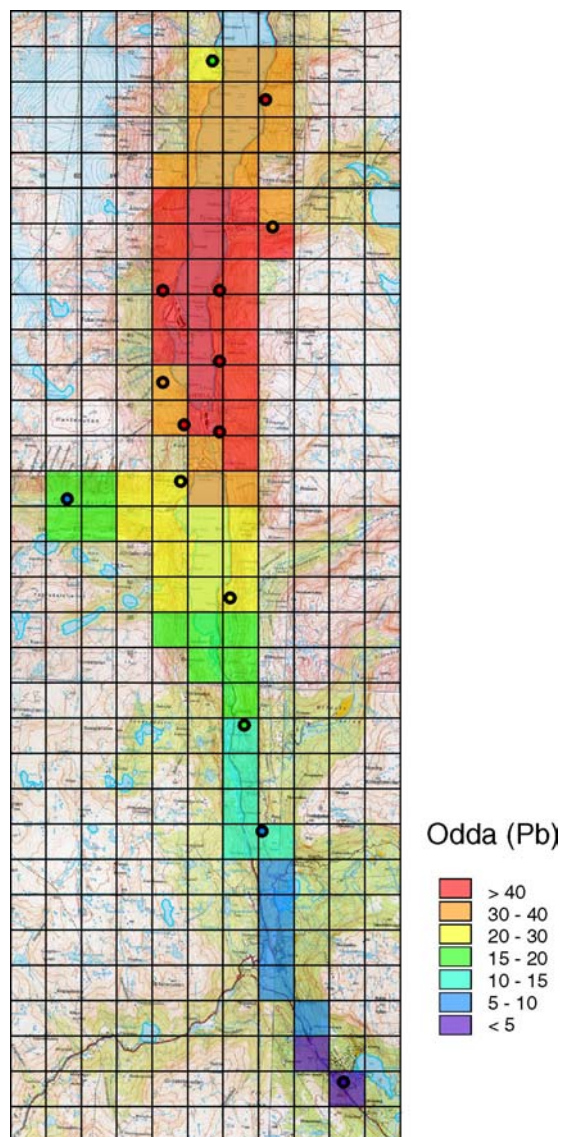
Bakgrunn: Gjennomsnittlig konsentrasjon av tre prøver som ikke er påvirket av lokale utslipp

Overskridelse av bakgrunn (Gjennomsnitt): Antall ganger overskridelse i forhold til gjennomsnittskonsentrasjon

Overskridelse av bakgrunn (maks.-verdi): Antall ganger overskridelse i forhold til høyeste konsentrasjon (Max)



Figur 8: Bly i Mo i Rana illustrert ved konsentrasjoner i mose ($\mu\text{g/g}$) (prikkene er prøvetakingspunkter for mosene).



Figur 9: Bly i Odda illustrert ved konsentrasjoner i mose ($\mu\text{g/g}$) (prikkene er prøvetakingspunkter for mose).

3.5.2 Vann

Blant de utvalgte industristedene særmerket Odda seg med betydelige utslipp av bly til vann. Fra Outokumpu Norzink AS ble det i 2000 ble sluppet ut 2 700 kg bly til fjorden, noe som utgjorde 37% av de samlede registrerte industriutslippene til vann, eller ca 8% av de samlede nasjonale utslippene til vann. Fra de øvrige utvalgte industristedene var utslippene til vann forholdsvis beskjedne.

Tabell 7: Lokale industriutslipp av bly (Pb) til vann, samt den andel utslippene utgjør av de nasjonale industriutslippene og de samlede nasjonale bly-utslipp til vann (etter SFT 2002).

Bedriftsnavn	Kommune	Andel av totale vannutslipp		
		Bedriftens utslipp, kg	Samlede industriutslipp, 7 300 kg	Samlede utslipp til vann, 35 200 kg
Falconbridge Nikkelverk A.S	Kristiansand	25.0	0.3%	0.07%
HØIE AS	Kristiansand	4.5	0.06%	0.01%
Odda Smelteverk A.S	Odda	172.9	2.4%	0.5%
Outokumpu Norzink AS	Odda	2700	37.0%	7.7%
Tinfos Titan & Iron K.S	Odda	26.4	0.4%	0.08%
Elkem Rana A.S	Rana	33.0	0.5%	0.09 %
Fundia Armeringsstål A.S	Rana	169	2.3%	0.04 %
ERAMET NOR WAY AS	Sauda	13.0	0.02%	0.04 %

3.6 Konklusjon – bly

Det er relativt stor usikkerhet knyttet til alle typer utslippsdata og modeller for bly. Likevel kan man med ganske stor sikkerhet si at tilførsel fra atmosfærisk langtransport til Norge er betydelig større enn våre nasjonale utslipp av bly.

Både modeller og de regionale overvåkingsprogrammene (mose, jord, overflatevann, innsjø-sedimenter) viste et klart atmosfærisk langtransportmønster for bly: høye konsentrasjoner i sør og gradvis lavere nordover. Moseundersøkelsene viser at bidraget av bly fra langtransport har blitt redusert, og var i 2000 ca 10% av det som ble målt i 1977.

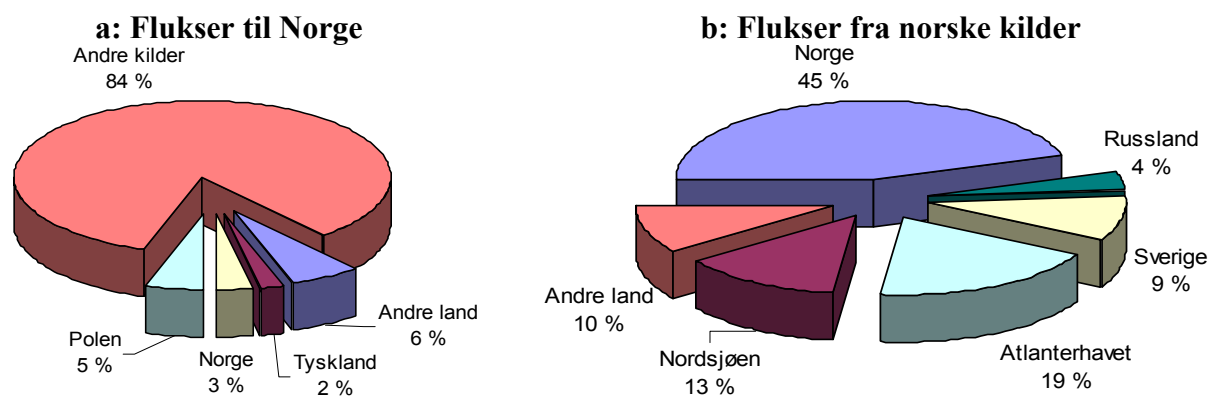
Målinger tyder på at det naturlige innholdet av bly i humusjord i Norge er i størrelsesorden 2 mg/kg mens bakgrunnsnivået i mineraljord er omlag 15 mg/kg. Avsetning av langtransportert bly og lokale blyutslipp har ført til at nivåene har økt, for eksempel viser målinger av sjøsedimenter at blynivåene i overflatelagene har økt i størrelsesorden 3 – 12 ggr i forhold til nivåene i førindustriell tid. I lavereliggende områder i Sør-Norge som er utsatt for langtransportert blyforurensning er nivåene i overflatelagene opp til ca 18 ganger høyere.

Områder der blyavsetningen i Norge er stor er først og fremst industristedene. Blant disse særmerket Mo i Rana seg med høyeste utslipp av bly til luft. Mo i Rana har betydelig forhøyede konsentrasjoner i mose, mens Odda og Sauda også viste noe forhøyede verdier. For vann særmerket Odda seg med betydelige utslipp av bly til vann.

4. Kadmium

4.1 Norske utslipp og utenlandske tilførsler av kadmium

Også for kadmium har EMEP brukt modeller til å lage "skyldmatriser" som viser hvor store mengder kadmium vi får fra hvilke områder (Figur 10a: "Flukser til Norge") og hvor store mengder kadmium Norge avgir til hvilke områder (Figur 10b: Flukser fra norske kilder). Land utenfor Norge som tilfører Norge et betydelig bidrag av kadmium er Polen og Tyskland. "Andre land" i Europa har også et bidrag. På grunn av usikre datagrunnlag kan store deler av de langtransporterte tungmetallene som avsettes i Norge ikke tilskrives utslipp fra spesifikke land, men kommer i kategorien "Andre kilder". I dette inngår blant annet tilførsel fra land utenfor Europa. Det er behov for mere forskning for å forbedre disse budsjettene. Skyldmatrisene viser at omtrent halvparten av våre egne kadmiumutslipp avsettes innenfor våre egne grenser. Ca 30% avsettes i Atlanterhavet og i Nordsjøen. Vi tilfører også signifikante bidrag av tungmetaller til Sverige og Russland.



Figur 10a: Skyldmatriser for flukser av kadmium til Norge (avsatte mengder fordelt på kilder) og 10b: flukser av kadmium fra norske utslippskilder (avsatt mengder fordelt på kilder).

EMEPs budsjetter for flukser av kadmium til Norge og flukser av kadmium fra norske kilder for år 2000 er vist i Tabell 8 sammen med våre nasjonale utslippstall for kadmium til luft. EMEP-dataene for flukser fra norske kilder og de norske offisielle utslippsdataene er ganske lik for kadmium. Beregningene er usikre, men viser likevel at Norge får tilført en mye større andel av kadmium enn hva vi slipper ut. De viktigste kildene til norske luftutslipp av kadmium til luft er stasjonær forbrenning (52%), prosessindustri (42%) og mobil forbrenning (7%).

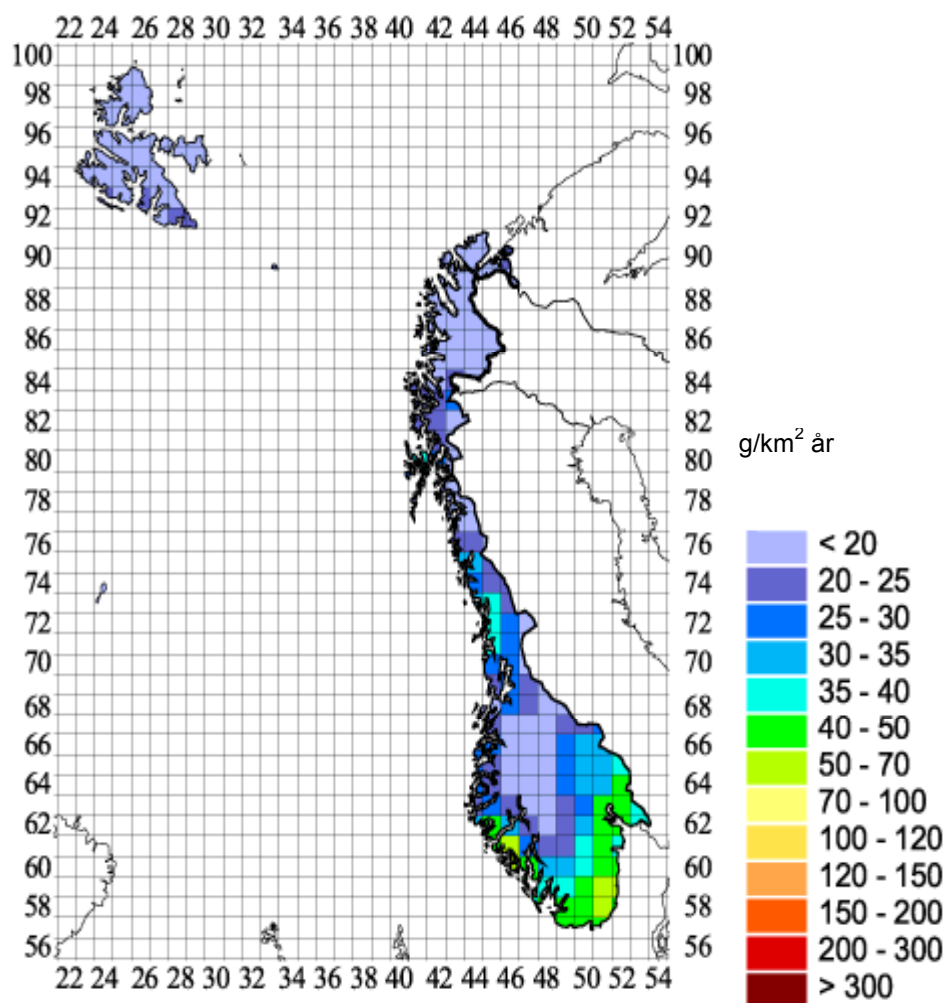
Tabell 8: Flukser til Norge (langtransportert tilførsel fra utlandet modellert av EMEP), flukser fra norske kilder (norske "utslipp" modellert av EMEP), nasjonale luftutslipp (offisielle norske utslipp), andel nasjonal luftutslipp (modellert av EMEP) av tilførsel fra utlandet (%), andel nasjonale luftutslipp (norske offisielle) av tilførsel fra utlandet (%) (Metall: kadmium, år: 2000).

Metall (enhet)	Flukser til Norge (EMEP)	Flukser fra norske kilder (EMEP)	Nasjonale luftutslipp (Norske off.)	Andel nasjonale utslipp av tilførsler fra utland (%) (EMEP data)	Andel nasjonale utslipp av tilførsler fra utland (%) (Norske offisielle)
Kadmium (kg)	7872	658	746	8	9

4.2 Avsetninger av atmosfærisk langtransportert kadmium

4.2.1 EMEPs atmosfæriske langtransportmodell

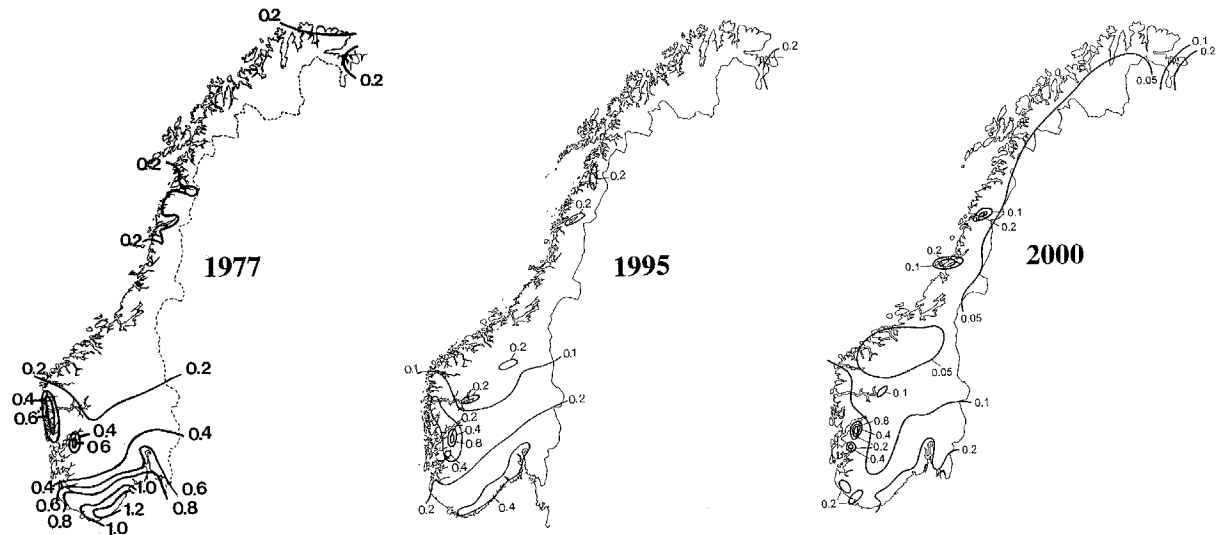
Ved bruk av en modell har EMEP beregnet atmosfæriske avsetninger for kadmium i Norge for år 2000 (Figur 11). Kadmium viser sterkt forhøyede avsetninger sør i landet, og gradvis mindre nordover. Dette er et typisk mønster for komponenter som blir tilført Norge via langtransporterte luftstrømmer og nedbør.



Figur 11: Avsetning av kadmium ($\text{g/km}^2 \text{ år}$) til Norge.

4.2.2 Konsentrasjoner i mose

Mose-undersøkelsene viser at bidraget av kadmium fra atmosfærisk langtransport i 2000 er halvert siden den første nedfallsundersøkelsen i 1977 (Figur 12). I 2000 var konsentrasjonen av kadmium mindre enn 0.05 µg/g i bakgrunnsområdene. Vanlig forekommende verdier lå i intervallet 0.05-0.15 µg/g (25–75 prosentilen) (Tabell 9), mens konsentrasjonen var over 0.2 µg/g i de områdene som er mest belastet av atmosfærisk langtransport.



Figur 12: Atmosfærisk avsetning av kadmium i Norge ved tre ulike tidspunkter, illustrert ved konsentrasjon i mose ($\mu\text{g/g}$).

Tabell 9: Kadmium, prosentilfordeling, år 2000.

Prosentil	Konsentrasjon (µg/g)
99.5	0.83
97.5	0.43
90	0.22
75	0.15
50	0.09
25	0.05
10	0.03
5	0.03

4.3 Konsentrasjoner i naturlig jord

Verdiene for kadmium i humus fra 1985 ligger nær den analytiske deteksjonsgrensen (0.5 mg/kg) og er sannsynligvis systematisk for høye. De tilsvarende medianverdiene er klart lavere både i analysene fra 1977-serien (Steinnes et al., 1997) og 1995-serien (Nygård, 2000). Verdiene fra 1995 er derfor gitt til sammenlikning. Nivået av kadmium i C-sjiktet er ukjent, men viser neppe store regionale variasjoner ettersom medianene for det nær beslektede metallet sink varierer lite mellom regionene. Kadmium tas relativt lett opp i vegetasjon fra

jorda, men neppe i særlig forskjellig grad i nord og sør. De klart høyere verdier i humussjiktet i de sørlige områdene skyldes derfor høyst sannsynlig nedfall fra langtransportert forurensning.

Typiske bakgrunnsverdier:	Humus:	0.3 mg/kg
	Mineraljord (anslått):	0.1 mg/kg
90-prosentiler:	Humus (påvirket av atmos. langtransport):	2.1 mg/kg

4.4 Utslipp til vann

4.4.1 Nasjonale utslipp

De samlede nasjonale utslipp av kadmium til vann er anslått til å være omkring 2 400 kg for år 2000 (SFT, 2002) (Tabell 10), hvorav trolig mer enn 80% går som utslipp direkte til sjø. De viktigste kildene er ulike industrikilder (64%), hvor metallproduksjon utgjør hovedandelen; olje- og gassvirksomhet (offshore) (9%), hvor forurensninger i produkter og produsert vann utgjør hver sin halvdel; nedlagte gruver (8%); kommunal kloakk og renovasjon (7%); og sig fra fyllinger og avfallsforbrenning (7%). Andelen i kloakkslam, som fjernes ved kommunale renseanlegg er av SFT anslått til å være omlag 100 kg (SFT, 2002) og som inngår i slammet som disponeres som jordforbedringsmiddel mm. (Brunvoll og Høie, 2002). Andelen av industriutslippene og kommunal kloakk som slippes direkte ut til sjø er beregnet med samme metode som for bly.

Tabell 10: Utslipp av kadmium til vann (ferskvann og sjøvann) i år 2000, fordelt på hovedkilder (etter SFT, 2002).

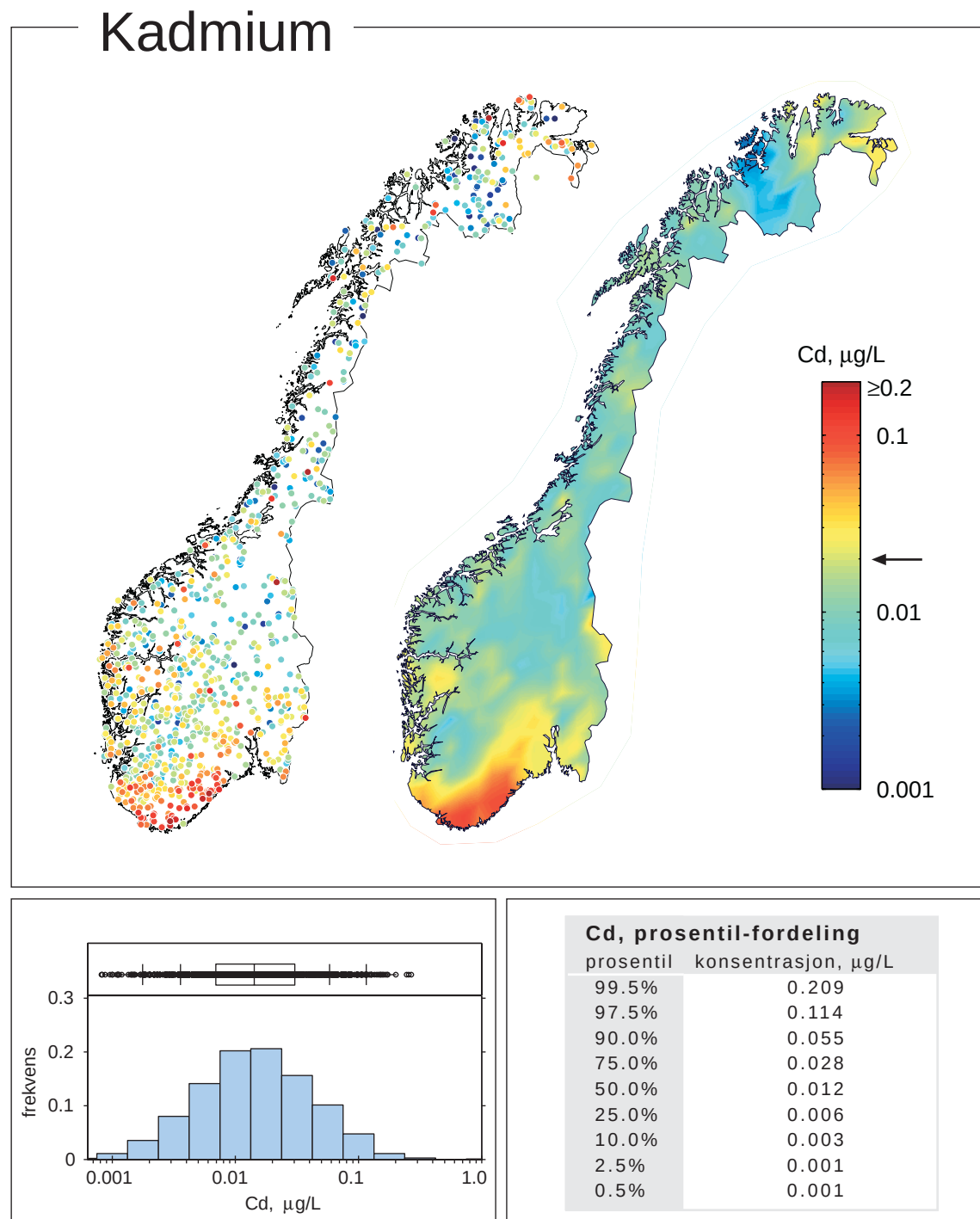
Kilde	Utslipp til ferskvann (kg)	Utslipp til sjøvann (kg)	Totale utslipp til vann (kg)	Andel
Industrikilder	1	1513	1 514	63.8%
Olje- og gassvirksomhet	0	218	218	9.2%
Nedlagte gruver	199	0	199	8.4%
Sig fra kommunale fyllinger og avfallsforbrenning	?	?	172	7.3%
Kommunal kloakk	21	138	170	7.2%
Annet	?	100	100	4.2%
Sum	> 221	>1969	2 373	100.0%

4.4.2 Kadmium i naturlig overflatevann

Det var en klar sør-nord gradient i kadmiumkonsentrasjonene i innsjøvann, og de høyeste konsentrasjonene forekom i kystnære områder i Vest- og Aust-Agder (Figur 13). Kadmium finnes vanligvis i svært lave konsentrasjoner i naturlig overflatevann, og en stor andel av prøvene (62%) hadde konsentrasjoner som lå under analysens deteksjonsgrense på 0,02 µg/l. Vanlig forekommende verdier lå i intervallet 0.02–0,028 µg/l (25–75 prosentilen), mens det i de mest belastede områdene i Sør-Norge ikke var uvanlig med konsentrasjoner i området 0,04–0,10 µg/l. I Figur 13 har vi for observasjonene under deteksjonsgrensen benyttet oss av estimerte verdier basert på en multivariat metode (Skjelkvåle et al., 1999).

Kadmium er et element som kan lekke ut fra jordsmonnet ved lav pH. Både naturlig forekommende kadmium og lagrene av tidligere atmosfæriske avsatte forurensninger vil

derfor kunne mobiliseres under en forureningssituasjon (Bergkvist et al., 1989). Det geografiske variasjonsmønsteret i konsentrasjonen styres derfor av forskjeller i naturlig bakgrunnsnivå og tilførsler av både kadmium og forsurende komponenter i nedbøren.



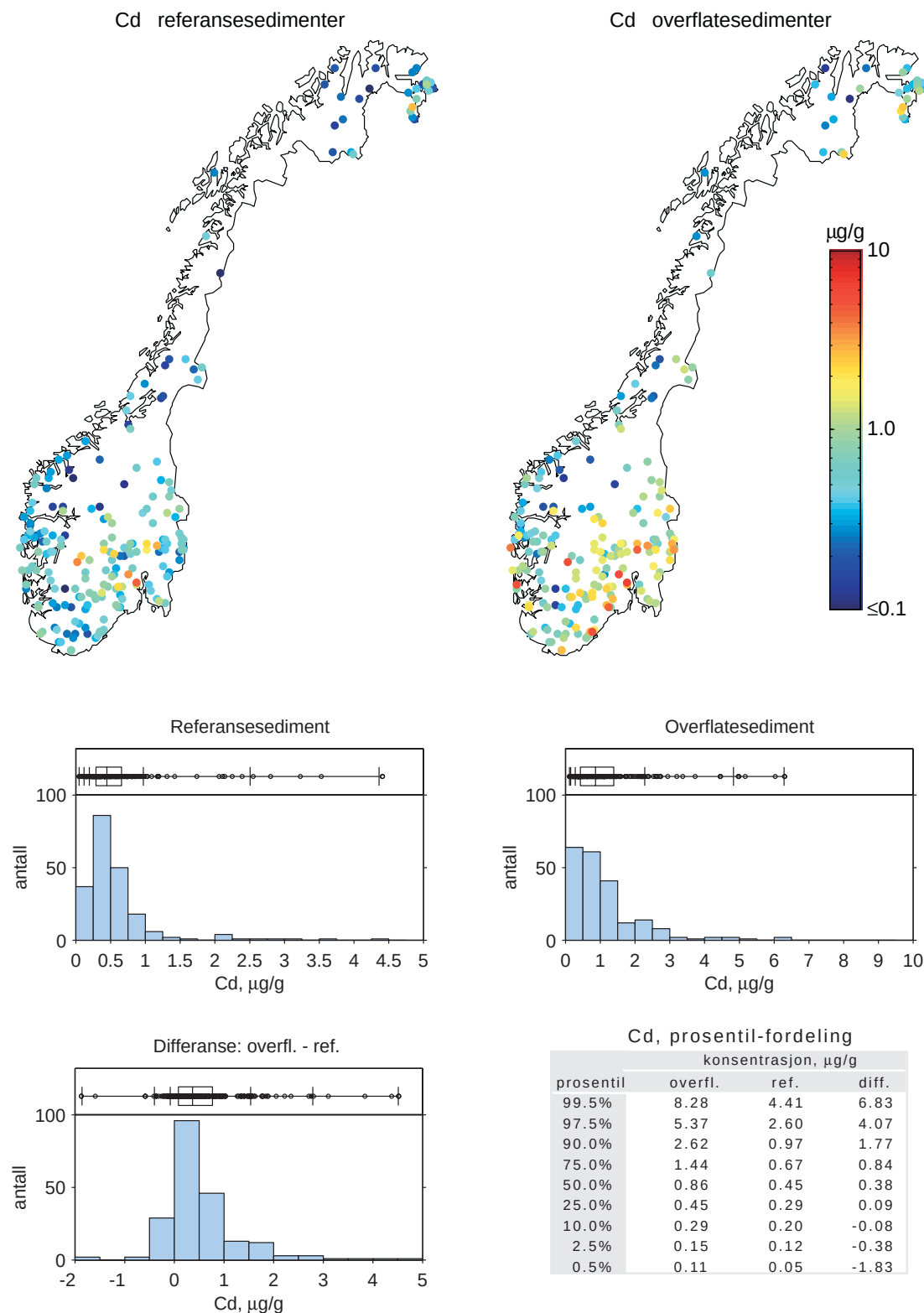
Figur 13: Konsentrasjoner av kadmium i norsk innsjøvann ($\mu\text{g/l}$) høsten 1995. Data ($n = 985$) er hentet (Skjelkvåle et al., 1999). Det generaliserte kartet til høyre er basert på en romlig interpolasjonsmetode (kriging). Pilen på konsentrasjonsskalaen angir analysens kvantifiseringsgrense, verdiene under dette er estimer.

4.4.3 Kadmium i innsjøsedimenter

Den nasjonale undersøkelsen av innsjøsedimenter viste at vanlig forekommende konsentrasjoner av kadmium i nylig avsatte overflatesedimenter lå i intervallet 0,45–1,44 µg/g (25–75 prosentilen) (Figur 14). Det geografiske konsentrasjonsmønsteret var mye likt det som finnes for kadmium i innsjøvann, med de høyeste konsentrasjonene i Agderfylkene. Det var imidlertid en tendens til at nivåene sank i de mer vestlige deler av Vest-Agder og over mot Rogaland (Figur 15). Dette kan ha sammenheng med en økt forsurening langs denne gradienten, noe som kan ha ført til en svakere kompleksbinding av kadmium til humusstoffer (mer av kadmiumet vil foreligge som frie ioner) og en lavere sedimentasjonsrate (retensjon) av kadmium i innsjøene.

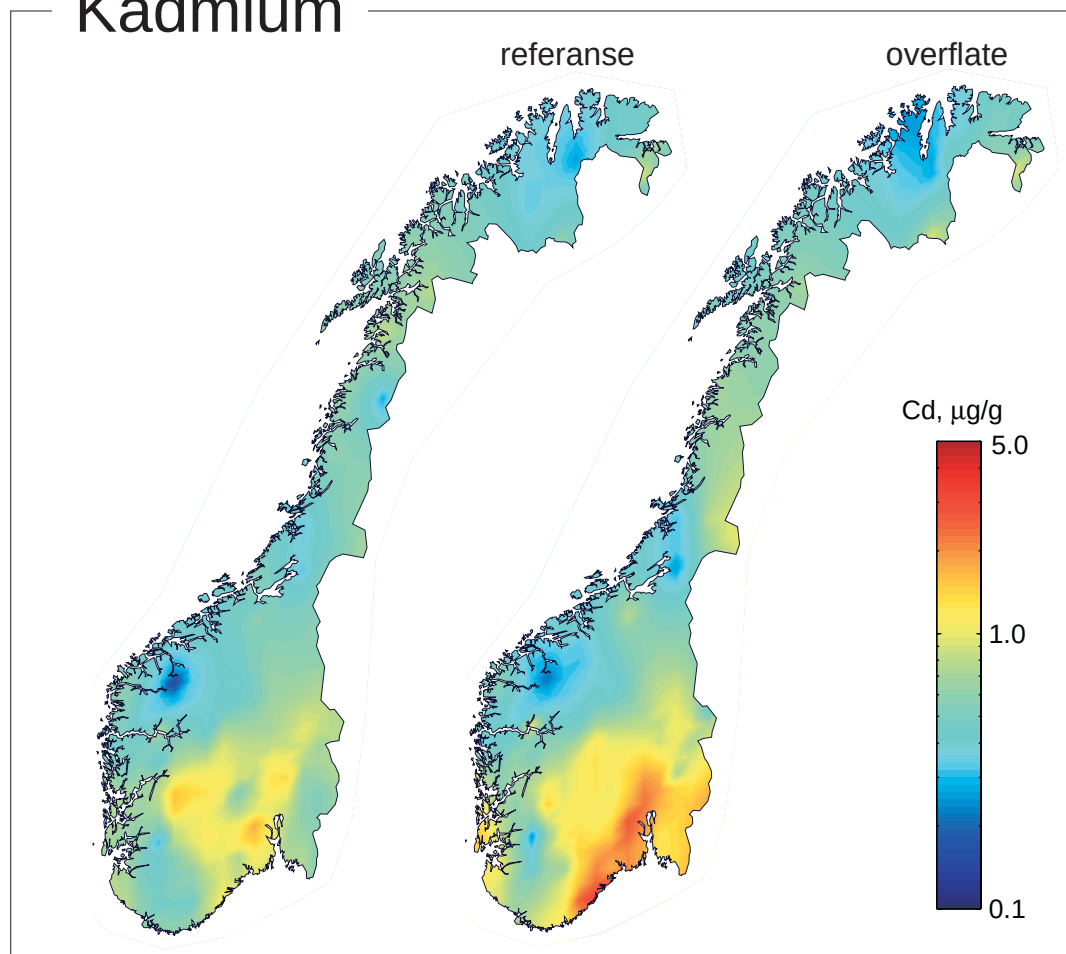
I de høyest belastede områdene i Sør-Norge lå nivåene i intervallet 0,8–2,7 µg/g, og verdier over 8 µg/g ble registrert. I Nord- og Midt-Norge og i høyereliggende deler av Sør-Norge lå typiske nivåer i intervallet 0,3–0,8 µg/g. Sammenliknet med referansesedimentet var det generelt en moderat økning i forurensningsgraden av overflatesedimentene, oftest med en faktor på 1,2–2,7 ganger (25–75 prosentilen). I de mest belastede områder i Sør-Norge, som er influert av langtransportert forurensning, var det imidlertid ikke uvanlig med en økning på opptil 4-6 ganger.

Typiske verdier i referansesedimentene fra førindustriell tid lå i intervallet 0,3–1,4 µg/g (25–75 prosentilen), og de høyeste nivåene lå på sentrale deler i Sør-Norge.



Figur 14: Konsentrasjonen av kadmium (Cd) i overflate- og referansesedimentene, samt differansen mellom konsentrasjonene i disse sjiktene. Over histogrammene er det tegnet inn et box-plot hvor de vertikale linjene angir prosentilene som er oppgitt i nederste høyre panel. Data ($n = 231$) er fra den nasjonale sedimentundersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al. 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

Kadmium



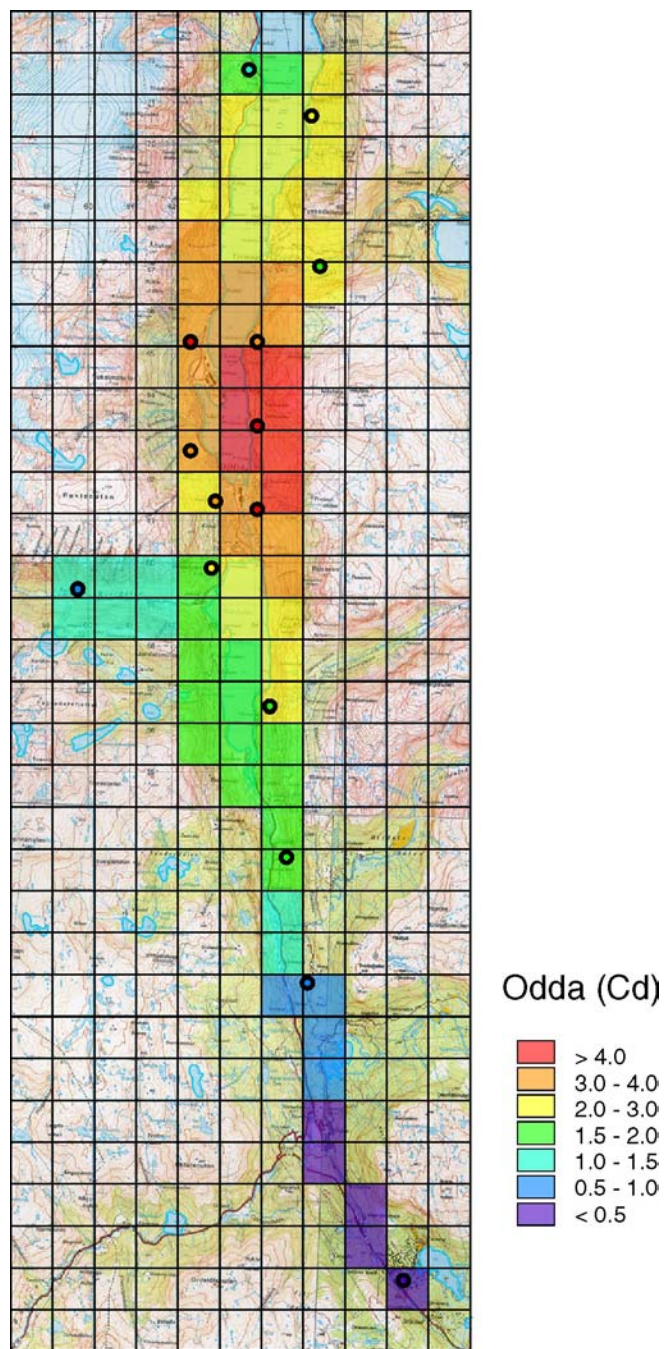
Figur 15: Generalisert kart over konsentrasjonene av kadmium (Cd, µg/g) i norske innsjø-sedimenter. Konsentrasjonene er beregnet ved en romlig interpolasjon (kriging) av data fra den nasjonale undersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al. 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

4.5 Lokale utslipp av kadmium

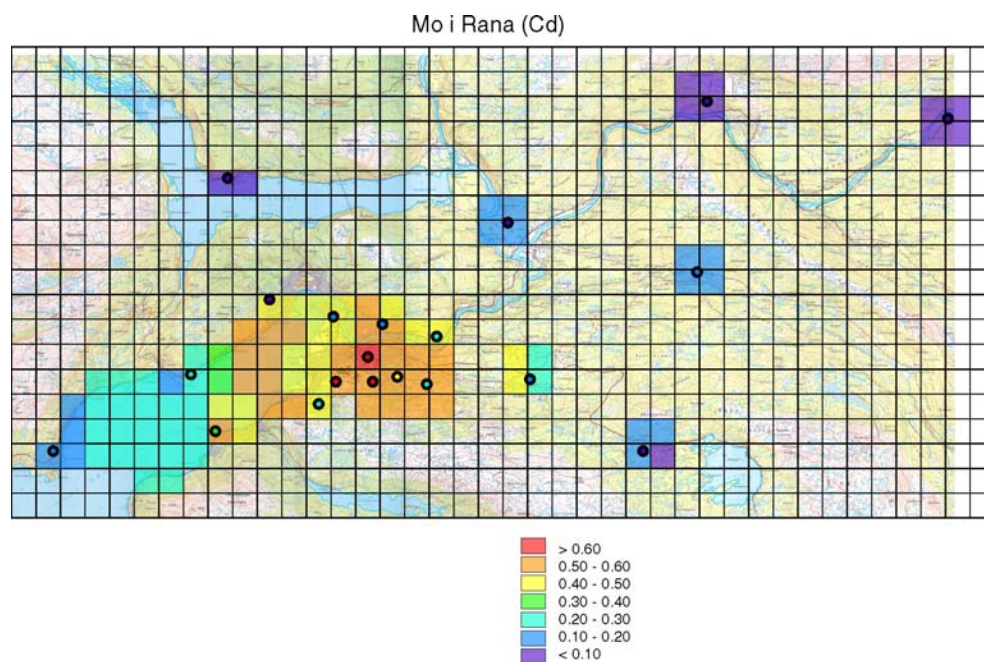
4.5.1 Luft

I kapittel 4.1. ble det vist at Norge har et betydelig større tilførsel av kadmium fra andre land enn hva vi sjøl slipper ut. Dette utelukker ikke at vi også kan ha betydelige utslipp som påvirker lokalmiljøene. Ut fra moseundersøkelsen som ble gjennomført ved ti steder i 2000 ble det valgt ut data fra fire av disse industristedene for å studere lokale tungmetallutslipps relative betydning i forhold til langtransporterte.

Figur 16 og Figur 17 viser interpolerte kart for kadmium for Odda og Mo i Rana. Tabell 11 viser utslipp av kadmium fra industribedrifter i Norge. Outokumpu Norzink i Odda står for ca 9% av det totale norske luftutslipp av kadmium. Kadmiumnivåer i mose viser overskridelse av bakgrunnsnivået på maksimalt 47 og 12 ganger for henholdsvis Odda og Mo i Rana (Tabell 12). I Sauda og Årdal er tilsvarende tall ca 6 ganger.



Figur 16: Kadmiumavsetning i Odda illustrert ved konsentrasjoner i mose ($\mu\text{g/g}$) (Prikkene er prøvetakingspunkter for mosene).



Figur 17: Kadmiumavsetning i Mo i Rana illustrert ved konsentrasjoner i mose ($\mu\text{g/g}$) (Prikkene er prøvetakingspunkter for mosene).

Tabell 11: Kadmiumutslipp til luft fra utvalgte industribedrifter i Norge (2000).

Bedrift	Sted	Luftutslipp (kg)	Andel av norske utslipp til luft (%)
Elkem Rana A.S	Mo i Rana	1	0.1
Rana Metall KS	Mo i Rana	1.4	0.2
Fundia Armeringsstål A.S	Mo i Rana	13	1.7
Outokumpu Norzink AS	Odda	65.0	8.7
Odda Smelteverk A.S	Odda	27.8	3.7
ERAMET NORWAY AS	Sauda	34	4.5
Hydro Aluminium AS	Årdal	9*	1.2
Utslipp av kadmium til luft i Norge (tot)		750	

* ifølge nye målemetoder er utslippsmengdene betydelig lavere

Tabell 12: Overskridelse av bakgrunn for kadmium.

Sted	Gjennomsnitt ($\mu\text{g/g}$)	Min ($\mu\text{g/g}$)	Max ($\mu\text{g/g}$)	Bakgrunn ($\mu\text{g/g}$)	Overskridelse av bakgrunn (ggr)	
					Gjennomsnitt	Maks.-verdi
Mo i Rana	0.33	0.04	0.6	0.05	7	12
Odda	2.31	0.22	4.73	0.1	23	47
Sauda	0.44	0.24	0.9	0.15	3	6
Årdal	0.24	0.14	0.46	0.08	3	6

Gjennomsnitt: gjennomsnittskonsentrasjon for interpolerte ruter

Min: laveste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Max: høyeste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Bakgrunn: Gjennomsnittlig konsentrasjon av tre prøver som ikke er påvirket av lokale utslipp

Overskridelse av bakgrunn (Gjennomsnitt): Antall ganger overskridelse i forhold til gjennomsnittskonsentrasjon

Overskridelse av bakgrunn (maks.-verdi): Antall ganger overskridelse i forhold til høyeste konsentrasjon (Max).

4.5.2 Vann

Blant de utvalgte industristedene særmerket Odda seg med betydelige utslipp av kadmium til vann. Ved Outokumpu Norzink AS ble det i 2000 ble sluppet ut 1300 kg kadmium til fjorden, i tillegg ble det sluppet ut drøy 15 kg kadmium fra annen industri i Odda. Disse utslippene utgjorde 18% av de samlede registrerte industriutslippene til vann, eller 3,4% av de samlede nasjonale utslippene. Fra de øvrige utvalgte industristedene var utslippene til vann beskjedne.

Tabell 13: Lokale industriutslipp av kadmium (Cd) til vann, samt den andel utslippene utgjør av de nasjonale industriutslippene og de samlede nasjonale kadmium-utslippene til vann (etter SFT, 2002). Samtlige lokale utslipp går til sjø.

Bedriftsnavn	Kommune	Bedriftens utslipp til vann, kg	Andel av totale utslipp til vann	
			industriutslipp, 1 500 kg	samlede utslipp, 2 400 kg
HØIE AS	Kristiansand	0.115	0.008 %	0.005 %
Odda Smelteverk A.S	Odda	13.1	0.9 %	0.5%
Outokumpu Norzink AS	Odda	1301	86.7 %	54.2%
Tinfos Titan & Iron K.S	Odda	2.33	0.2 %	0.1%
Fundia Armer ingsstål A.S	Rana	0.6	0.04 %	0.03 %
ERAMET NORWAY AS	Sauda	0.1	0.007 %	0.004 %

4.6 Konkusjon – Kadmium

Det er relativt stor usikkerhet knyttet til utslippsdata og modeller for kadmium. Likevel kan man med ganske stor sikkerhet si at tilførsel fra atmosfærisk langtransport er betydelig større enn våre nasjonale utslipp for kadmium.

Både modeller og de regionale overvåkingsprogrammene (mose, jord, overflatevann, innsjø-sedimenter) viste et klart atmosfærisk langtransportmønster for kadmium: høye konsentrasjoner i sør og gradvis lavere nordover. Moseundersøkelsene viser at bidraget av kadmium fra langtransport i 2000 var 20% av det som ble målt i 1977.

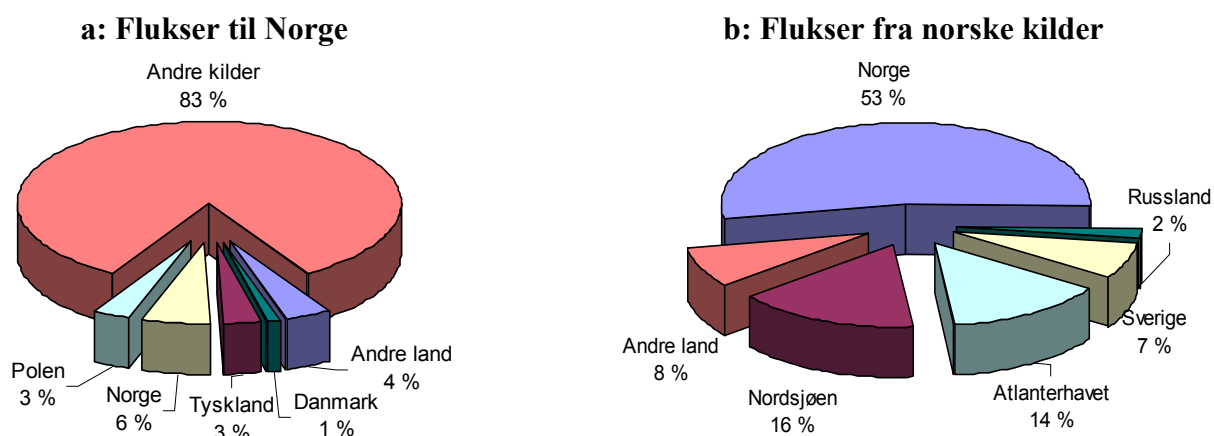
Det naturlige innholdet av kadmium i humus i Norge er anslått til å være i størrelsesorden 0,3 mg/kg, mens det for mineraljord er omlag 0,1 mg/kg. Avsetning av langtransportert kadmium og lokale kadmiumutslipp har ført til at nivåene har økt, for eksempel viser målinger av sjøsedimenter at kadmiumnivåene i overflatelagene er i størrelsesorden 1-3 ggr høyere enn i forindustriell tid. I de mest belastede områder i Sør-Norge, som er influert av langtransportert forurensning, var det imidlertid ikke uvanlig med en økning på opptil 4-6 ganger.

Blant de utvalgte industristedene særmerket Odda seg med høyeste utslipp av kadmium til luft og tilsvarende høye konsentrasjoner i mose. Mo i Rana har også noe forhøyede konsentrasjoner av kadmium i moser. For vann særmerket Odda seg med største utslippene av kadmium.

5. Kvikksølv

5.1 Norske utslipp og utenlandske tilførsler av kvikksølv

Som for bly og kadmium har EMEP-modellene blitt brukt til å lage såkalte "skyldmatriser" som viser hvor store mengder kvikksølv vi får fra hvilke områder (Figur 18a: "Flukser til Norge") og hvor store mengder Norge avgir til hvilke områder (Figur 18b: "Flukser fra norske kilder"). Land utenfor Norge som tilfører Norge et betydelig bidrag av kvikksølv er Polen, Tyskland og Danmark. "Andre land" i Europa har også et bidrag. På grunn av usikre data-grunnlag kan store deler av de langtransporterte tungmetallene som avsettes i Norge ikke tilskrives utslipp fra spesifikke land, men kommer i kategorien "Andre kilder". I dette inngår blant annet reemisjon og tilførsel fra land utenfor Europa. Det er behov for mere forskning for å forbedre disse budsjettene. Skyldmatrisene (Figur 18) viser at omtrent halvparten av våre egne kvikksølvutslipp avsettes innenfor våre egne grenser. Ca 30% avsettes i Atlanterhavet og i Nordsjøen. Vi tilfører også signifikante bidrag av tungmetaller til Sverige og Russland.



Figur 18a: Skyldmatriser for flukser av kvikksølv til Norge (avsatte mengder fordelt på kilder) og 18b: flukser av kvikksølv fra norske utslippskilder (avsatte mengder fordelt på kilder).

EMEPs budsjetter for flukser av kvikksølv til Norge og flukser av kvikksølv fra norske kilder for år 2000 er vist i Tabell 14 sammen med våre nasjonale utslippstall for kvikksølv.

Tabell 14 viser at det er stor forskjell i EMEP dataene og de norske offisielle dataene for kvikksølv. Beregningene blir derfor usikre, men viser likevel at Norge får tilført en større andel av kvikksølv enn hva vi slipper ut sjøl. Dataene som er basert på de norske offisielle utslippstallene er trolig riktigere enn de som er basert på de modellerte fluksene fra norske kilder. Begge tallene er imidlertid basert på modellerte tilførselsdata som trolig har samme usikkerhet som de modellerte fluksene fra norske kilder.

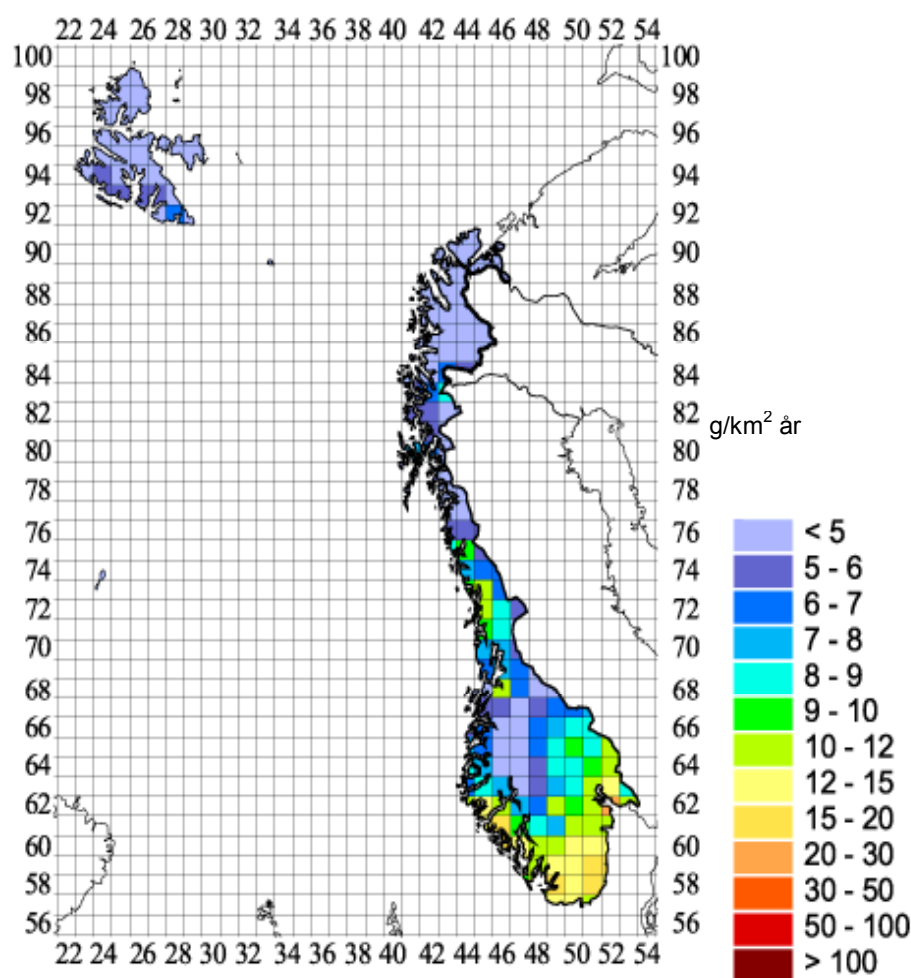
Tabell 14: Flukser til Norge (langtransportert tilførsel fra utlandet modellert av EMEP), flukser fra norske kilder (norske "utslipp" modellert av EMEP), nasjonale luftutslipp (offisielle norske utslipp), andel nasjonal luftutslipp (modellert av EMEP) av tilførsel fra utlandet (%), andel nasjonale luftutslipp (norske offisielle) av tilførsel fra utlandet (%) (Metall: kvikksølv, år: 2000).

Metall (enhet)	Flukser til Norge	Flukser fra norske kilder (EMEP)	Nasjonale luftutslipp (Norske off.)	Andel nasjonale utslipp av tilførsler fra utland (%) (EMEP data)	Andel nasjonale utslipp av tilførsler fra utland (%) (Norske offisielle)
Kvikksølv (kg)	2594	281	960	11	37

5.2 Avsetning av atmosfærisk langtransportert kvikksølv

5.2.1 EMEPs atmosfæriske langtransportmodell

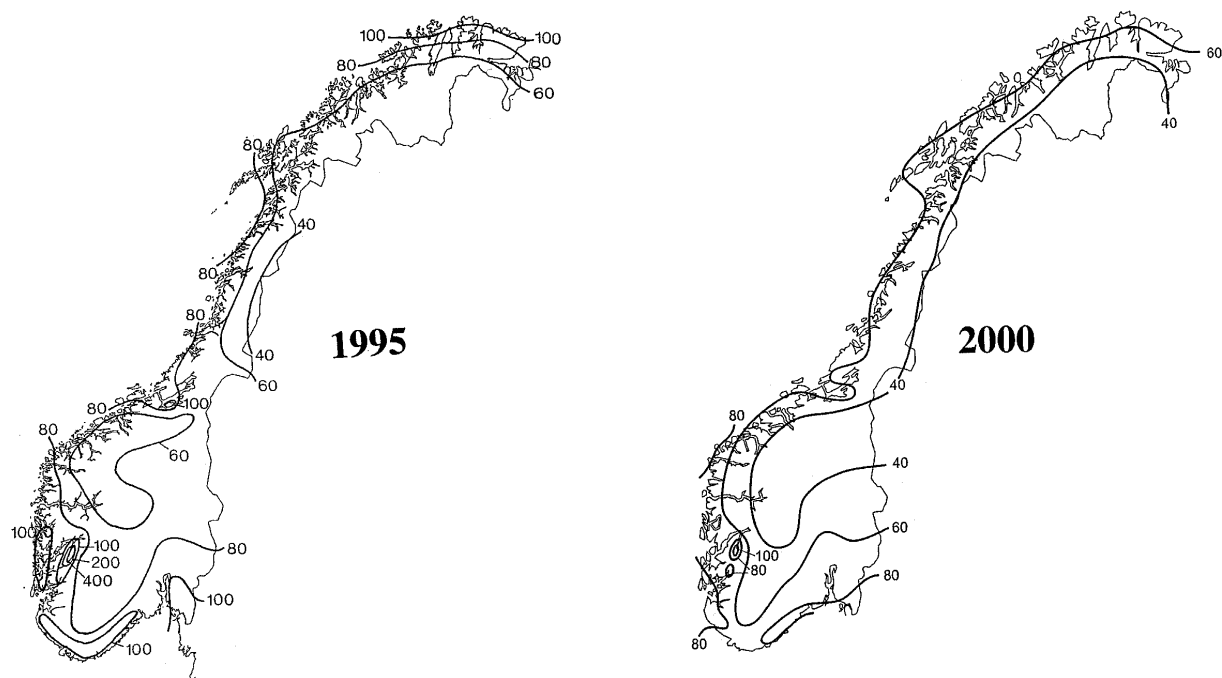
Ved bruk av en modell har EMEP beregnet atmosfæriske avsetninger for kvikksølv i Norge for år 2000 (Figur 19). Kvikksølv viser forhøyede avsetninger sør i landet, og gradvis mindre nordover. Dette er et typisk mønster for komponenter som blir tilført Norge via langtransporterte luftstrømmer.



Figur 19: Avsetning av kvikksølv ($\text{g/km}^2 \text{ år}$) til Norge.

5.2.2 Konsentrasjoner i mose

Mens nivå og geografisk fordeling av Hg i mose var tilnærmet konstant i Norge i perioden 1985-1995 viser resultatene fra 2000 en generell nedgang (ca 20%). I 2000 var konsentrasjonene av kvikksølv mindre enn 40 µg/kg i bakgrunnsområdene. Vanlig forekommende verdier lå i intervallet 40-66 µg/kg (25–75 prosentilen) (Tabell 15), mens konsentrasjonene var over 80 µg/kg i de områdene som er mest belastet av atmosfærisk langtransport.



Figur 20: Atmosfærisk nedfall av kvikksølv i Norge ved to ulike tidspunkter, illustrert ved konsentrasjon i mose (µg/kg).

Tabell 15: Kvikksølv, prosentilfordeling, år 2000.

Prosentil	Konsentrasjon (µg/kg)
99.5	160
97.5	102
90	83
75	66
50	52
25	40
10	32
5	29

5.3 Konsentrasjoner i naturlig jord

Kvikksølv-verdiene varierer relativt lite mellom regioner, men en tanke høyere nivå i sør antyder et mulig bidrag fra atmosfærisk langtransport. En representativ bakgrunnsverdi på landsbasis kan være 0.15 mg/kg. Det er vanskelig å si i hvilken grad denne verdien kan ha blitt påvirket av en økt konsentrasjon av elementært kvikksølv (Hg^0) i atmosfæren i moderne tid (se kap. 5.4.3).

Typiske bakgrunnsverdier: Humus: 0.15 mg/kg

90-prosentiler: Humus: 0.28 mg/kg

5.4 Utslipp til vann

5.4.1 Nasjonale utslipp

De samlede nasjonale utslipp av kvikksølv til vann er anslått til å være omkring 290 kg for år 2000 (SFT, 2002) (Tabell 16), hvorav trolig omlag 50% er utslipp direkte til sjø. De viktigste kildene er olje- og gassutvinning (offshore) (42%), utslipp til kommunalt avløp (21%), sig fra fyllinger (14%) og ulik metallproduksjon (12%). Andelen i kloakkslam som fjernes ved kommunale renseanlegg inngår ikke i dette regnskapet, og er anslått til å være omlag 135 kg (SFT, 2002) hvorav omlag 95 kg inngår i slammet som disponeres som jordforbedringsmiddel mm. (Brunvoll og Høie, 2002).

Tabell 16: Utslipp av kvikksølv til vann (ferskvann og sjøvann) i år 2000, fordelt på hovedkilder (etter SFT, 2002).

Kilde	Utslipp til ferskvann (kg)	Utslipp til sjøvann (kg)	Samlet utslipp til vann (kg)	Kildens andel
Olje og gassutvinning	0	121	121.0	41.9%
Kloakk og renovasjon	49	12	61.0	21.1%
Sig fra fyllinger	?	?	40.0	13.8%
Metallproduksjon	0	35.5	35.5	12.3%
Tannfyllingsmaterialer	?	?	20.8	7.2%
Annet	?	?	10.4	3.6%
Sum	>49	>168	288.7	100.0%

5.4.2 Kvikksølv i naturlig overflatevann

Det har ikke vært gjort noen systematisk kartlegging av konsentrasjonen av kvikksølv i innsjøvann i Norge. I den nasjonale tungmetallundersøkelsen fra 1995 (Skjelkvåle et al., 1999), ble ikke kvikksølv inkludert i analyseprogrammet på grunn av kostnadene. Det finnes imidlertid overvåkningsdata på kvikksølv innhentet i elveovervåknings-programmet som gjøres for OSPA kommisjonen (Holtan et al. 1998). For de større vassdragene som inngår i programmet ligger vanlige nivåer i intervallet <1–2 ng Hg/l. Dette også de nivåene som antas å være dagens vanlige forekommende nivå i ferskvannslokaliteter uten betydelige punktkilder (Wiener og Sprey, 1996).

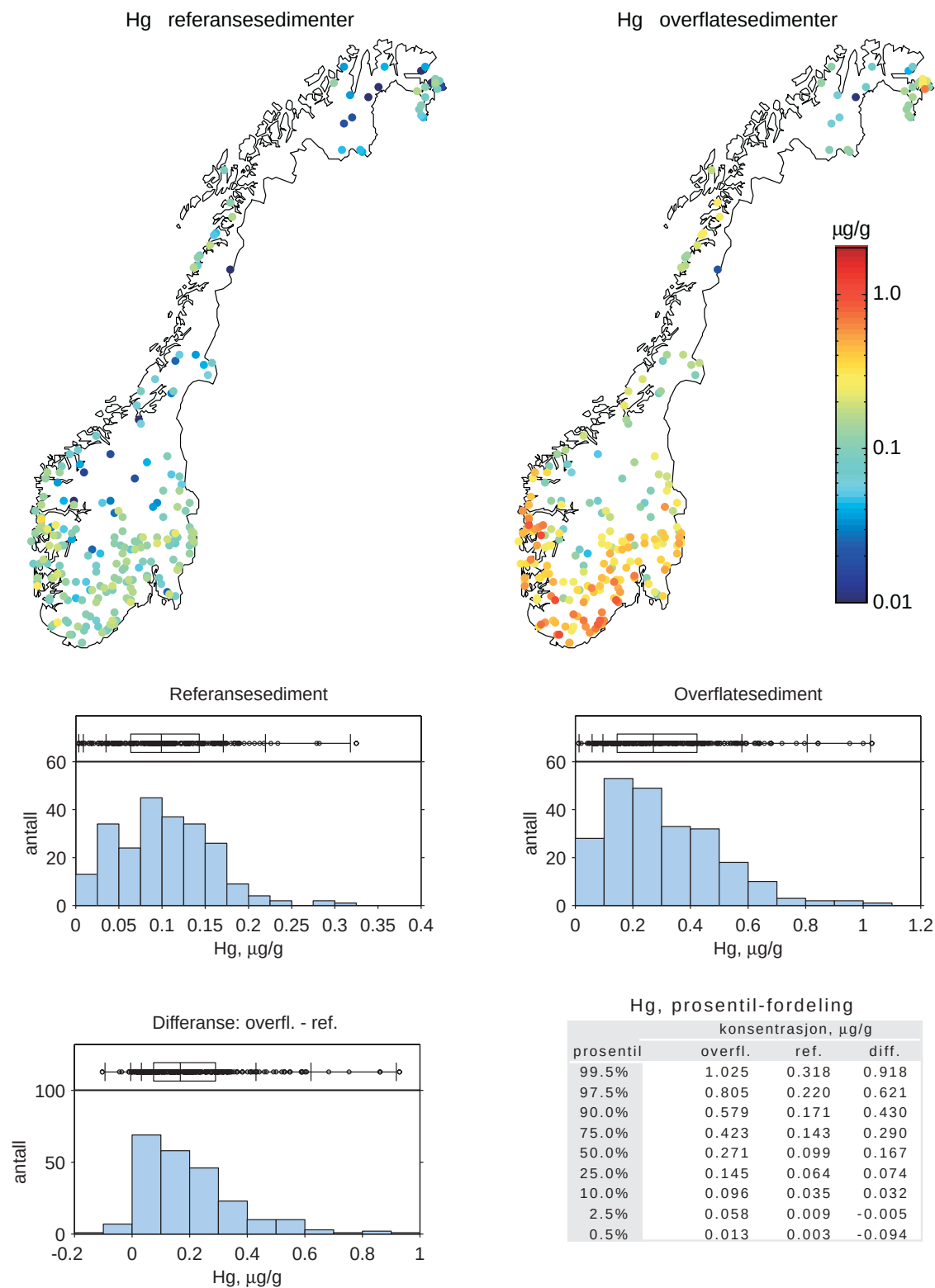
5.4.3 Kvikksølv i innsjøsedimenter

Den nasjonale undersøkelsen av innsjøsedimenter fra 1996–1997 (Rognerud et al., 1999) viste at vanlig forekommende konsentrasjoner av kvikksølv i nylig avsatte overflatesedimenter lå i intervallet 0,14–0,42 µg/g (25–75 prosentilen) (Figur 21). Nivåene varierte imidlertid langs en sør-nord gradient, med de høyeste konsentrasjonene ble funnet i lavereliggende kystnære områder i Sør-Norge (skogssjøer). Dette kommer særlig godt fram i de generaliserte kartene, hvor vi ved hjelp av en romlig interpolasjonsmetode (kriging) har beregnet forventede konsentrasjoner over hele landet (Figur 22). Typiske verdier for lavereliggende sjøer i Sør-Norge lå i intervallet 0,3–0,6 µg/g, men verdier over 1 µg/g ble registrert. I Nord- og Midt-Norge og i høyereliggende deler av Sør-Norge lå typiske nivåer i intervallet 0,1–0,2 µg/g. Sammenliknet med referansesedimentene hadde konsentrasjonene i overflatesedimentene økt betydelig, ofte med en faktor mellom 2–4 ganger. I skogssjøer i Sør-Norge var det ikke uvanlig med en økning på 4-6 ganger.

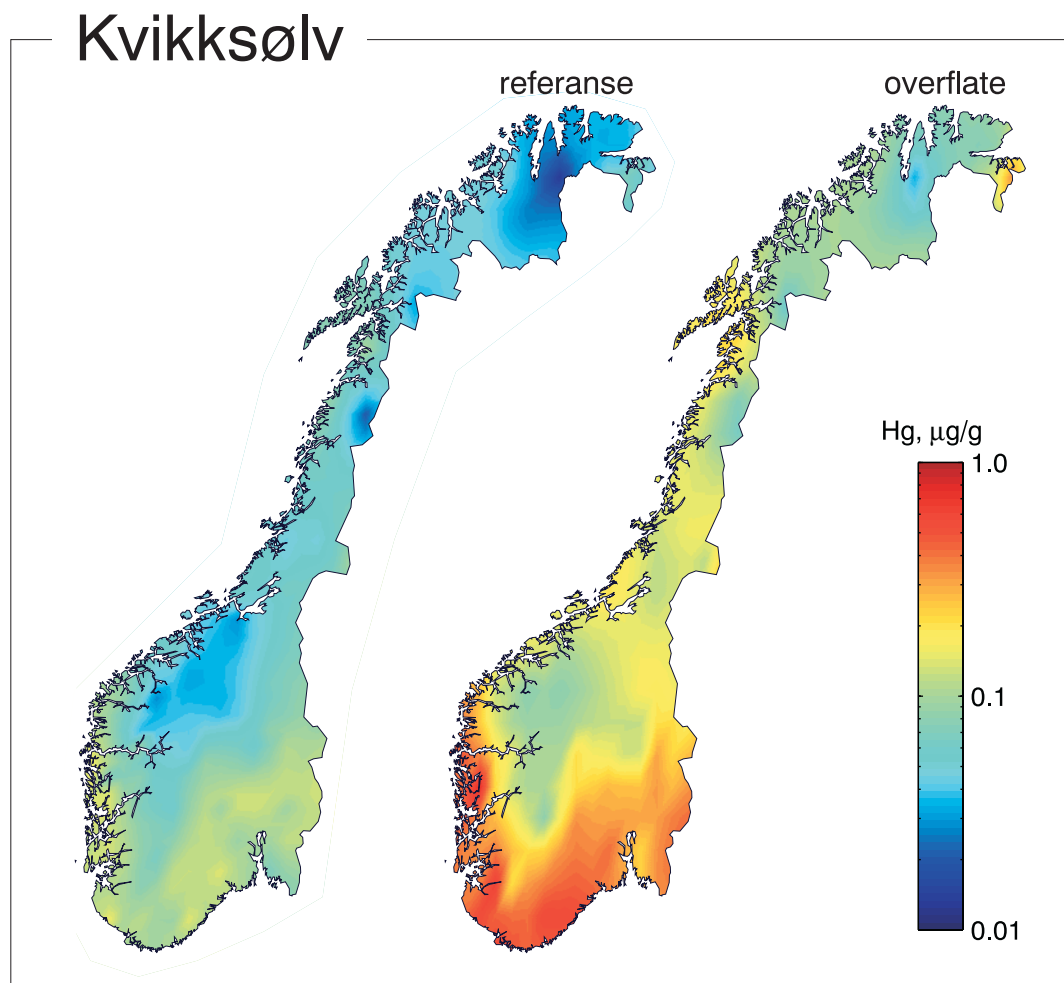
Typiske verdier i referansesedimentene fra førindustriell tid lå i intervallet 0,06–0,14 µg/g (25–75 prosentilen). Også i referansesedimentene var det en tendens til at de høyeste nivåene lå i de lavereliggende kystnære områdene i Sør-Norge. Dette skyldes i første rekke at sedimentene i disse innsjøene (oftest skogssjøer) har et høyt innhold av organisk materiale. Dette organiske materialet er dannet av sedimenterende humusstoffer som er effektive kompleksbindere av visse tungmetaller, slik som kvikksølv og bly.

De undersøkte innsjøene har ingen betydelige lokale punktkilder for kvikksølvforurensninger, og langtransporterte atmosfæriske avsetninger er hovedkilden til forurensningene. De nasjonale utslippene av kvikksølv til vann er av mindre betydning sammenliknet med atmosfæriske avsetninger av kvikksølv. For år 2000 er utslippene til vann (ferskvann og sjø) beregnet til ca 420 kg, mens de atmosfæriske tilførslene er beregnet til ca 2600 kg, dvs ca utslippene til vann er 16% av de atmosfæriske avsetningene.

Den geografiske variasjonen i kvikksølvkonsentrasjonen i innsjøsedimenter stemmer forholdsvis godt overens med variasjonen i de modellerte depositionsdataene, men passer dårlig overens med mønsteret fra moseundersøkelsene. Innsjøsedimentene viser en tydelig sør-nord gradient, med de høyeste nivåene i skogssjøer i Sør-Norge. Moseundersøkelsen viste kun svake gradienter og en lav variabilitet. En årsak kan være at moseprøvene med hensikt er samlet inn på steder hvor det kun faller åpen nedbør, slik at det betydelige bidraget fra kronedrypp i skogsområder ikke fanges opp. Tilførslene fra strøfall (barnåler, blader, kvist fra trær) vil naturligvis heller ikke registreres i moser. Det atmosfæriske kvikksølvet avsettes i nedbørfeltene enten som nedbør eller tørravsetninger. Tørravsetningene inkluderer depositionsjoner av partikkelbundet kvikksølv under nedbørfrie perioder, adsorpsjon av toverdig kvikksølv (Hg[II]) i gassfase, samt adsorpsjon og oksidasjon av metallisk kvikksølv (Hg[0]) i vegetasjonen. Den totale depositionsjonen av kvikksølv i nordiske skogsområder er 2-3 ganger større enn tilførslene fra frittfallende nedbør, og tørravsetninger på tre kronene er den viktigste tilførselsveien (Munthe et al., 2001). På grunn av «filter-effekten» til skogen er variasjonsmønsteret fra moseundersøkelsen derfor mindre egnet til å avspeile de relative depositionsratene av atmosfærisk kvikksølv. Innsjøsedimenter er trolig bedre egnet, da de integrerer opp bidragene fra direkte avsetninger på innsjøoverflaten og avrenningene fra nedbørfeltet. Responstiden på endrede avsetningsrater er imidlertid tregere i innsjøsedimenter på grunn av tilførslene som ligger lagret i jordsmonnet.



Figur 21: Konsentrasjonen av kvikksølv (Hg, µg/g) i overflate- og referansesedimentene, samt differansen mellom konsentrasjonene i disse sjiktene. Over histogrammene er det tegnet inn et box-plot hvor de vertikale linjene angir prosentilene som er oppgitt i nederste høyre panel. Data ($n = 231$) er fra den nasjonale sedimentundersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al., 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.



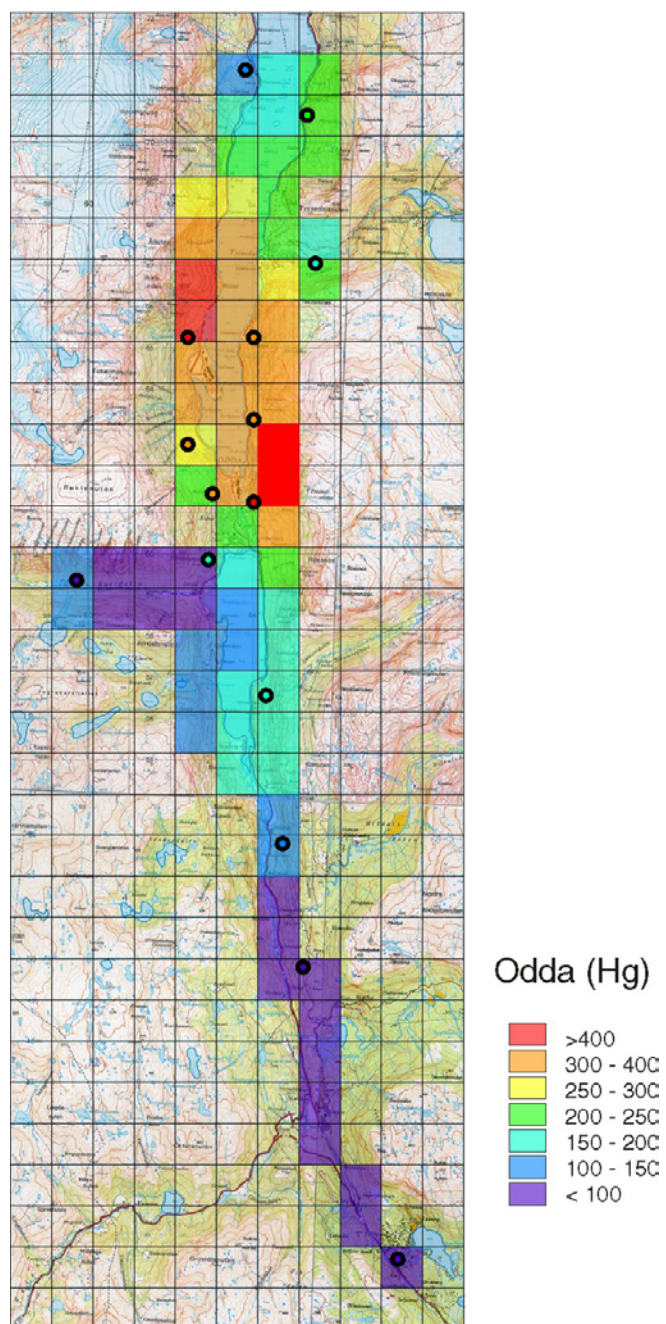
Figur 22: Generalisert kart over kvikksølvkonsentrasjonene i norske innsjøsedimenter. Konsentrasjonene er beregnet ved en romlig interpolasjon (kriging) av data fra den nasjonale undersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al. 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

5.5 Lokale utslipp av kvikksølv

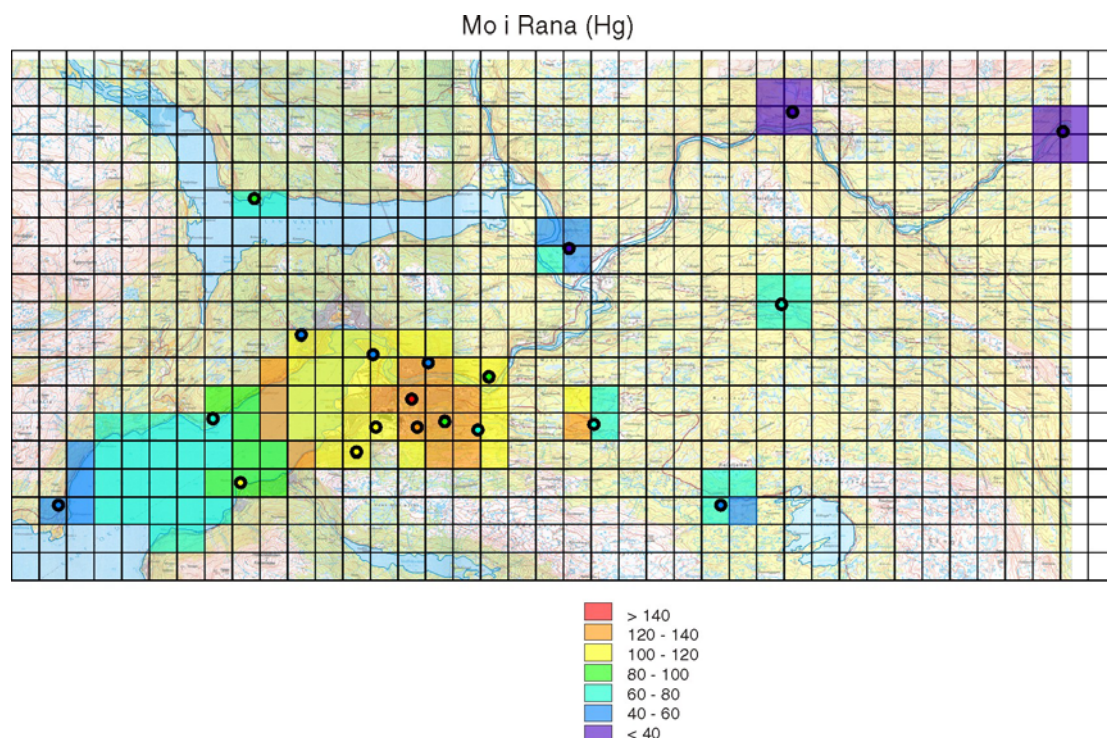
5.5.1 Luft

I kapittel 5.1. ble det vist at Norge har større tilførsel av kvikksølv enn hva vi sjøl slipper ut. Dette utelukker ikke at vi også kan ha betydelige utslipp som påvirker lokalmiljøene. Ut fra moseundersøkelsen som ble gjennomført ved ti industristeder i 2000 ble det valgt ut data fra fire av disse industristedene for å studere lokale tungmetallutslipps relative betydning i forhold til langtransporterte.

Figur 23 og Figur 24 viser interpolerte kart for kvikksølv for Odda og Mo i Rana. Tabell 17 viser utslipp av kvikksølv fra industribedrifter i Norge. Fundia Armeringstål står for ca 10% av det totale norske utslipp av kvikksølv. Kvikksølvkonsentrasjonene i mose viser overskridelse av bakgrunnsnivået på 8 og 4 ganger for henholdsvis Odda og Mo i Rana (Tabell 18).



Figur 23: Kvikksølvavsetning i Odda illustrert ved konsentrasjoner i mose (ng/g) (prikkene er prøvetakingspunkter for mosene).



Figur 24: Kvikksølvavsetning i Mo i Rana illustrert ved konsentrasjoner i mose (ng/g) (prikkene er prøvetakingspunkter for mosene).

Tabell 17: Kvikksølvutslipp fra utvalgte industribedrifter i Norge (2000).

Bedrift	Stedl	Luftutslipp (kg)	Andel av norske luftutslipp (%)
Rana Metall KS	Mo i Rana	1.6	0.2
Elkem Rana A.S	Mo i Rana	3.8	0.4
Fundia Armeringsstål A.S	Mo i Rana	100	10.4
ERAMET NORWAY AS	Sauda	51	5.3
Odda Smelteverk A.S	Odda	0.1	0.0
Utslipp av kvikksølv til luft i Norge (tot)		960	

Tabell 18: Overskridelse av bakgrunn for kvikksølv.

Sted	Gjennomsnitt (ng/g)	Min (ng/g)	Max (ng/g)	Bakgrunn (ng/g)	Overskridelse av bakgrunn (ggr)	
					Gjennomsnitt	Maksverdi
Mo i Rana	88	30	138	39	2	4
Odda	203	49	427	52	4	8
Sauda	85	51	107	57	7	2
Årdal	37	31	42	36	ingen	ingen

Gjennomsnitt: gjennomsnittskonsentrasjon for interpolerte ruter

Min: laveste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Max: høyeste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Bakgrunn: Gjennomsnittlig konsentrasjon av tre prøver som ikke er påvirket av lokale utslipp

Overskridelse av bakgrunn (Gjennomsnitt): Antall ganger overskridelse i forhold til gjennomsnittskonsentrasjon

Overskridelse av bakgrunn (maks.-verdi): Antall ganger overskridelse i forhold til høyeste konsentrasjon (Max).

5.5.2 Vann

Blant de utvalgte industristedene særmerket Odda seg med betydelige utslipp av kvikksølv til vann. Uhell ved Outokumpu Norzink AS førte til at det i 2000 ble sluppet ut 27 kg kvikksølv til fjorden. I tillegg slapp Kronos Titan & Iron K.S. ut 0,9 kg. Disse utslippene utgjorde nær 73% av de samlede registrerte industriutslippene til vann, eller 6% av de samlede nasjonale utslippene til vann. Fra de øvrige utvalgte industristedene var utslippene til vann beskjedne.

Tabell 19: Lokale industriutslipp av kvikksølv (Hg) til vann, samt den andel utslippene utgjør av nasjonale industriutslippene og de samlede nasjonale kvikksølvutslippene til vann (etter SFT, 2002). Samtlige bedrifter, unntatt Høie AS, hadde direkte utslipp til sjø.

Bedriftsnavn	Kommune	Bedriftens utslipp, kg	Andel av totale utslipp	
			Industriutslipp, 37.8 kg	Samlede utslipp, 289 kg
HØIE AS	Kristiansand	0.0172	0.05%	0.006%
Odda Smelteverk A.S	Odda	0.129	0.3%	0.04%
Outokumpu Norzink AS	Odda	27.0	71.4%	9.3%
Tinfos Titan & Iron K.S	Odda	0.9	2.4%	0.3%
Elkem Rana A.S	Rana	0.003	0.008%	0.001%
Fundia Armer ingsstål A.S	Rana	0.2	0.5%	0.07%
ERAMET NOR WAY AS	Sauda	0.013	0.03%	0.005%

5.6 Konklusjon – Kvikksølv

Det er stor usikkerhet knyttet til utslippsdata og modeller for kvikksølv. Ut fra de dataene en har kan en si med ganske stor sikkerhet si at tilførsel fra atmosfærisk langtransport er større enn våre nasjonale utslipp for kvikksølv.

Både modeller og de regionale overvåkingsprogrammene (jord, overflatevann, innsjøsedimenter) viste et atmosfærisk langtransportmønster for kvikksølv: høye konsentrasjoner i sør og gradvis lavere nordover. Moseundersøkelsene har en svakere nordsjø-gradient, men viser at bidraget av kvikksølv fra langtransport var ca 20% lavere i 2000 enn i 1985.

En representativ bakgrunnsverdi på landsbasis for kvikksølv i humus kan være i størrelsesorden 0.15 mg/kg. Avsetning av langtransporterte kvikksølv og lokale kvikksølvutslipp har ført til at nivåene har økt, for eksempel viser målinger av sjøsedimenter at kvikksølvnivåene i overflatelagene har økt med omlag 2–6 ganger i forhold til nivåene i førindustriell tid.

Blant de utvalgte industristedene særmerket Mo i Rana seg med høyeste utslipp av kvikksølv til luft, mens det også var noe utslipp i Sauda. De høyeste konsentrasjonene i mose ble funnet i Odda. For vann hadde Odda et betydelig utslipp av kvikksølv til vann. Det kan være en underestimert av luftutslippene for Odda for 2000.

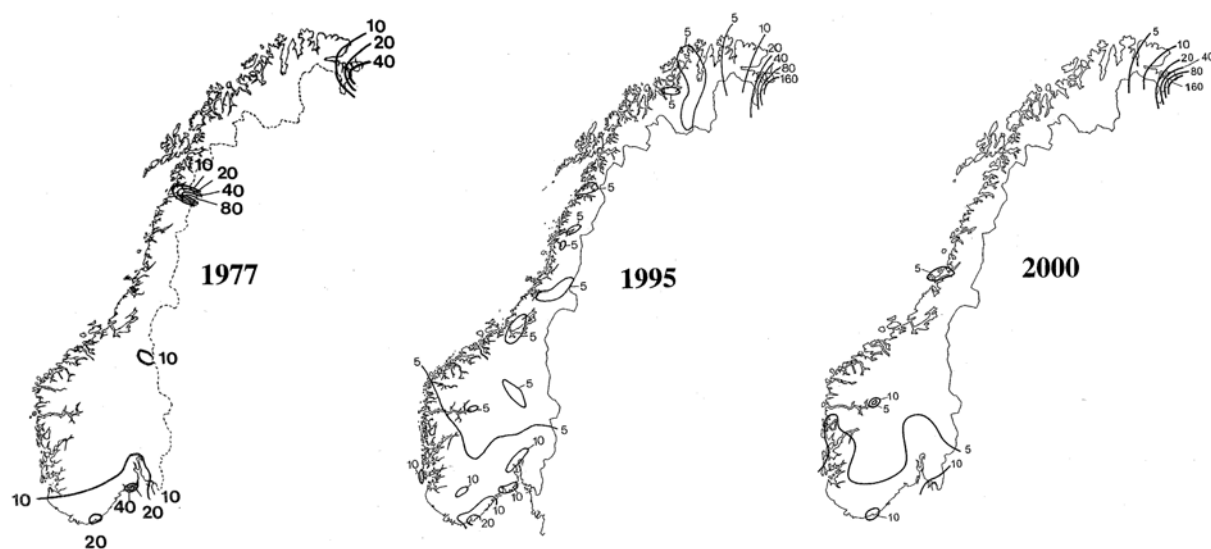
6. Kopper (Cu)

6.1 Avsetning av atmosfærisk langtransportert kopper

EMEP har foreløpig ikke utført noen modellering av kopperavsetninger, og det er derfor ikke mulig å si noe om eksport/import for kopper.

6.1.1 Konsentrasjoner i mose

Nivået av kopper i Sør-Norge som følge av atmosfærisk langtransport har endret seg lite fra 1977 til 2000. Forhøyde nivåer av kopper som skyldes utslipp fra Falconbridge Nikkelverk i Kristiansand er betydelig redusert i denne perioden. I 2000 var konsentrasjonene av kopper mindre enn 5 µg/g i bakgrunnsområdene. Vanlig forekommende verdier lå i intervallet 3.31-5.80 µg/g (25–75 prosentilen) (Tabell 20), mens konsentrasjonene var over 10 µg/g i de områdene som er mest belastet av atmosfærisk langtransport.



Figur 25: Atmosfærisk nedfall av kopper i Norge (µg/g) ved tre ulike tidspunkter, illustrert ved konsentrasjon i mose.

Tabell 20: Kopper, prosentilfordeling, år 2000.

Prosentil	Konsentrasjon (µg/g)
99.5	49.95
97.5	13.20
90	7.68
75	5.80
50	4.26
25	3.31
10	2.80
5	2.56

6.2 Konsentrasjoner i naturlig jord

Et gjennomgående høyere A/C forhold for kopper enn f.eks. for krom, tyder på at et markert kopperbidrag fra mineraljorda skjer via opptak i planter. De noe høyere A/C-verdiene på den norske sørlandskysten (region A) og på sørvestkysten (region E) tyder dessuten på et visst bidrag fra atmosfærisk langtransport. Bakgrunnsverdien for kopper i humussjiktet er relativt konstant og av størrelsesorden 6 mg/kg. Innholdet i mineraljorda varierer noe mer mellom enkeltregioner enn for de andre metallene, men et bakgrunnsnivå på 30 mg/kg er en relativt karakteristisk verdi.

Typiske bakgrunnsverdier:	Humus:	6 mg/kg
	Mineraljord:	30 mg/kg
90-prosentiler:	Humus:	17 mg/kg
	Mineraljord:	86 mg/kg

6.3 Utslipp til vann

6.3.1 Nasjonale utslipp

De samlede nasjonale utslipp av kopper til vann er anslått til å være omkring 685 tonn for år 2000 (SFT, 2002) (Tab. 21), hvorav 85–90% var direkte utslipp til sjø. De viktigste kildene er utslipp fra notimpregnering (45%), bunnstoff til skip (36%), avrenning fra nedlagt gruvevirksomhet (8,5%) og kommunal kloakk og renovasjon (4%). Mengden i kloakkslam, som fjernes ved kommunale renseanlegg inngår ikke her, og i følge (Brunvoll og Høie, 2002) var det omlag 25 tonn kobber i slamm som ble fjernet i år 2000. Mengden av kopper i industriutslipp og kommunal kloakk som slippes direkte ut til sjø er beregnet med samme metode som for bly.

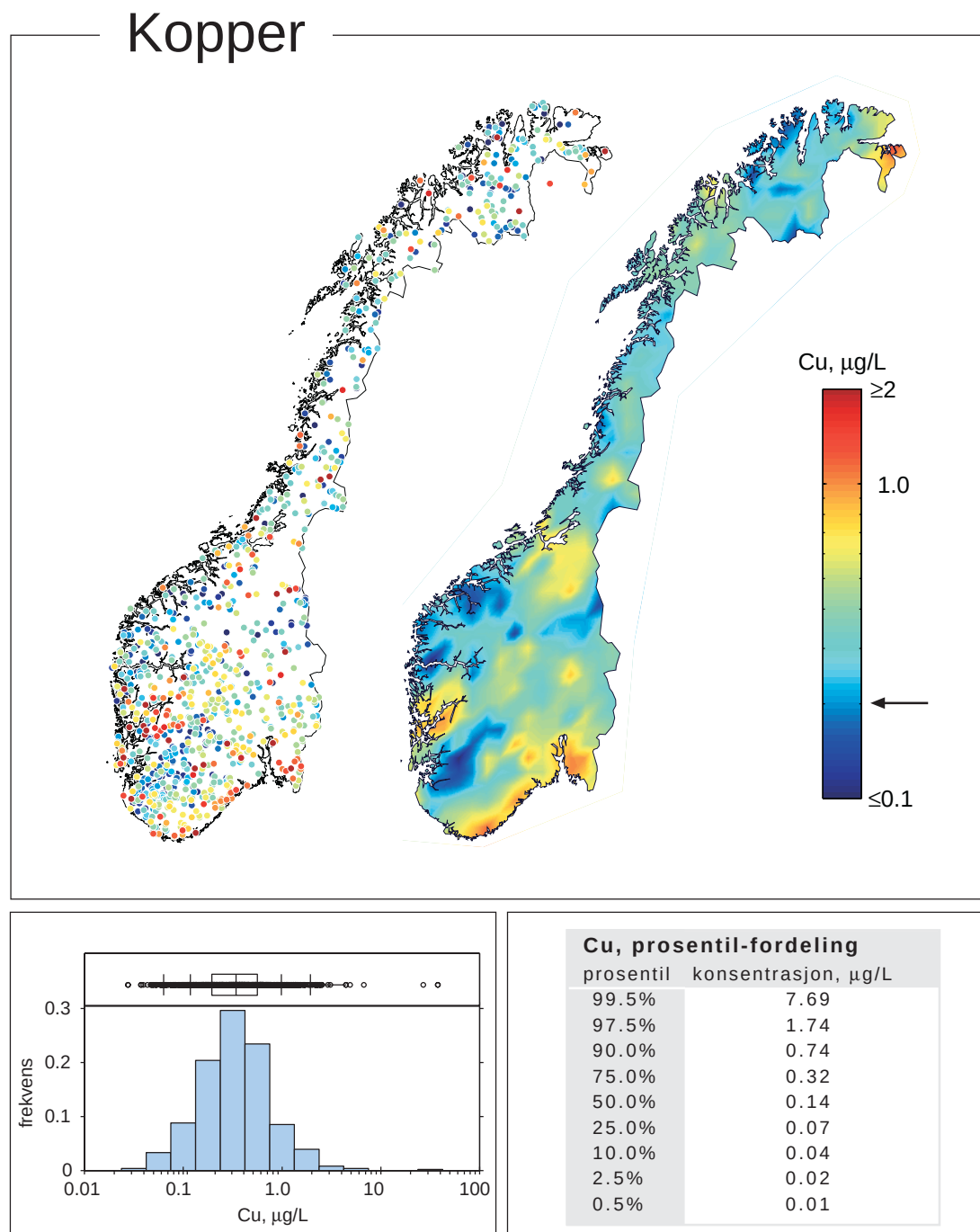
Tabell 21: Utslipp av kopper til vann i år 2000, fordelt på hovedkilder (etter SFT, 2002).

Kilde	Utslipp til ferskvann (tonn)	Utslipp til sjø (tonn)	Samlet utslipp til vann (tonn)	Kildens andel
Notimpregnering	0	306	306	44.6%
Bunnstoff	0	250	250	36.5%
Nedlagte gruver	58.2	0	58.2	8.5%
Kommunal kloakk og renovasjon	5	21	26	3.8%
Industri	5	9	14	2.0%
Annet	?	?	30.8	4.5%
Sum	>68	>586	685	100.0%

6.3.2 Kopper i naturlig overflatevann

Det var ingen tydelige geografiske gradienter i kopperkonsentrasjonene i innsjøvann, og vanlig forekommende konsentrasjoner lå i intervallet 0,2–0,32 µg/l (25–75 prosentilen) (Figur 26). Imidlertid hadde de kystnære områdene i Sydøst-Norge tydelig forhøyede verdier (0,5–1,2 µg/l), noe som kan forklares med at de langtransporterte atmosfæriske forurensningene av kopper avsettes raskt idet luftmassene når land. Kopper regnes som et metall med forholdsvis dårlig potensiale for atmosfærisk spredning, og moseundersøkelsene og den atmosfæriske spredningsmodellen bekrefter at de langtransporterte atmosfæriske avsetningene i hovedsak avsettes i de kystnære områdene i Sydøst-Norge.

I Øst-Finnmark, særlig i Pasvik-området, var det óg tydelig forhøyede konsentrasjoner (0,3–2,4 µg/l), noe som dels skyldes innflytelsen av smelteverkene på Kola. På Vestlandet var det også en anomali med forhøyede verdier, men dette skyldes trolig geologien i området (Skjelkvåle et al., 1999). Mose-undersøkelsene gir ingen indikasjoner om at det på Vestlandet finnes større områder med betydelige atmosfæriske avsetninger av kopper (Steinnes, 2001). Ellers fantes det spredte forekomster med til dels betydelig forhøyede nivåer (5–40 µg/l), noe som skyldes lokale geologiske forhold og innvirkning av gruvedrift.

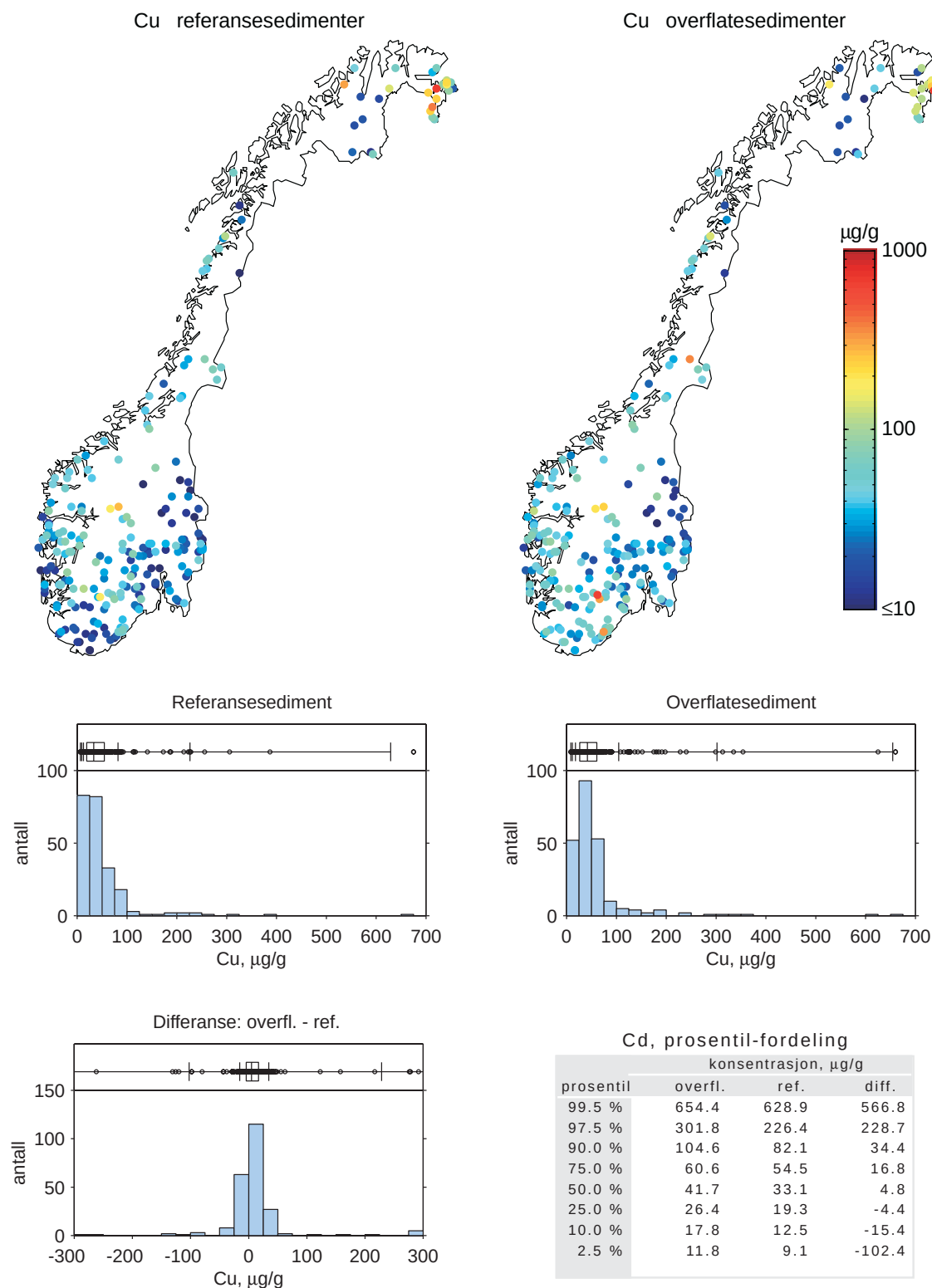


Figur 26: Konsentrasjoner av kopper(µg/l) i norsk innsjøvann høsten 1995. Data ($n = 985$) er hentet (Skjelkvåle et al., 1999). Det generaliserte kartet til høyre er basert på en romlig interpolasjonsmetode (kriging). Pilen på konsentrasjonsskalaen angir analysens kvantifiseringsgrense, verdiene under dette er estimer.

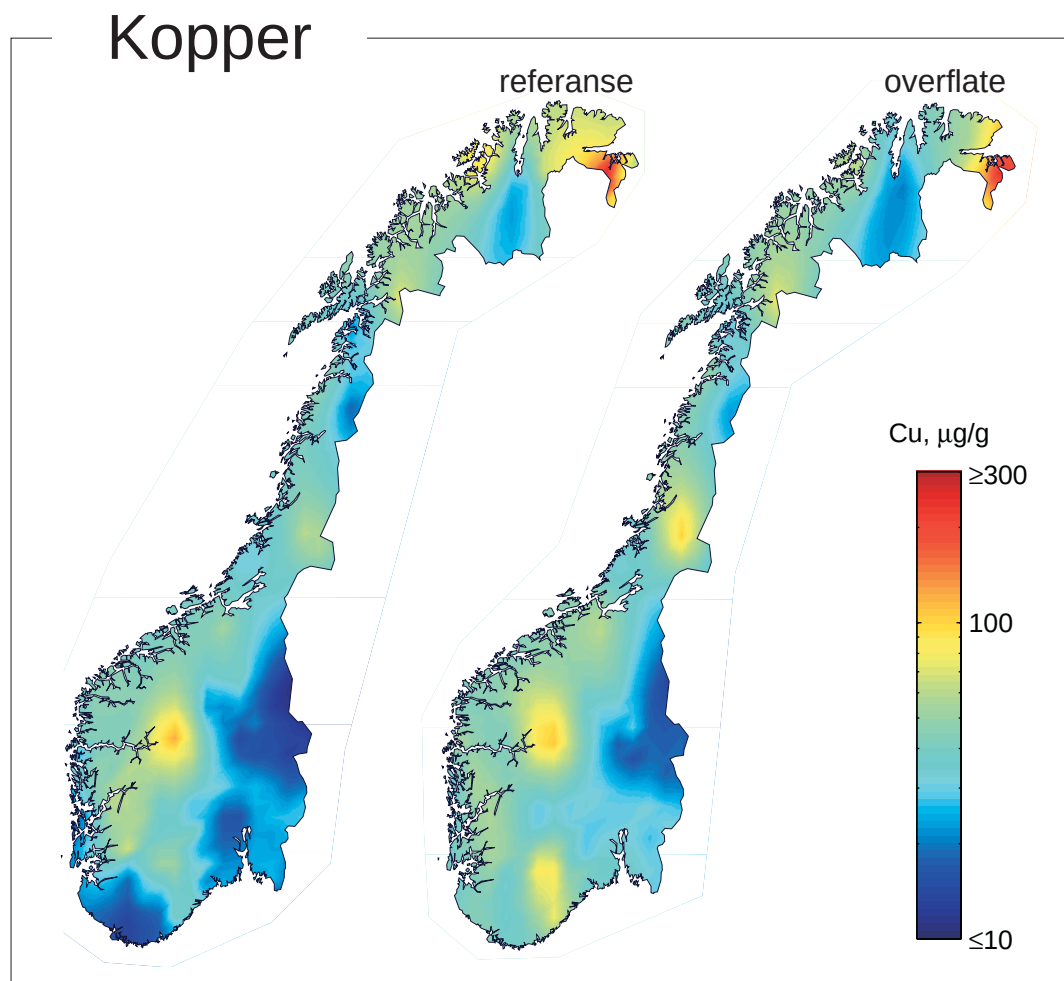
6.3.3 Kopper i innsjøsedimenter

Konsentrasjonene i innsjøsedimentene viste i likhet med konsentrasjonene i vann ingen tydelige geografiske gradienter (Figur 27 og Figur 28). Variasjonsmønsteret i overflatesedimentene avvok lite fra det i referansesedimentene, noe som illustrerer at også innsjøsedimentene i liten grad er påvirket av atmosfæriske tilførsler, det er lokale variasjoner i det geokjemiske bidraget som styrer nivåene i innsjøsedimentene. Vanlig forekommende nivåer i overflatesedimentene var i intervallet 26–60 µg/g (25–75 prosentilen), mens det tilsvarende i referansesedimentene var 19–55 µg/g.

I Pasvik-området var det en tendens til at innsjøene nærmest grensa mot Russland hadde forhøyede konsentrasjoner i overflatesedimentet, noe som viser en påvirkning av nedfall fra smelteverkene på Kola. Området hadde imidlertid også høye bakgrunnsnivåer i referansesedimentene, noe som skyldes lokale geokjemiske forhold.



Figur 27: Konsentrasjonen av kopper (Cu, µg/g) i overflate- og referansesedimentene, samt differansen mellom konsentrasjonene i disse sjiktene. Over histogrammene er det tegnet inn et box-plot hvor de vertikale linjene angir prosentilene som er oppgitt i nederste høyre panel. Data (n = 231) er fra den nasjonale sedimentundersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al., 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

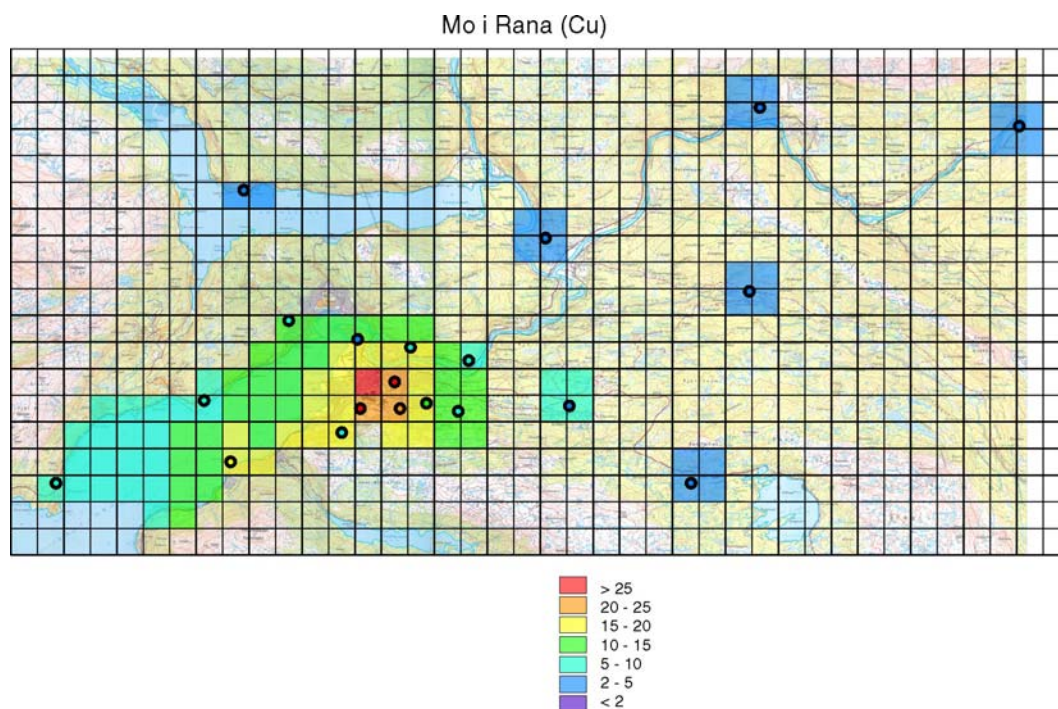


Figur 28: Generalisert kart over konsentrasjonene av kopper (Cu, $\mu\text{g/g}$) i norske innsjøsedimenter. Konsentrasjonene er beregnet ved en romlig interpolasjon (kriging) av data fra den nasjonale undersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al. 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

6.4 Lokale utslipp av kopper

6.4.1 Luft

Ut fra moseundersøkelsen som ble gjennomført ved ti industristeder i 2000 ble det valgt ut data fra fire industristeder for å studere lokale tungmetallutslipps relative betydning i forhold til langtransporterte. Figur 29 viser et interpolert kart for kopper for Mo i Rana. Tabell 21 viser utslipp av kopper fra industribedrifter i Norge. Falconbridge Nikkelverk har oppgitt at deres kobberutslipp til luft, som består av diffuse hallutslipp, var ca 1540 kg i 2000, noe som betyr at de står for ca 8% av det totale norske utslippet til luft. Det er imidlertid stor usikkerhet i dette utslippstallet som følge av måletekniske vanskeligheter. For Kristiansand ble det ikke utført noen særskilt industriundersøkelse på moser. Utslippene for kopper fra Falconbridge kan være opp til 5 ganger høyere enn de vi har i Mo i Rana. I Mo i Rana har vi en overskridelse av bakgrunn på 10 ganger. Med utgangspunkt i disse tallene vil lokale utslipp kunne gi en overskridelse av bakgrunn for kopper på 50 ganger i Kristiansand.



Figur 29: Kopperavsetning i Mo i Rana illustrert ved konsentrasjoner i mose ($\mu\text{g/g}$) (prikkene er prøvetakingspunkter for mosene).

Tabell 21: Kopperutslipptil luft fra industri i Norge (2000).

Bedrift	Sted	Luftutslipp (kg)	Andel av norske luftutslipp (%)
Falconbridge Nikkelverk A.S	Kristiansand	1540	8.0
Rana Metall KS	Mo i Rana	10.3	0.1
Elkem Rana A.S	Mo i Rana	40	0.2
Fundia Armeringsstål A.S	Mo i Rana	270	1.5
Odda Smelteverk A.S	Odda	5.8	< 0.1
Utslipp av kopper til luft i Norge (tot.)		19300	

Tabell 22: Overskridelse av bakgrunn for kopper.

Sted	Gjennomsnitt ($\mu\text{g/g}$)	Min ($\mu\text{g/g}$)	Max ($\mu\text{g/g}$)	Bakgrunn ($\mu\text{g/g}$)	Overskridelse av bakgrunn (ggr)	
					Gjennomsnitt	Maks.-verdi
Mo i Rana	10.9	2.7	25.3	2.75	4	9
Odda	10.1	4.6	13.2	3.95	3	3
Årdal	9.2	4.8	11.2	3.28	3	3

Gjennomsnitt: gjennomsnittskonsentrasjon for interpolerte ruter

Min: laveste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Max: høyeste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Bakgrunn: Gjennomsnittlig konsentrasjon av tre prøver som ikke er påvirket av lokale utslipp

Overskridelse av bakgrunn (Gjennomsnitt): Antall ganger overskridelse i forhold til gjennomsnittskonsentrasjon

Overskridelse av bakgrunn (maks.-verdi): Antall ganger overskridelse i forhold til høyeste konsentrasjon (Max).

6.4.2 Vann

Blant de utvalgte industristedene særmerket Kristiansand seg med en betydelige andel av industriutslipp av kopper til vann. Samlede registrerte industriutslipp til vann herfra var 760 kg. Disse utslippene utgjorde 10,5% av de samlede registrerte industriutslippene til vann, eller 2% av de samlede nasjonale utslippene. Utslippene kom i all hovedsak fra Falconbridge Nikkelverk AS. Fra de øvrige utvalgte industristedene var utslippene til vann beskjedne.

Tabell 23: Lokale industriutslipp av kopper (Cu) til vann, sam dent andel utslippene utgjør av de nasjonale industriutslippene og de samlede kopperutslippene til vann (etter SFT, 2002). Samtlige bedrifter, unntatt Høye AS, har direkte utslipp til sjø.

Bedriftsnavn	Kommune	Bedriftens utslipp, kg	andel av totale utslipp til vann	
			Industriutslipp, 14 tonn	Samlede utslipp, 685 tonn
Falconbridge Nikkelverk A.S	Kristiansand	745	10.3 %	2.0 %
HØIE AS	Kristiansand	14.3	0.2 %	0.04 %
Odda Smelteverk A.S	Odda	193	2.7 %	0.5 %
Outokumpu Norzink AS	Odda	40	0.6 %	0.1%
Tinfos Titan & Iron K.S	Odda	79.7	1.1 %	0.2 %
Electrolux Motor A.S	Rana	0.17	0.17 %	0.0004 %
Elkem Rana A.S	Rana	2	2.0 %	0.005 %
ERAMET NOR WAY AS	Sauda	86	1.2 %	0.2 %

6.5 Konklusjon – kopper

Det eksisterer foreløpig ikke noe tall over utenlandske tilførsler av kopper. Kopper viser et mye svakere langtransportmønster enn bly og kadmium, noe som skyldes at kopperet ofte er bundet til litt større partikler som avsettes nærmere kildene. Nivået av kopper i sør som følge av atmosfærisk langtransport har endret seg lite fra 1977 til 2000. Konsentrasjonene av kopper i overflatevann og innsjøsedimenter viste ingen tydelige geografiske mønstret. I Pasvik-området var det forhøyede verdier i Pasvikdalen nærmest grensa til Russland.

Målinger tyder på at i Norge varierer det naturlige innholdet av kobber i miljøet betydelig. Typiske bakgrunnsverdier for jord er i størrelsesorden 6 mg/kg for humus og 30 mg/kg i mineraljord. Variasjonsmønsteret i overflatesedimentene avvek lite fra det i referanse-sedimentene, noe som illustrerer at innsjøsedimentene i liten grad er påvirket av atmosfæriske tilførsler, det er lokale variasjoner i det geokjemiske bidraget som styrer nivåene i innsjø-sedimentene.

Blant de utvalgte industristedene særmerket Kristiansand og Mo i Rana seg med de høyeste utslipp av kopper til luft og vann.

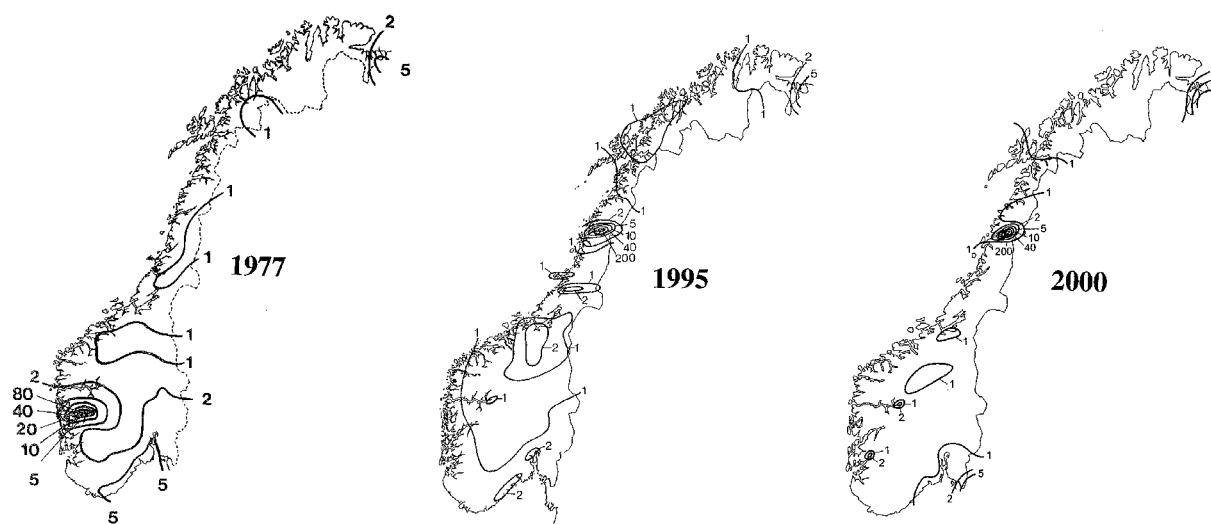
7. Krom (Cr)

EMEP har foreløpig ikke utført noen modellering av kromavsetninger, og det er derfor ikke mulig å si noe om eksport/import for krom.

7.1 Avsetning av atmosfærisk langtransportert krom

7.1.1 Konsentrasjoner i mose

Atmosfærisk nedfall av krom er kartlagt i 2000 ved analyse av etasjemose innsamlet fra 464 lokaliteter fordelt over landet. Situasjonen for krom er tydelig preget av lokale utslippskilder med utslippsmengder som har variert over tid: Det er lavt nedfall av krom i landet generelt. I 1977 ble det målt høye nivåer av krom i nærområdet til Ålvik (Bjølvefossen), men i dag er nivåene her betydelig lavere. Fra 1995 er det kromnivåene i moseprøvene ved ferrokrombedriften i Mo i Rana høye. Vanlig forekommende verdier lå i intervallet 0.45-1.03 $\mu\text{g/g}$ (25–75 prosentilen) (Tabell 24).



Figur 30: Atmosfærisk nedfall av krom i Norge ved tre ulike tidspunkter, illustrert ved konsentrasjon i mose ($\mu\text{g/g}$).

Tabell 24: Krom, prosentilfordeling, år 2000.

Prosentil	Konsentrasjon ($\mu\text{g/g}$)
99.5	37.72
97.5	7.20
90	1.74
75	1.03
50	0.69
25	0.45
10	0.31
5	0.23

7.2 Konsentrasjoner i naturlig jord

Krom har A/C verdier (se kap.2.4) som avviker lite fra de tilsvarende tallene for aluminium. Dette tyder på at lite krom tas opp i vegetasjonen via røttene, og på den måten bidrar til anrikning i humussjiktet. Et litt høyere A/C forhold i sør kan muligens ha sammenheng med luftforurensning, men alt i alt er det lite som tyder på signifikant bidrag fra atmosfærisk langtransport. Nivået i humussjiktet er ca. 3 mg/kg og viser liten geografisk variasjon. I mineraljorda er nivåene av størrelsesorden 20 mg/kg sør for Dovre og 40 mg/kg lengre nord.

Typiske bakgrunnsnivåer :	Humus :	3 mg/kg
	Mineraljord:	
	A. Sør for Dovre:	20 mg/kg
	B. Nord for Dovre:	40 mg/kg
90-prosentiler:	Humus:	11 mg/kg
	Mineraljord:	86 mg/kg

7.3 Innsjøer

7.3.1 Nasjonale utslipp

De samlede nasjonale utslipp av krom til vann er anslått til å være omkring 7 500 kg for år 2000, hvorav nær 80% er direkte utslipp til sjø (Tabell 25). De viktigste kildene er utslipp til kloakk (52%), ulik industrivirksomhet (25%), olje- og gassvirksomhet (22,5%). Mengden i kloakkslam, som fjernes ved kommunale renseanlegg, inngår ikke her, men i følge (Brunvoll og Høie, 2002) var det omlag 2 500 kg krom i slammet som ble disponert i år 2000. Mengden av krom i industriutslipp og kommunal kloakk som slippes direkte ut til sjø er beregnet med samme metode som for bly.

Tabell 25: Utslipp av krom til vann i år 2000, fordelt på hovedkilder (etter SFT, 2002).

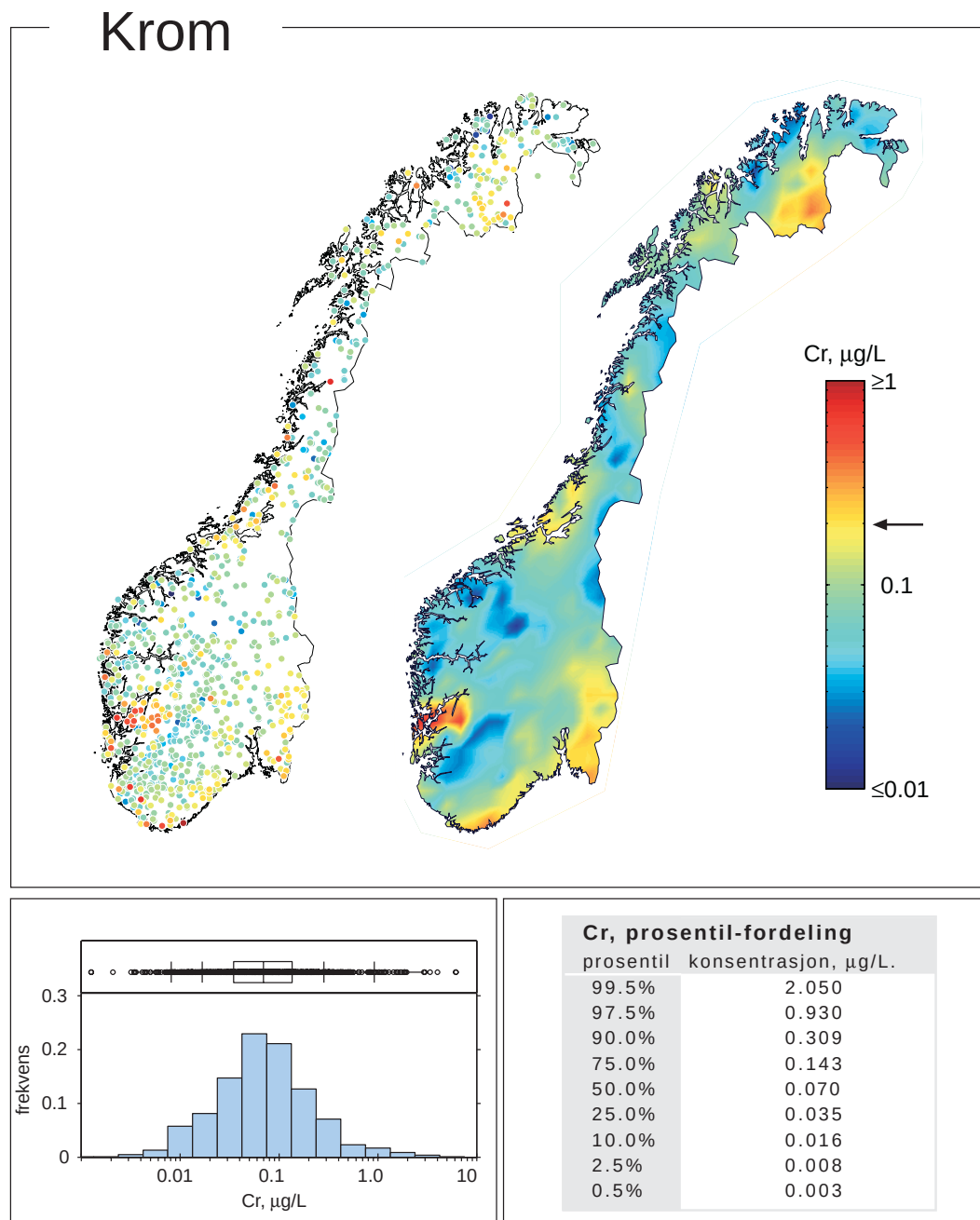
Kilde	Totalt utslipp til vann, kg	Andel	utslipp til sjø, kg
Kommunal kloakk og renovasjon	3 900	52.0%	3 120
Industrikilder	1 907	25.5%	1 486
Olje- og gassvirksomhet	1 688	22.5%	1 688
Sum	7 495	100.0%	78%

7.3.2 Krom i naturlig overflatevann

Konsentrasjonsmønsteret for krom i overflatevann minnet mye om det for kopper ved at de kystnære områdene i Sørøst-Norge hadde gjennomgående moderat forhøyde verdier (Figur 31) – noe som kan forklares ved en viss påvirkning av langtransporterte atmosfærisk avsetninger. Det var ellers ingen klare geografiske gradienter i konsentrasjonene. Vanlig forekommende konsentrasjoner lå i området 0,035–0,14 µg/l (25–75 prosentilen).

Et område på Vestlandet (Sørfjorden – Hardangerfjorden) var kromkonsentrasjonen i overflatevannet markert høye med konsentrasjoner over 1 µg/l. Det har vært foreslått at

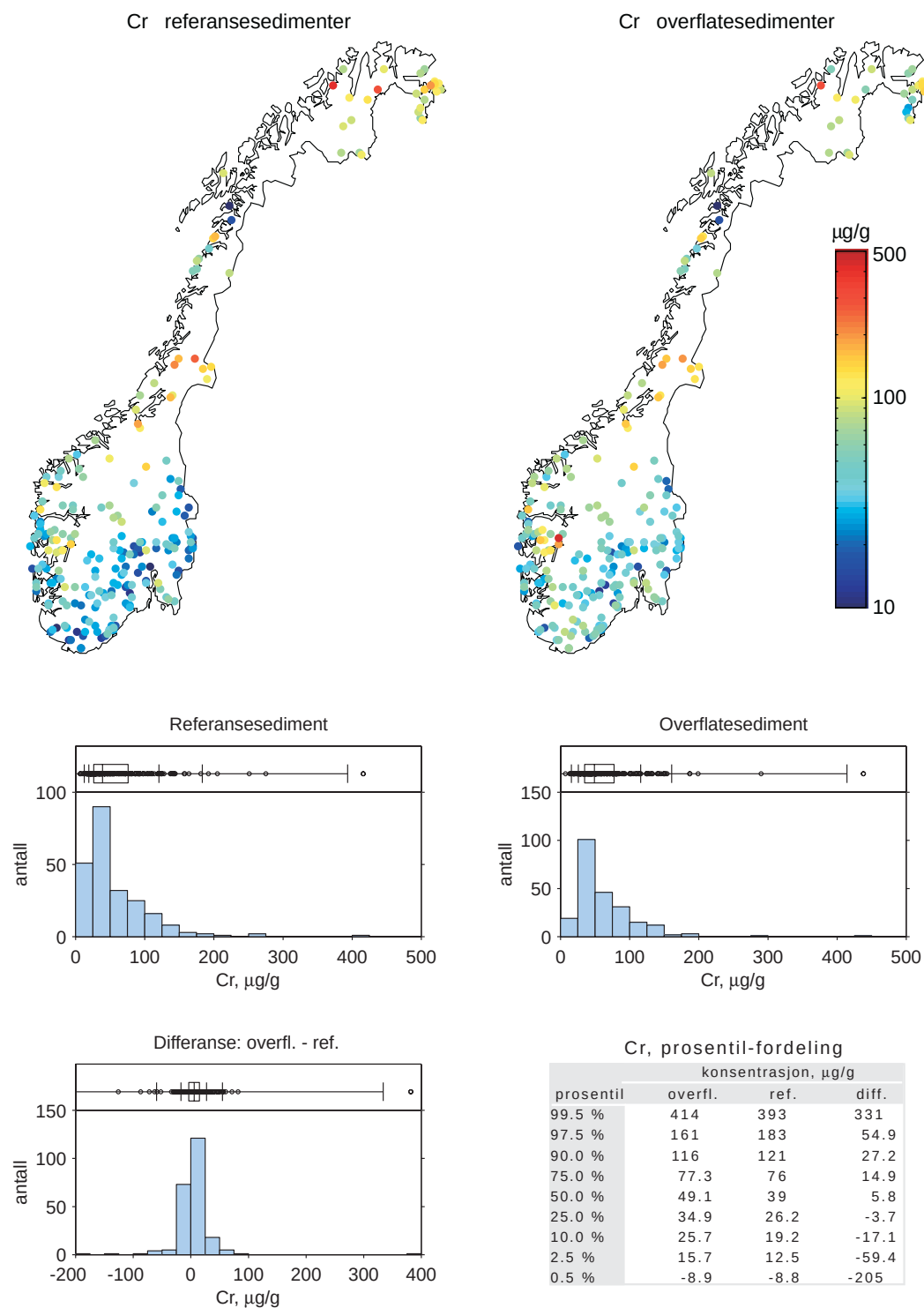
årsaken er naturlig høye bakgrunnsnivåer, dvs. mineralogien i området (Skjelkvåle et al., 1999). På deler av Finnmarksvidda fantes det også innsjøer med relativt høye konsentrasjoner av krom, noe som er geokjemisk betinget og skyldes spesielle naturlige mineralogiske forhold.



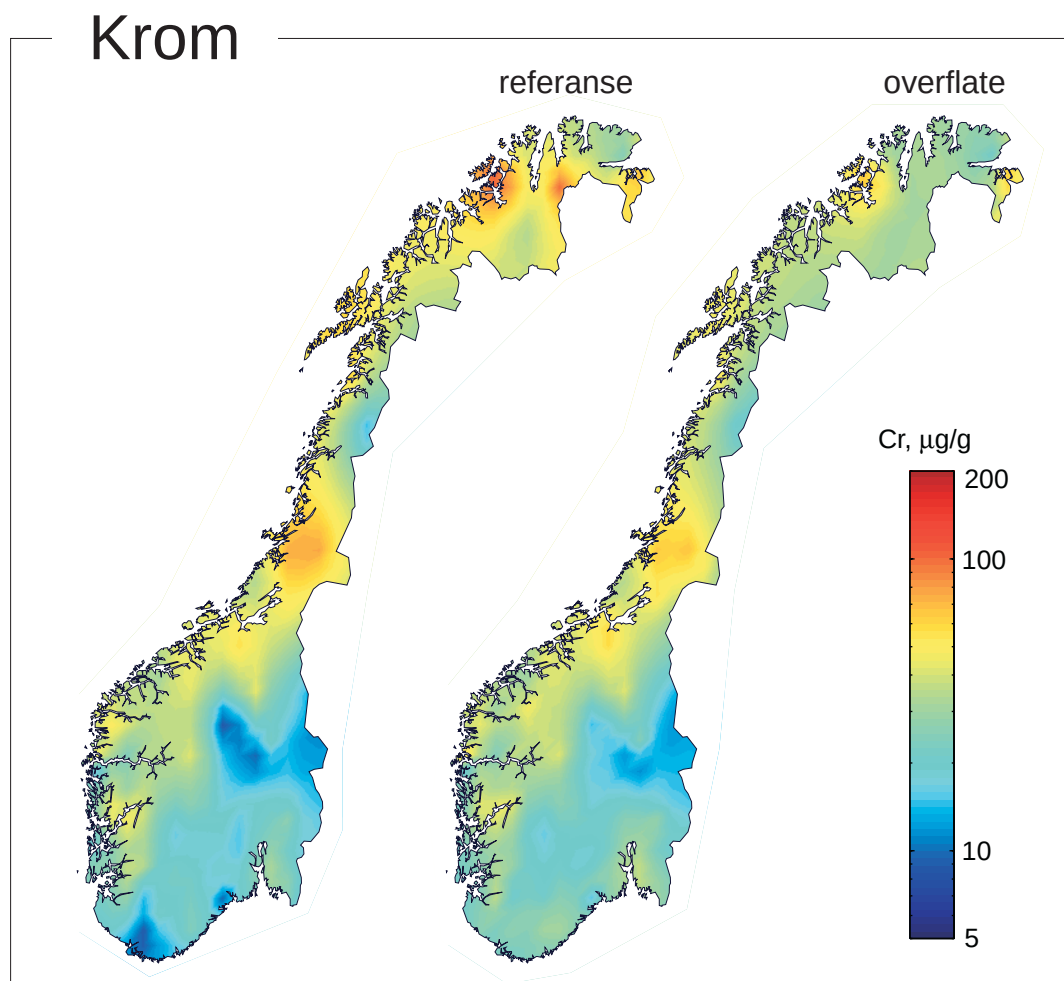
Figur 31: Konsentrasjoner av krom i norsk innsjøvann høsten 1995. Data ($n = 985$) er hentet fra Skjelkvåle et al. (1999). Pilen på konsentrasjonsskalaen angir analysens kvantifiseringsgrense, verdiene under dette er estimerer.

7.3.3 Krom i innsjøsedimenter

Innsjøsedimentene var generelt lite påvirket av kromforurensninger, og ingen framtrædende geografiske gradienter i konsentrasjonene er påvist (Figur 32 og Figur 33). Vanlig forekommende konsentrasjoner i overflatesedimentene lå i området 35–77 µg/g (25–75-prosentilen), hvilket var kun svakt høyere enn konsentrasjonene i referanse-sedimentene (26–76 µg/g). Nivåene er i all hovedsak styrt av de geokjemiske bidragene, noe som indikeres ved at krom er assosiert til sedimentets uorganiske fraksjon (Rognerud og Fjeld, 2001). Omkring aluminiumsverket på Lista var det moderat forhøyede konsentrasjoner i overflatesedimentene, noe som kan tyde på en viss grad av industrielt utslipp.



Figur 32: Konsentrasjonen av krom (Cr, µg/g) i overflate- og referansesedimentene, samt differansen mellom konsentrasjonene i disse sjiktene. Over histogrammene er det tegnet inn et box-plot hvor de vertikale linjene angir prosentilene som er oppgitt i nederste høyre panel. Data (n = 231) er fra den nasjonale sedimentundersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al. 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

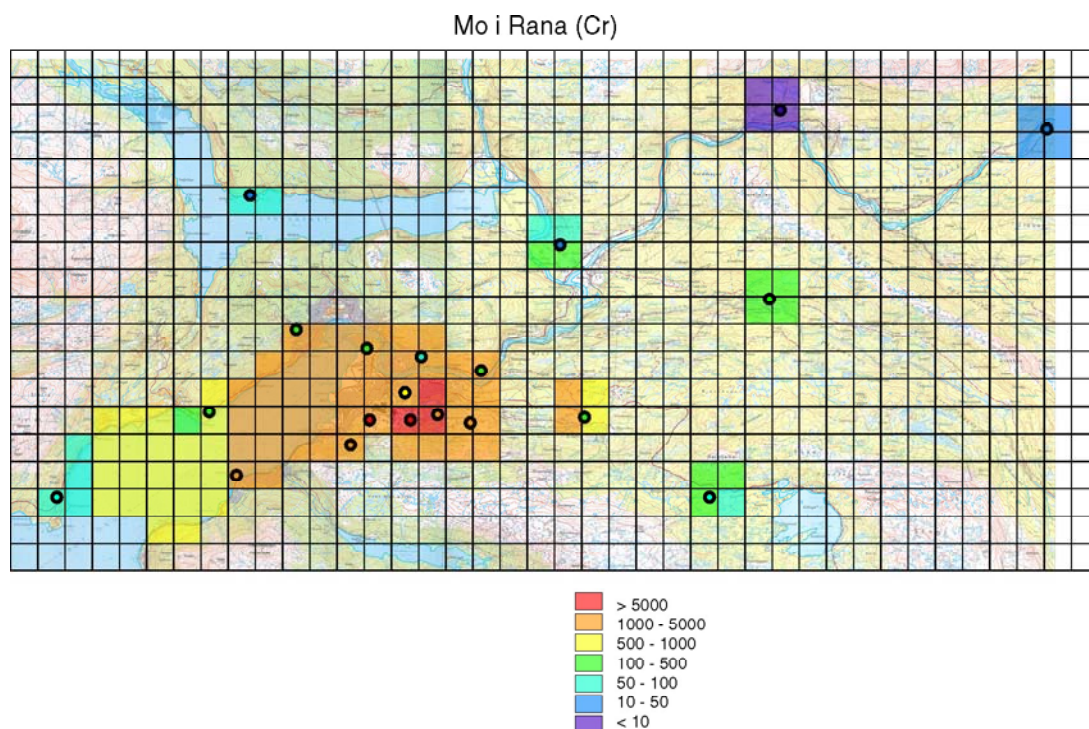


Figur 33: Generalisert kart over konsentrasjonene av krom (Cr, $\mu\text{g/g}$) i norske innsjøsedimenter. Konsentrasjonene er beregnet ved en romlig interpolasjon (kriging) av data fra den nasjonale undersøkelsen fra 1996 (Rognerud et al., 1999). Overflatesedimentene er sjiktet 0-0,5 cm, referansesedimentene er dypere sedimentsjikt (<40 cm) fra førindustriell tid.

7.4 Lokale utslipp av krom

7.4.1 Luft

Ut fra moseundersøkelsen som ble gjennomført ved ti industristeder i 2000 ble det valgt ut data fra fire industristeder for å studere lokale tungmetallutslipps relative betydning i forhold til langtransporterte. Figur 34 viser et interpolert kart for krom for Mo i Rana. Tabell 26 viser utslipp av krom fra industribedrifter i Norge. Noen av bedriftene har rapportert treverdige krom. Det finnes foreløpig ingen oversikt over de samlede utslippene av denne forbindelsen for Norge. Elkem Rana stod for 60% av det totale norske utslippet av krom til luft i 2000. (Elkem Rana nedla ferrokromproduksjonen i 2002. Bedriften er nå solgt, og de nye eierne vil legge om driften til ferromangan). Kromnivåene i mose er ekstremt høyt anriket i Mo i Rana (opp til ca 8000 ganger bakgrunnsnivået). Tilsvarende anrikning i Årdal og Odda er 10 og 5. Hydro Aluminium i Årdal har ikke rapportert utlippstall for krom til luft.



Figur 34: Krom i Mo i Rana illustrert ved konsentrasjoner i mose ($\mu\text{g/g}$) (prikkene viser prøvetakingspunkter for mose).

Tabell 26: Kromutslipp til luft fra utvalgte industribedrifter i Norge (2000).

Bedrift	Kjemisk form	Sted	Luftutslipp (kg)	Andel av norske luftutslipp til luft (%)
Rana Metall KS	Krom (III)	Mo i Rana	7	60
Fundia Armeringsstål A.S	Krom (III)	Mo i Rana	60	
Elkem Rana A.S	Krom (Tot)	Mo i Rana	5300	
Odda Smelteverk A.S	Krom (III)	Odda	6.2	
Utslipp av krom til luft i Norge (tot.)			8814	

Tabell 27: Overskridelse av bakgrunn for krom.

Sted	Gjennomsnitt ($\mu\text{g/g}$)	Min ($\mu\text{g/g}$)	Max ($\mu\text{g/g}$)	Bakgrunn ($\mu\text{g/g}$)	Overskridelse av bakgrunn (ggr)	
					Gjennomsnitt	Maks.-verdi
Mo i Rana	1770	8.0	5785	0.74	2400	7800
Odda	1.24	0.53	2	0.38	3	5
Årdal	1.81	0.33	3.23	0.33	6	10

Gjennomsnitt: gjennomsnittskonsentrasjon for interpolerte ruter

Min: laveste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Max: høyeste konsentrasjon blant interpolerte ruter

Bakgrunn: Gjennomsnittlig konsentrasjon av tre prøver som ikke er påvirket av lokale utslipp

Overskridelse av bakgrunn (Gjennomsnitt): Antall ganger overskridelse i forhold til gjennomsnittskonsentrasjon.

Overskridelse av bakgrunn (maks.-verdi): Antall ganger overskridelse i forhold til høyeste konsentrasjon (Max).

7.4.2 Vann

Blant de utvalgte industristedene var de ingen med betydelige industriutslipp av krom til vann. Høyeste registrerte utslipp i år 2000 var fra Odda med 283 kg, noe som utgjorde 4% av de samlede registrerte industriutslippene til vann, eller 0,8% av de samlede nasjonale utslippene. Utslippene kom i all hovedsak fra Odda Smelteverk AS. Fra de øvrige utvalgte industristedene var kromutslippene til vann beskjedne.

Tabell 28: Lokale industriutslipp av krom (Cr) til vann, samt den andel utslippene utgjør av de nasjonale industriutslippene og det samlede nasjonale kromutslippet til vann (etter SFT, 2002).

Bedriftsnavn	Kommune	Bedriftens vannutslipp, kg	Andel av totale vannutslipp	
			Industriutslipp, 1097 kg	Samlede utslipp, 7 495 kg
HØIE AS	Kristiansand	2.8	0.04 %	0.007 %
Odda Smelt everk A.S	Odda	268	3.7 %	0.7 %
Tinfos Titan & Iron K.S	Odda	25	0.3 %	0.07 %
Electrolux Motor A.S	Rana	20.17	0.002 %	0.0004 %
Elkem Rana A.S	Rana	0.7	0.01 %	0.002 %
Fundia Armeringsstål A.S	Rana	11.6	0.16 %	0.03 %

7.5 Konklusjon – krom

Det eksisterer foreløpig ikke noe budsjett over utenlandske tilførsler av krom til Norge ved atmosfærisk langtransport.

Ut fra de regionale overvåkingsprogrammene er det lite som tyder på noe signifikant bidrag fra atmosfærisk langtransport. Et litt høyere nivå i sør kan muligens ha sammenheng med langtransportert luftforurensning. Avsetningsmønsteret for krom styres hovedsakelig av lokale forskjeller i geologien

Målinger tyder på at i det naturlige innholdet av krom i jord er lite. Bakgrunnsverdier for krom er i størrelsesorden 3 mg/kg for humusjord og 20 - 40 mg/kg i mineraljord.

Blant de utvalgte industristedene særmerket Mo i Rana seg med store utslipp av krom til luft i 2000 og tilsvarende høye konsentrasjoner i mose. Disse luftutslippene er nå stanset.

8. Biologiske effekter av tungmetallforurensning

En viktig konsekvens av tungmetallforurensning i luft, jord og vann er eventuelle effekter dette har på biologien. Vi har ikke her gjennomgått litteratur på studier som belyser effekter av lokale tungmetallforurensninger som f.eks fra industriutslipp eller gruveavrenninger.

Det imidlertid både nasjonalt og internasjonalt utviklet grenseverdier for tungmetaller i jord, ferskvann, sjøvann og sedimenter. Disse er imidlertid utviklet på forskjellig grunnlag og er ikke harmonisert.

Vi har gjort en vurdering av nivået av tungmetaller i innsjøer og sedimenter basert på resultatene fra de nasjonale sedimentundersøkelsene i 1996-97 (Rognerud et al. 1999, Rognerud og Fjeld 2001) og den regionale innsjøundersøkelsen i 1995 (Skjelkvåle et al 1999). Vi har ikke hatt mulighet til å gjøre det samme for situasjonen i de lokale områdene som er valgt ut i denne rapporten pga av manglende data. Som vist i denne rapporten går den største delen av metallutslipp til vann i Norge til sjøvann. Sjøvann er imidlertid ikke vurdert i arbeidet.

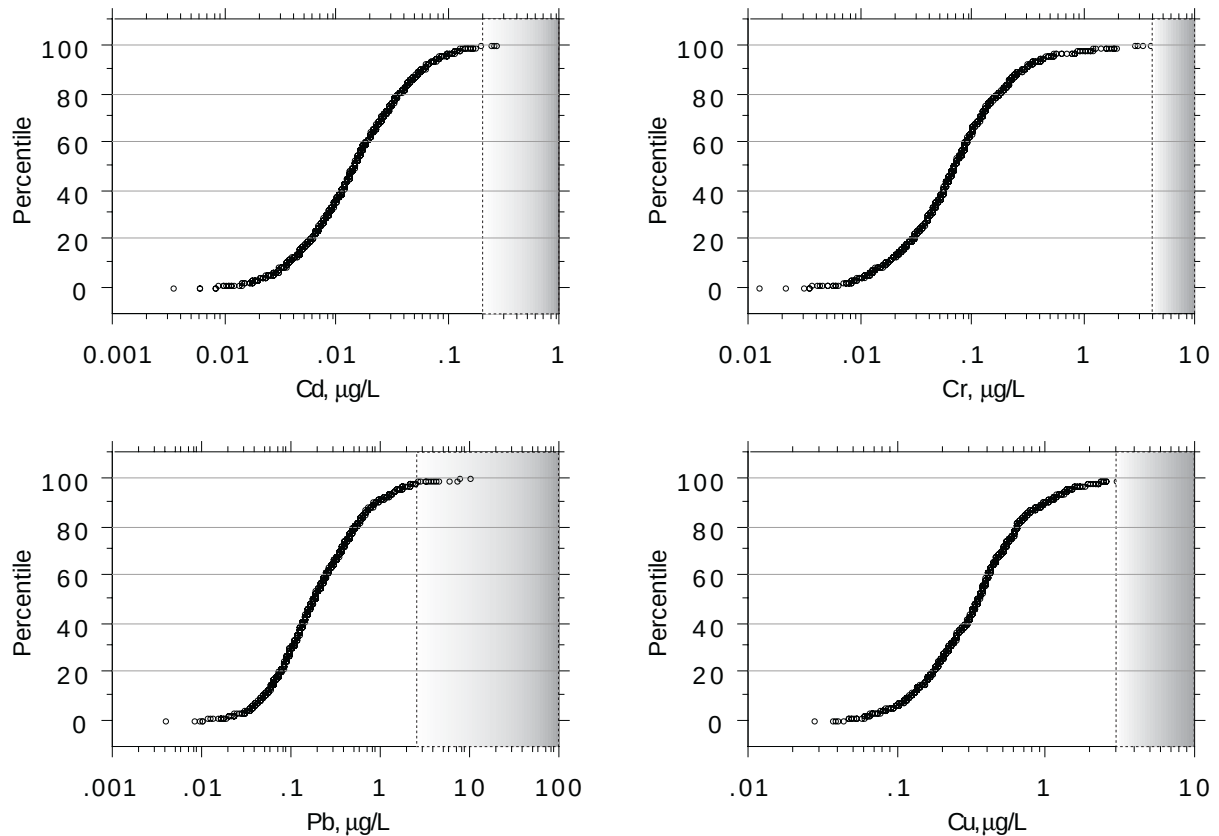
For konsentrasjonene i ferskvann har vi benyttet oss av SFTs system for klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann (SFT 1997). Ved konsentrasjoner lavere enn de i tilstandsklasse IV (sterkt forurensset) er de mest sensitive organismer sikret mot skadelige påvirkninger av tungmetallforurensninger. For en diskusjon av tungmetallkonsentrasjoner i norske og svenske innsjøer og mulige effekter på biota, se Lydersen et al. (2002). SFTs klassifikasjonssystem for sedimenter er i mindre grad effektbasert, og vi har her basert oss på det kanadiske miljøkvalitetssystemet (refe). Vi har brukt de såkalte PEL-verdien (probable effect level), som angir konsentrasjonene hvor det er trolig at skadelige effekter kan inntreffe.

En vurdering av potensielle biologisk skadelige effekter av høye tungmetallnivåer i vannfasen og i sedimenter er vanskelig uten at man kjenner de kjemiske tilstandsformene til metallene. Vanligvis er det de frie metallionene som har størst akutt giftighet, og andelen disse utgjør av den totale konsentrasjonen styres av en rekke miljøforhold, slik som pH, mengden kompleksbindende materialer, kalsiumkonsentrasjonen mm. Problemstillingen kompliseres ytterligere ved at ulike organismer og livsstadier kan ha vidt forskjellige toleransegrenser. Sediment-spisende organismer kan også få en økt belastning av tungmetaller via føden.

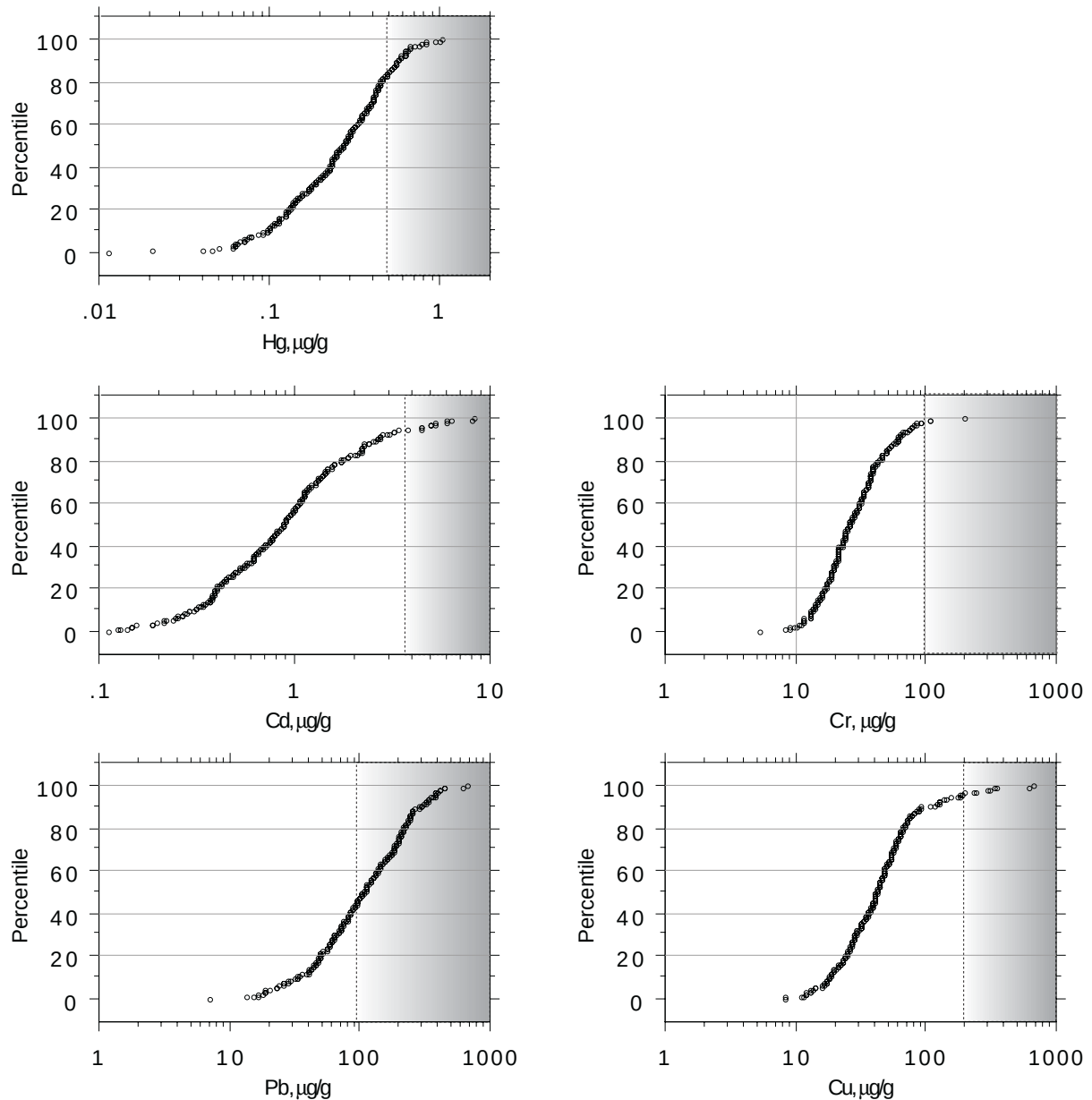
Beregning eller analyser av tungmetallenes spesiering er vanligvis ikke mulig innenfor i standard miljøundersøkelser. Miljøforvaltningen i ulike land har derfor måttet ha en mer pragmatisk tilnærming til problemet med å angi akseptable tungmetallkonsentrasjoner i miljøet. En strategi er å finne sannsynlige nivåer for skadelige effekter for en rekke organismegrupper under ulike relevante miljøforhold. Ut fra disse fordelingene finner man så lavest akseptable effektnivå; det vil si et nivå som med tilfredsstillende sikkerhet ivaretar miljøet.

Resultatene viser at det var generelt svært få av innsjøene fra regionalundersøkelsen i 1995 som hadde konsentrasjoner som oversteg tilstandsklasse IV (sterkt forurensset) (Figur 35). For bly overskred 1,6% av innsjøene grenseverdien på 2,5 µg/l. For kobber, kadmium og krom, hvor grenseverdiene var 3, 0,2 og 10 µg/l, var overskridelsene henholdsvis 1%, 0,5% og 0%. I henhold til disse klassifikasjonene må man konkludere med at overskridelsene har et svært beskjedent omfang.

For sedimentene fra regionalundersøkelsen i 1996-97 var andelen overskridelser vesentlig større (Figur 36). For bly, med en PEL-verdi på 91 $\mu\text{g/g}$, var andelen overskridelser på hele 60%. For kvikksølv med en PEL-verdi på 0,46 $\mu\text{g/g}$, var andelen overskridelser 17%. For kobber og kadmium, med PEL-verdier på 197 og 3,5 $\mu\text{g/g}$, var andelen overskridelser for begge metallene på 7%. For krom, med en PEL-verdi på 90 $\mu\text{g/g}$, var andelen overskridelser på 4%.



Figur 35: Konsentrasjoner av tungmetaller i vann og nedre grense for området for hvor negative effekter på følsomme organismer kan inntreffe (skravert området). Grensen er satt lik nedre grense for tilstandsklasse IV, sterkt forurensset, i henhold til SFT (1997). Data er fra Skjelkvåle et al., 1999.



Figur 36: Konsentrasjoner av tungmetaller i sedimenter og nedre grense for området for hvor negative effekter på følsomme organismer kan inntreffe (skravert området). Grensen er satt lik "Probable Effect Level" i henhold til det kanadiske systemet miljøklassifisering (CEQG 2003). Data er fra Skjelkvåle et al., 1999.

9. Konklusjon

9.1 Utenlandske tilførsler versus nasjonale utslipp

Et sammendrag av dataene viser at tilførsel fra atmosfærisk langtransport er betydelig større enn våre nasjonale utslipp for bly og kadmium, og delvis for kvikksølv. Det eksisterer foreløpig ikke noen oversikt over utenlandske tilførsler for kopper og krom.

Metall	Utenlandske lufttilførsler (kg) (EMEP)	Nasjonale utslipp til luft (kg)	% Nasjonale av tilførsel fra utland	Nasjonale utslipp til vann (kg)
Bly	168 000	6 500	4	38 000
Kadmium	7 870	750	9	2 500
Kvikksølv	2 590	960	37	420
Kopper		19330		685 000
Krom		8800		7 500

Det må understrekes at det er stor usikkerhet i beregningene.

9.2 Lokalmiljøer

At atmosfærisk langtransport er større enn de nasjonale bidragene for flere metaller utelukker ikke at det kan finnes betydelige utslipp som kan påvirke lokalmiljøene. Status for de fem studerte industristedene der metallutslippene i Norge var størst for år 2000 er som følger:

Odda: Meget store utslipp av kvikksølv, bly og kadmium til sjøvann
Betydelige utslipp av kadmium til luft
Betydelig forhøyede konsentrasjoner av kadmium i mose
Noe forhøyede konsentrasjoner av bly i mose

Kristiansand: Store utslipp av kopper til luft og sjøvann.

Mo i Rana: Sterkt forhøyede konsentrasjoner av krom til luft og tilsvarende konsentrasjoner i mose. Kromutslippene er nå stanset.
Betydelig forhøyede utslipp av bly til luft, og tilsvarende forhøyede konsentrasjoner i mose
Noe forhøyede konsentrasjoner av kadmium i mose

Sauda: Litt forhøyde konsentrasjoner av kadmium og krom i mose.

Årdal: Litt forhøyde konsentrasjoner av kadmium og krom i mose.

9.3 Biologiske effekter

Vi har kun vurdert mulige effekter i innsjøer og sedimenter basert på data som i hovedsak er ment for å fange opp effekter av langtransporterte metallforurensninger i innsjøer.

Resultater fra regionalundersøkelsen i 1995 viser at 1,6% av alle norske innsjøer er sterkt forurenset av bly, 1% av kobber, 0,5% av kadmium og ingen av krom.

Resultater fra sedimentundersøkelsen i 1996-97 viser at andelen innsjøer med overskridelser av grenseverdier for bly var 60%, kvikksølv 17%, kobber og kadmium 7%, og 4% for krom.

10. Anbefalinger om videre arbeid

Arbeidet med denne rapporten har vist at det er mange kunnskapshull før man med sikkerhet kan anslå betydningen av de langtransporterte metallene sammenlignet med de nasjonale utslippene, samt for å kunne vurdere deres miljøeffekter. Modellestimater for tungmetaller er ennå ikke på langt nær så gode som måledata for bly, kadmium og kvikksølv. Siden modeller ikke finnes for krom og kobber, så er det veldig viktig at gode observasjoner finnes som kan bidra til å beskrive regionale mønstre og endringer over tid. Følgende oppgaver anbefales utført:

- Forbedre utslippstall til luft og vann.
- Forbedre modeller for langtransport, for å få bedre avsetningstall og skyldmatriser (også for kobber og krom).
- Lage detaljerte regnskap for spesielle vassdrag som f.eks. Drammenselva. Til dette trengs trolig innhenting av mer data (diffuse utslipp, data fra urbane områder).
- Modellere tettsteder/industristeder

I tillegg er det meget viktig å fortsette de nasjonale overvåkingsprogrammene. Det er gjennom disse programmene vi har fått tilgang til data som gjør at det er mulig å skrive denne foreliggende rapporten.

11. Referanser

- Allen, R.O. and Steinnes, E. (1980) Contribution from long-range atmospheric transport to the heavy metal pollution of surface soil. In: D. Drabløs and A. Tollan, eds., *Ecological Impact of Acid Precipitation*, pp. 116-117. Oslo –Ås.
- Benestad, C. (1998) SIO4055 Luftforurensning og renseutstyr: Utslipp av forurensninger. Forelesningsnotater. Statens Forurensningstilsyn (SFT)
- Berg, T., Røyset, O., Steinnes, E. and Vadset, M. (1995) Atmospheric trace element deposition: Principal component analyses of ICP-MS data from moss samples. *Environ. Pollut.*, 87, 67-77.
- Berg, T., Hjellbrekke, A.-G. and Larsen, R. (2002) Heavy metals and POPs within the EMEP-region, 2000. Kjeller (NILU EMEP/CCC-Report 9/2002).
- Bergkvist, B., Folkesson, L. og Berggren, D. (1989) Fluxes of Cu, Zn, Pb, Cd, Cr, and Ni in temperate forest ecosystems. *Water Air Soil Pollut.*, 47, 217-286.
- Borgvang, S., Selvik, J.R., og Tjomsland, T. (2003) Tilførsler av næringssalter til Norges kystområder i 2001, beregnet med tilførselsmodellen TEOTIL. Oslo, SFT (Statlig program for forurensningsovervåkning. Rapport 858/2002/TA 1913/2002).
- Brunvoll, F. og Høie, H. (2002) Naturressurser og miljø 2002. Oslo, SSB (Statistiske analyser 55).
- CEQG (2003) Canadian Environment Quality Guidelines. URL: <http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe/English/ceqg/default.cfm>
- EMEP (2003) Chemical Co-ordinating Centre of EMEP (CCC). URL: <http://www.nilu.no/projects/ccc/>
- EMEP (2003) Meteorological Synthesizing Centre – East. URL: <http://www.msceast.org/EMEP.html>
- Holtan, G., Berge, D., Holtan, H., Hopen, T. (1998) Oslo and Paris Commissions (OSPAR) Annual report in direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1997. A. Principles results and discussions B. Data report. Oslo (NIVA report 3952).
- Ilyin, I., Ryaboshapko, A., Afinogenova, O., Berg, T., Hjellbrekke, A.-G. and Lee D.S. (2002) Lead, Cadmium and Mercury Transboundary Pollution in 2000. Moscow (EMEP MSC-East Technical Report 5/2002).
- Jørgensen, S.S. og Willems, M. (1987) The fate of lead in soils: The transformation of lead pellets in shooting-range soils. *Ambio*, 16, 11-15.
- Njåstad, O., Steinnes, E., Bølviken, B. og Ødegård, M. (1994) Landsomfattende kartlegging av elementsammensetning i naturlig jord: Resultater fra prøver innsamlet i 1977 og 1985 oppnådd ved ICP emisjonsspektrometri. Trondheim (NGU-rapport 94.027).
- Nygård, T. (2000) Sporelementer i humussjiktet i naturlig jordsmonn i Norge. Hovedfagsoppgave i kjemi. Trondheim, NTNU.

- Renberg, I., Brännvall, M.-L., Bindler, R. og Emteryd, O. (2000) Atmospheric lead pollution history during four millenia (2000 BC to 2000 AC) in Sweden. *Ambio*, 29, 150-156.
- Rognerud, S. og Bækken, T. (2002) Overvåkning av metallforurensninger fra militære skytefelt og demoliseringsplasser. Resultater fra 11 års overvåkning. Oslo (NIVA-rapport LNR 4512). pp. 59.
- Rognerud, S. og Fjeld, E. (2001) Trace Element Contamination of Norwegian Lake Sediments. *Ambio*, 30, 11-19.
- Rognerud, S., Fjeld, E. og Løvik, J.E. (1999) Landsomfattende undersøkelse av metaller i innsjøsedimenter. Oslo (NIVA-rapport LNR 4024). pp. 71.
- Rognerud, S. Hongve, D., Fjeld, E. og Ottesen, R.T. (2000). Trace metal concentrations in lake and overbank sediments in southern Norway. *Environ. Geol.*, 39, 723–732.
- Schaug, J., Rambæk, J.P., Steinnes, E. and Henry, R.C. (1990) Multivariate analysis of trace element data from moss samples used to monitor atmospheric deposition. *Atmos. Environ.*, 24A, 2625-2631.
- SFT (1997) Klassifisering av miljøkvalitet i ferskvann. Oslo (SFT veiledning 97:04/TA-1468).
- SFT (2002) Estimer av utslipp av Hg, Pb, Cd, Cu og Cr til luft, jord og vann for 2002, fordelt på kilder. Notat. Oslo.
- Skjelkvåle, B.L., Henriksen, A., Faafeng, B., Fjeld, E., Traaen, T., Lien, L. Lydersen, E. og Buan, A.K. (1997) Regional innsjøundersøkelse 1995. En vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer. Oslo (NIVA-rapport 3613) (Statlig program for forurensningsovervåkning (SFT) / Rapport TA-1389/1996).
- Skjelkvåle, B.L., J. Mannio, A. Wilander, K. Johansson, J.P. Jensen, T. Moiseenko, E. Fjeld, T. Andersen, J. Vuorenmaa og O. Røyset. (1999) Heavy metal surveys in Nordic lakes; harmonized data for regional assessment of critical limits. Oslo (NIVA-rapport 4039).
- Skjelkvåle, B.L., Andersen, T., Fjeld, E., Mannio, J., Wilander, M., Johansen, K., Jensen, J.P. and Moiseenko, T. (2001) Heavy metal survey in Nordic lakes: concentrations, geographic patterns and relation to critical limits. *Ambio*, 30, 2-10.
- Steinnes, E., Allen, R.O., Petersen, H.M., Rambæk, J.P. and Varskog, P. (1997) Evidence of large scale heavy-metal contamination of natural surface soils in Norway from long-range atmospheric transport. *Sci. Total. Environ.*, 205, 255-266.
- Steinnes, E., Andersson, E.M. og Jakobsen, E.B (1995) Atmosfærisk nedfall av kvikksølv i Norge. Oslo, SFT (Statlig program for forurensningsovervåking rapport 627/95).
- Steinnes, E., Berg, T., Sjøbakk, T.E., Uggerud, H. and Vadset, M. (2001a) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 2000. Oslo, SFT (Statlig program for forurensningsovervåking rapport 838/2001).

- Steinnes, E., Berg, T., Sjøbakk, T.E. og Vadset, M. (2001b) Nedfall av tungmetaller rundt utvalgte norske industrier studert ved analyse av mose. Oslo, SFT (Statlig program for forurensningsovervåking rapport 831/2001).
- Steinnes, E., Franzen, F., Johansen, O., Rambæk, J.P. and Hanssen, J.E. (1988) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse 1985. Oslo, SFT (Statlig program for forurensningsovervåking rapport 334/88).
- Steinnes, E., Hanssen, J.E., Rambæk, J.P. and Vogt, N.B. (1994) Atmospheric deposition of trace elements in Norway: temporal and spatial trends studied by moss analysis. *Water, Air Soil Pollut.*, 74, 121-140.
- Steinnes, E. og Njåstad, O. (1995) Enrichment of metals in the organic surface layer of natural soil: Identification of contributions from different sources. *Analyst*, 120, 1479-1483.
- Steinnes, E., Rambæk, J.P. and Hanssen, J.E. (1992) Large scale multi-element survey of atmospheric deposition using naturally growing moss as biomonitor. *Chemosphere*, 25, 735-752.
- Steinnes, E., Røyset, O., Vadset, M. and Johansen, O. (1993) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse i 1990. Oslo, SFT (Statlig program for forurensningsovervåking rapport 523/93).
- Wiener, J.G. og Sprey, D.J. (1996) Toxicological significance of mercury in freshwater fish. In: *Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations*. Ed. by W.N. Beyer, G.H. Heinz og A.D. Redmon-Northwood. Boca Raton, Levis.

Vedlegg A

Norske offisielle utslippsdata for tungmetaller, 2000

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Bly utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (2,3,4,5,7) (tonn)	Utslipp jord (5,7) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Industrikilder:		3.8	7.3	0.0	11.1
Oljeraffinering		0.01			0.0
Treforedling		0.26	0.00		0.3
Mineralsk produksjon:					
Mineralsk produksjon, all forbrenning		0.40			0.4
- sement, kalk, gips			3.22		3.2
- annen mineralsk produksjon			0.00		0.0
Kjemisk industri:					
Kjemisk industri, all forbrenning		0.43			0.4
- gjødselproduksjon					
- karbidproduksjon			0.17		0.2
- petrokjemisk					
- annen kjemisk produksjon			0.05		0.0
Metallproduksjon:					
Metallproduksjon, all forbrenning		0.03			0.0
- jern, stål, ferrolegering		2.00	0.25		2.2
- aluminium		0.56	0.80		1.4
- andre metaller		0.03	2.73		2.8
- anodeproduksjon					
Utvinning av kull					
Bergverksindustrien/gruver					
Asfaltverk					
Annen industri		0.13	0.04		0.2
Industriell renovasjon/kloakk			0.00		0.0
Andre prosessutslipp		0.01			0.0
Andre kilder:		0.5	3.3	3.0	6.8
Andre næringer		0.05			0.0
Avfallsforbrenning, brenning av deponigass		0.41	0.29		0.7
Annen forbrenning					
Kloakk og renovasjon (kommunalt)			2.00		2.0
Kommunalt slam				3.00	3.0
Sig fra fyllinger (grovt anslag)*			1.00		1.0
Nedlagte gruver			0.04		0.0
Diffuse kilder:		2.2	0.0	0.0	2.2
Bensindistribusjon					0.0
Boliger		0.09			0.1
Landbruk:					
- husdyr					
- husdyrgjødsel					
- nitrogengjødsel					
- kalking (jordbruk)					
- andre landbruksutslipp					
Løsemidler					
Produksjon av brød og øl					
Veistøv, dekkslitasje		0.09			0.1
Veitrafikk		0.18			0.2
Snøscooter		0.00			0.0
Motorredskaper		0.02			0.0
Båter (småbåter, skip og båter)		0.14			0.1
Jernbane		0.00			0.0
Luftfart		1.63	0.00		1.6

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Bly utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (2,3,4,5,7) (tonn)	Utslipp jord (5,7) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Olje- og gassvirksomhet		0.0	24.6		24.6
Naturgass		0.00			0.0
Gassterminal		0.00			0.0
Fakling		0.00			0.0
Dieselbruk		0.01			0.0
Oljeboring; lekkasjer					
Oljelasting offshore					
Oljelasting onshore					
Utvinning:					
- produsert vann			0.52		0.5
- tilsetning i produkter			0.09		0.1
- forurensning i produkter			23.98		24.0
Produkter (6):	18224.7	0.0	0.0	382.9	382.9
Blyhagl	215			215	215.0
Annen ammunisjon	154			154	154.0
Maling og lakk	38			3.8	3.8
Kjemikalier	0.05		0.03		0.0
Plast (tilsetning i PVC)	84.5				
Glassvarer	204				
Glassurer	0.14				
Blåsesand	25			10	10.0
Batterier, akkumulatorer	9428				
Metalliske produkter	4880				
Kabler	1327				
Fiskeredskap	577				
Seilbåtkjøl	1285				
Andre produkter	7			0.1	0.1
Grand total	18225	6.5	35.2	385.9	427.6

Kilder:

1. Statistiks sentralbyrå (SSB), nettside: Utslipp til luft. Norge (2000) - foreløpige tall
 2. INKOSYS, SFTs database
 3. Aquateam rapport nr. 00-056, 2000: Utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter med avløpsvann i 1999 (1999-data)
 4. SFT rapport (2002): Utslipp på norsk kontinentalsokkel 2000. Olje, kjemikalier og utslipp til luft.
 5. Aquateam rapport nr. 94-162 (1994): Milkjøutslipp med kommunalt avløpsvann og slam - Kvikksølv, kadmium, krom, kobber og PAH
 6. SFT rapport: Miljøgifter i produkter. Data for 2000.
 7. SFT rapport 97:07 (1997):Kilder til miljøgifter i kommunalt avløp og slam - litteraturstudie.
- * intern informasjon, SFT

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Kadmium utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (2,3,4,5) (tonn)	Utslipp jord (5) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Industrikilder:		0.5	1.5	0.0	2.0
Oljeraffinering		0.00			0.0
Treforedling		0.13	0.00		0.1
Mineralsk produksjon:		0.01			0.0
Mineralsk produksjon, all forbrenning		0.01			0.0
- sement, kalk, gips			0.05		0.1
- annen mineralsk produksjon					
Kjemisk industri:		0.06			0.1
Kjemisk industri, all forbrenning		0.01			0.0
- gjødselproduksjon					
- karbidproduksjon			0.01		0.0
- petrokjemisk					
- annen kjemisk produksjon			0.00		0.0
Metallproduksjon:					
Metallproduksjon, all forbrenning		0.00			0.0
- jern, stål, ferrolegering		0.08	0.00		0.1
- aluminium		0.04	0.13		0.2
- andre metaller		0.07	1.30		1.4
- anodeproduksjon					
Utvinning av kull					
Bergverksindustrien/gruver			0.00		0.0
Asfaltverk					
Annen industri		0.05	0.00		0.1
Industriell renovasjon/kloakk			0.00		0.0
Andre prosessutslipp		0.00			0.0
Andre kilder:		0.1	0.5	0.1	0.7
Behandling av avfall, brenning av deponigass		0.03	0.07		0.1
Annen forbrenning					
Kloakk og renovasjon (kommunal)			0.17		0.2
Kommunalt slam*				0.10	0.1
Sig fra fyllinger (grove anslag)*			0.10		0.1
Andre næringer		0.02			0.0
Nedlagte gruver			0.20		0.2
Diffuse kilder:		0.2	0.0	0.0	0.2
Bensindistribusjon					
Boliger		0.12			0.1
Landbruk:					
- husdyr					
- husdyrgjødsel					
- nitrogengjødsel					
- kalking (jordbruk)					
- andre landbruksutslipp					
Løsemidler					
Produksjon av brød og øl					
Veistøv, dekkslitasje		0.04			0.0
Veitrafikk		0.03			0.0
Snøscooter		0.00			0.0
Motorredskaper		0.00			0.0
Båter (småbåter, skip og båter)		0.01			0.0
Jernbane		0.00			0.0
Luftfart		0.00	0.00		0.0

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Kadmium utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (2,3,4,5) (tonn)	Utslipp jord (5) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Olje- og gassvirksomhet		0.0	0.2	0.0	0.2
Naturgass		0.01			0.0
Gassterminal		0.00			0.0
Fakling		0.00			0.0
Dieselbruk		0.00			0.0
Oljeboring; lekkasjer					
Oljelasting offshore					
Oljelasting onshore					
Utvinning					
- produsert vann			0.12		0.1
- tilsetning i produkter					
- forurensning i produkter			0.10		0.1
Produkter (6):	33.6	0.0	0.1	0.1	0.2
Batterier, akkumulatorer	32.7				
Offeranoder	0.1		0.10		0.1
Kadmierte produkter (korr.beskyttelse)					
Mineralgjødelse	0.08			0.08	0.1
Oljeprodukter					
Kull, koks, biobrensel					
Loddemetall					
Biler	0.7				0.0
Andre produkter					
Grand total	34	0.7	2.4	0.2	3.3

Kilder:

1. SSB Utslipp til luft. Norge (2000) - foreløpige tall
 2. INKOSYS, SFTs database
 3. Aquateam rapport nr. 00-056, 2000: Utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter med avløpsvann i 1999 (1999-data)
 4. SFT rapport (2002): Utslipp på norsk kontinentalsokkel 2000. Olje, kjemikalier og utslipp til luft.
 5. SFT rapport 97:07 (1997): Kilder til miljøgifter i kommunalt avløp og slam - litteraturstudie.
 6. SFT rapport: Miljøgifter i produkter. Data for 2000.
- * intern informasjon, SFT

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Kvikksølv utslipp (kg i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (kg)	Utslipp til vann (2,3,4,5,7) (kg)	Utslipp jord (5,7) (kg)	Utslipp SUM (kg)
Industrikilder:		520.7	37.8	0.0	558.5
Oljeraffinering		1.62			1.6
Treforedling		136.39	0.01		136.4
Mineralsk produksjon:		35.90			35.9
Mineralsk produksjon, all forbrenning		4.85			4.8
- sement, kalk, gips			0.20		0.2
- annen mineralsk produksjon					
Kjemisk industri:		3.91			3.9
Kjemisk industri, all forbrenning		10.56			10.6
- gjødselproduksjon					
- karbidproduksjon			0.13		0.1
- petrokjemisk					
- annen kjemisk produksjon			1.49		1.5
Metallproduksjon:					
Metallproduksjon, all forbrenning		0.77			0.8
- jern, stål, ferrolegering		253.39	1.12		254.5
- aluminium		4.20	7.00		11.2
- andre metaller		7.60	27.40		35.0
- anodeproduksjon					
Utvinning av kull					
Bergverksindustrien/gruver					
Asfaltverk					
Annen industri		61.41	0.22		61.6
Industriell renovasjon/kloakk			0.26		0.3
Andre prosessutslipp		0.08			0.1
Andre kilder:		101.7	101.3	135.0	338.0
Avfallsforbrenning, brenning av deponigass og annen forbrenning		32.55662	0.28217		32.8
Krematorier		54.68			54.7
Kloakk og renovasjon (kommunal)			61		61.0
Kommunalt slam*				135	135.0
Sig fra fyllinger (anslag 40 kg)			40		40.0
Andre næringer		14.474867			14.5
Nedlagte gruver					
Diffuse kilder:		283.5	0.0	0.0	283.5
Bensindistribusjon					
Boliger		128.50			128.5
Landbruk:					
- husdyr					
- husdyrgjødsel					
- nitrogengjødsel					
- kalking (jordbruk)					
- andre landbruksutslipp					
Løsemidler					
Produksjon av brød og øl					
Veistøv, dekkslitasje		2.28			2.3
Veitrafikk		65.54			65.5
Snøscooter					
Motorredskaper		11.12			11.1
Båter (småbåter, skip og båter)		64.95			64.9
Jernbane		0.77			0.8
Luftfart		10.37			10.4

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Kvikksølv utslipp (kg i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (kg)	Utslipp til vann (2,3,4,5,7) (kg)	Utslipp jord (5,7) (kg)	Utslipp SUM (kg)
Olje- og gassvirksomhet		12.1	121.0	0.0	133.1
Naturgass		3.59			3.6
Gassterminal		0.29			0.3
Fakling		0.81			0.8
Dieselbruk		7.36			7.4
Oljeboring; lekkasjer					
Oljelasting offshore					
Oljelasting onshore					
Utvinning					
- produsert vann			5.0		5.0
- tilsetning i produkter			0.0		0.0
- forurensning i produkter			116.0		116.0
Produkter (6):	433	38.0	28.6	178.5	245.1
Tannfyllingsmaterialer	275		20.8	171.8	192.6
Batterier					
Termometre					
Lyskilder	114	24	7	5	36.0
Laboratoriekjemikalier	3		0.8	0.7	1.5
Måleinstrumenter	40	14			14.0
Mineralgjødsel	1			1	1.0
Nivåvippebrytere					
Andre produkter					
Grand total	433	956.0	288.7	313.5	1558.2

Kilder:

1. Statistiks sentralbyrå, nettside: Utslipp til luft. Norge (2000) - foreløpige tall
2. INKOSYS, SFTs database
3. Aquateam rapport nr. 00-056, 2000: Utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter med avløpsvann i 1999 (1999-data)
4. SFT rapport (2002): Utslipp på norsk kontinentalsokkel 2000. Olje, kjemikalier og utslipp til luft.
5. Aquateam rapport nr. 94-162 (1994): Milkjøutslipp med kommunalt avløpsvann og slam - Kvikksølv, kadmium, krom, kobber og PAH.
6. SFT rapport: Miljøgifter i produkter. Data for 2000.
7. SFT rapport 97:07 (1997): Kilder til miljøgifter i kommunalt avløp og slam - litteraturstudie.

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Kobber utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (1,2,3) (tonn)	Utslipp jord (2) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Industrikilder:		3.1	14.1	0.0	17.2
Oljeraffinering					
Gassterminal					
Treforedling		0.00	4.00		4.0
Mineralsk produksjon:					
- sement, kalk, gips		0.28	0.09		0.4
- annen mineralsk produksjon					
Kjemisk industri					
- gjødselproduksjon					
- karbidproduksjon		0.21	0.31		0.5
- petrokjemisk					
- annen kjemisk produksjon			0.15		0.2
Metallproduksjon:					
- jern, stål, ferrolegering		0.49	0.34		0.8
- aluminium		0.08	2.73		2.8
- andre metaller		1.58	0.80		2.4
- anodeproduksjon					
Utvinning av kull					
Bergverksindustrien/gruver			0.11		0.1
Asfaltverk					
Industriell renovasjon/kloakk			4.42		4.4
Annen industri (+Nordox 0,5 tonn)		0.50	1.10		1.6
Andre prosessutslipp					
Andre kilder:		0.0	84.2	0.0	84.3
Andre næringer					
Avfallsforbrenning, brenning av deponigass		0.05	0.00		0.0
Annen forbrenning					
Kloakk og renovasjon (kommunal)		0.00	26.00		26.0
Nedlagte gruver			58.22		58.2
Diffuse kilder:		0.0	0.0	0.0	0.0
Bensindistribusjon					
Boliger					
Landbruk:					
- husdyr					
- husdyrgjødsel					
- nitrogengjødsel					
- kalking (jordbruk)					
- andre landbruksutslipp					
Løsemidler					
Produksjon av brød og øl					
Veistøv, dekkslitasje					
Veitrafikk					
Snøscooter					
Motorredskaper					
Båter (småbåter, skip og båter)					
Jernbane					
Luftfart			0.00		0.0
Olje- og gassvirksomhet		0.0	6.1	0.0	6.1
Naturgass					
Gassterminal					

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Kobber utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (1,2,3) (tonn)	Utslipp jord (2) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Fakling					
Dieselbruk					
Oljeboring; lekkasjer					
Oljelasting offshore					
Oljelasting onshore					
Utvinning					
- produsert vann			0.41		0.4
- tilsetning i produkter			0.83		0.8
- forurensning i produkter			4.91		4.9
Produkter (5):	19528.1	0.0	581.0	8.1	589.1
Kobber metall	15044				
Rør og rørdeler	1634		25		25.0
Mynter og medaljer	560				
Messing	1552				
Bunnstoff	250		250		250.0
Noteimregneringsmidler	306		306		306.0
Industriråstoffer	112				
Treimpregneringsmidler	41			2.1	2.1
Maling og beis	0.5				
Mineralgjødsel	26.6			4	4.0
Blåsesand					
Plantevernmiddel	2			2	2.0
Grand total	19528	3.2	685.4	8.1	696.7

Kilder:

1. INKOSYS, SFTs database
2. Aquateam rapport nr. 00-056, 2000: Utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter med avløpsvann i 1999 (1999-data)
3. SFT rapport (2002): Utslipp på norsk kontinentalsokkel 2000. Olje, kjemikalier og utslipp til luft.
4. SFT rapport: Miljøgifter i produkter. Data for 2000.

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Krom utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (1,2,3) (tonn)	Utslipp jord (2) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Industrikilder:		6.5	1.9	0.0	8.4
Oljeraffinering					
Gassterminal					
Treforedling			0.00		0.0
Mineralsk produksjon:					
- sement, kalk, gips		0.32	0.13		0.5
- annen mineralsk produksjon		0.04			0.0
Kjemisk industri					
- gjødselproduksjon					
- karbidproduksjon		0.21	0.38		0.6
- petrokjemisk					
- annen kjemisk produksjon		0.00	0.44		0.4
Metallproduksjon:					
- jern, stål, ferrolegering		5.54	0.14		5.7
- aluminium		0.09	0.05		0.1
- andre metaller		0.34	0.50		0.8
- anodeproduksjon					
Utvinning av kull					
Bergverksindustrien/gruver					
Asfaltverk					
Industriell renovasjon/kloakk		0.00	0.00		0.0
Annen industri			0.26		0.3
Andre prosessutslipp					
Andre kilder:		0.0	3.9	0.0	3.9
Behandling av avfall, brenning av deponigass		0.04			0.0
Annen forbrenning					
Kloakk og renovasjon (kommunal)			3.9		3.9
Andre næringer					
Diffuse kilder:		0.0	0.0	0.0	0.0
Bensindistribusjon					
Boliger					
Landbruk:					
- husdyr					
- husdyrgjødsel					
- nitrogengjødsel					
- kalking (jordbruk)					
- andre landbruksutslipp					
Løsemidler					
Produksjon av brød og øl					
Veistøv, dekkslitasje					
Veitrafikk					
Snøscooter					
Motorredskaper					
Båter (småbåter, skip og båter)					
Jernbane					
Luftfart			0.00		0.0
Olje- og gassvirksomhet		0.0	1.7	0.0	1.7
Naturgass					
Gassterminal					
Fakling					

Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder TA-1950/2003

Krom utslipp (tonn i 2000)					Mai 2002
Kilder	Forbruk	Utslipp til luft (1) (tonn)	Utslipp til vann (1,2,3) (tonn)	Utslipp jord (2) (tonn)	Utslipp SUM (tonn)
Dieselbruk					
Oljeboring; lekkasjer					
Oljelasting offshore					
Oljelasting onshore					
Utvinning					
- produsert vann			0.49		0.5
- tilsetning i produkter					
- forurensning i produkter			1.20		1.2
Produkter (4):	6622	0.0	0.0	29.0	29.0
Kromlegert stål	5019				
Støpte stålprodukter	1203				
Treimpregneringsmidler	67			3.4	3.4
Overflatebehandl.middel	10				
Skinngarvingskjemikalier	0				
Maling, lakk, mv	232			23.2	23.2
Ildfast stein	60				
Farget glassemballasje	5				
Sement	20				
Blåsesand	6			2.4	2.4
Grand total	6622	6.6	7.5	29.0	43.1

Kilder:

1. INKOSYS, SFTs database
2. Aquateam rapport nr. 00-056, 2000: Utslipp av tungmetaller og organiske miljøgifter med avløpsvann i 1999 (1999-data)
3. SFT rapport (2002): Utslipp på norsk kontinentalsokkel 2000. Olje, kjemikalier og utslipp til luft.
4. SFT rapport: Miljøgifter i produkter. Data for 2000.



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAKS RAPPORT	RAPPORT NR. NILU OR 12/2003	ISBN 82-425-1430-5 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 80	PRIS NOK 180,-
TITTEL Relativ betydning av nasjonale metallutslipp i forhold til avsetning fra atmosfærisk langtransport og naturlige kilder		PROSJEKTLEDER Torunn Berg	
		NILU PROSJEKT NR. O-102121	
FORFATTER(E) Torunn Berg (NILU), Eirik Fjeld (NIVA), Brit-Lisa Skjelkvåle (NIVA) og Eiliv Steinnes (NTNU)		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAKSGIVERS REF. TA-1950/2003	
OPPDRAKSGIVER Statens forurensningstilsyn Postboks 8100 Dep. 0032 OSLO			
STIKKORD Tungmetall	Norge	Utslipp	
REFERAT Miljøbelastningen av de nasjonale metallutslippene (bly, kadmium, krom, kobber, kvikksølv) i forhold til miljøbelastningen fra avsetning av langtransporterte metaller og metaller i naturlig bakgrunn har blitt vurdert. Kun eksisterende data har blitt brukt. Herunder ligger Norges deltakelse i EMEP arbeidet, data fra nasjonale overvåkingsprogrammer på tungmetaller i moser, jord, vann og sedimenter, samt offisielle norske utslippstall for tungmetaller. Et sammendrag av utenlandske tilførsler, samt nasjonale utslipp til luft og vann viser at tilførsel fra atmosfærisk langtransport er betydelig større enn våre nasjonale utslipp for bly og kadmium, og delvis for kvikksølv. Arbeidet viser også at det er steder i Norge som har en tungmetallbelastning som kan påvirke miljøet.			
TITLE Relative importance of national anthropogenic emissions of heavy metals to natural sources and atmospheric long range transported metals			
ABSTRACT			

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

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, grunnvann, vassdrag, fjorder og havområder.

Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødning av ferskvann og kystområder
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak. SFT er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.



Statens forurensningstilsyn
Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottakft.no
Internett: www.sft.no
Bestilling: <http://www.sft.no/skjema.html>



Norsk institutt for luftforskning
Postboks 100, 2027 Kjeller
Besøksadresse: Instituttveien 18

Telefon: 63 89 80 00
Telefaks: 63 89 80 50
E-post: niluilu.no
Internett: www.nilu.no