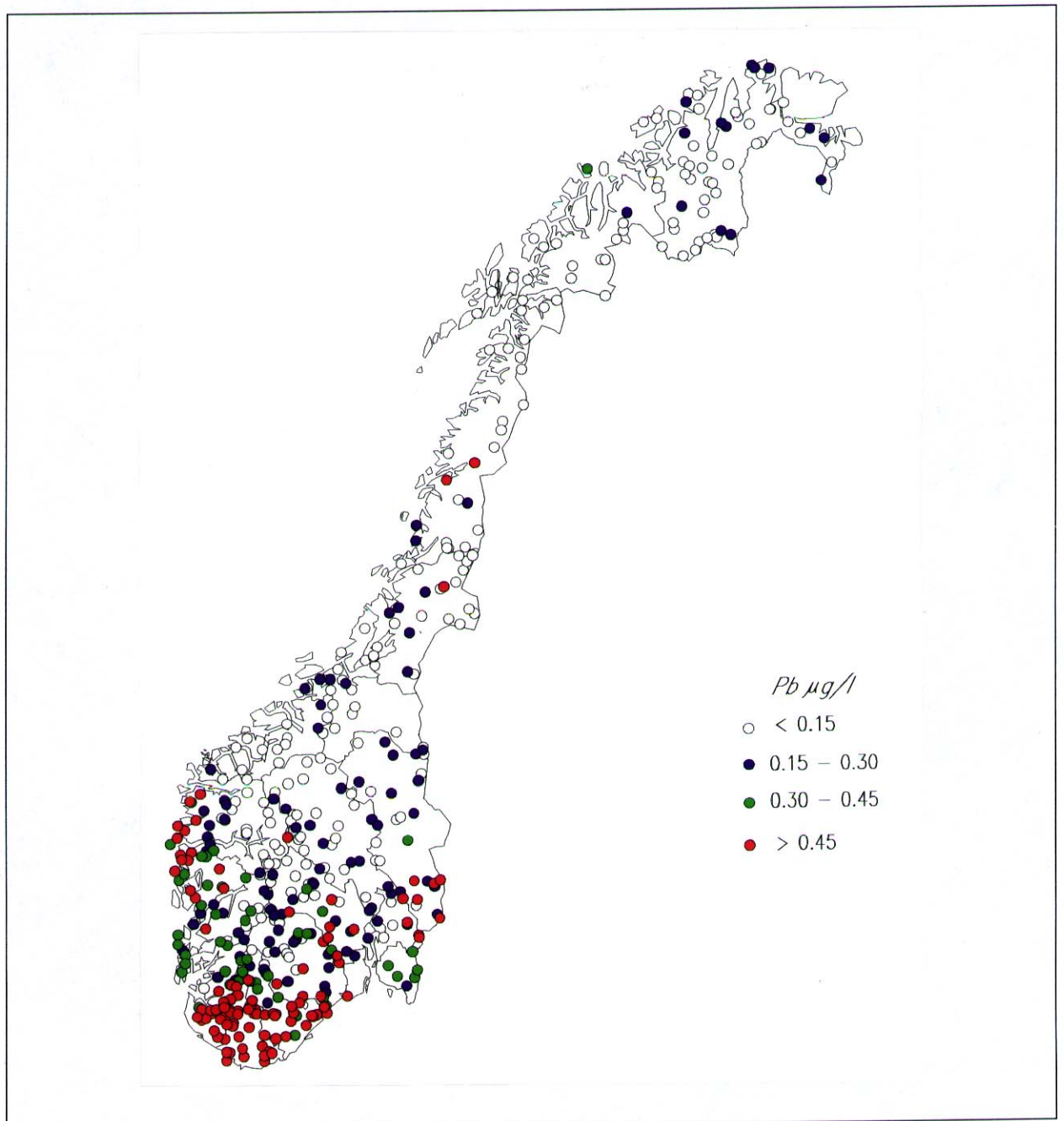


RAPPORT LNR 3457-96

Sporelementer i norske innsjøer.

Foreløpige resultater for 473 innsjøer.



Hovedkontor

Postboks 173, Kjelsås
0411 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00

Sørlandsavdelingen

Televeien 1
4890 Grimstad
Telefon (47) 37 04 30 33
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Rute 866
2312 Ottestad
Telefon (47) 62 57 64 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgt 55
5008 Bergen
Telefon (47) 55 32 56 40
Telefax (47) 55 32 88 33

Akvaplan-NIVA A/S

Søndre Tollbugate 3
9000 Tromsø
Telefon (47) 77 68 52 80
Telefax (47) 77 68 05 09

Tittel Sporelementer i norske innsjøer- Foreløpig resultat for 473 sjøer	Løpenr. (for bestilling) 3457-96	Dato 15.4.96
	Prosjektnr. Undernr. O-95273 / E-96419	Sider Pris 18
Forfatter(e) Skjelkvåle, B.L Henriksen, A. Vadset, M. NILU Røyset, O. NILU	Fagområde sur nedbør	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norge	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Miljøverndepartementet (MD) / NIVA	Oppdragsreferanse
--	-------------------

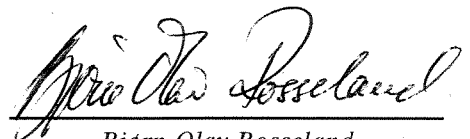
Sammendrag Rapporten presenterer nivåer og regional fordeling av ca. 50 sporelementer i 473 statistisk valgte norske innsjøer.

Fire norske emneord 1. Langtransportert forurensning 2. Tungmetaller 3. Sporelementer 4. Vannkjemi	Fire engelske emneord 1. Long-range transboundary air-pollution 2. Heavy metals 3. Trace metals 4. Water chemistry
--	--



Arne Henriksen
Prosjektleder

ISBN 82-577-2994-95



Bjørn Olav Rosseland
Forskningsjef

SPORELEMENTER I NORSKE INNSJØER

Foreløpige resultater for 473 innsjøer

Forord

Høsten 1995 ble det gjennomført en regional innsjøundersøkelse som en del SFT's program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Denne undersøkelsen ble koordinert med tilsvarende undersøkelser i Sverige, Finland, Kola, Scotland og Wales, og innsjøene er valgt statistisk etter samme utvalgsriterier for alle land. Det ble ikke budsjettert med midler for tungmetallanalyser i innsjøundersøkelsen. Det ble imidlertid samlet inn vannprøver for bestemmelse av tungmetaller og andre sporelementer samtidig med de øvrige prøvene i spesialflasker etter NILU's standardiserte rutine. Det ble derfor for 1996 søkt om midler fra Norges forskningsråd for å få disse prøvene analysert og resultatene bearbeidet og rapportert. Søknaden rakk desverre ikke opp. Miljøverndepartementet (MD) stilte imidlertid høsten 1995 kr. 200.000 til disposisjon for analyse av ca 500 av de 1500 prøvene som ble samlet inn. NILU bidro med en egeninnsats på kr. 200.000 til disse analysene. NIVA opprettet for 1996 et eget forskningsprosjekt med målsetting å rapportere disse dataene. Denne rapporten presenterer dataene og gir en kortfattet oversikt over nivåer og regional fordeling av 52 metaller i norske innsjøer.

Oslo, 15. April 1996

Brit Lisa Skjelkvåle

Innhold

Sammendrag	5
1. Innledning	6
2. Metodikk	7
2.1 Innsamling av vannprøver	7
2.2 Analyse av metaller	7
3. Resultater	9
4. Konklusjoner og videre arbeid	17
5. Referanser	18

Sammendrag

Høsten 1995 ble det gjennomført en regional innsjøundersøkelse i 1500 innsjøer som en del av SFT's program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. I 473 av de statistisk valgte sjøene er det analysert på 52 sporelementer. Dette har gitt oss informasjon om nivåer og fordeling av en rekke elementer som vi tilnå ikke har hatt kjennskap til, eller hvor vi har hatt informasjon fra et mindre utvalg av innsjøer. Datamaterialet er derfor helt unikt og gir grunnlag for å si noe om nivåer og regional fordeling i norske innsjøer av alle de analyserte elementene, deriblant alle tungmetallene, samt andre giftige elementer som f.eks. Be. Dataene gir en basislinje for konsentrasjonsnivåer som vil være viktig å ha i fremtidige undersøkelser av de samme elementene for å se om forurensning og miljøpåvirkninger bidrar til å endre konsentrasjonene.

Resultatene viser at mange av elementene har klare syd-nord gradienter. De høyere konsentrasjonene i sør er mest sannsynlig forårsaket av tilførsler fra langtransportert forurensning, men også økt mobilisering som en følge av sur nedbør kan være en viktig mekanisme for løsligheten av enkelte av elementene.

Andre elementer viser regionale fordelingsmønstre som kan forklares med lokale utslipp, spesielle kjemiske forhold i berggrunnen eller innslag av sjøsalter.

For å bearbeide dataene videre, vil det øke kvaliteten på resultatene vesentlig ved å analysere de resterende 1000 prøvene som er samlet inn fra den regionale innsjøundersøkelsen.

De aller fleste sjøene i Sverige, Finland og Scotland vil også bli analysert for metaller med ICP-MS. Det vil derfor i løpet av året foreligge slike data for et stort område i Europa, der ferskvann er en meget sensitiv reseptor for langtransporterte forurensninger.

På den 7 CCE Workshop on Critical Loads and Levels i regi av Task Force on Mapping i Budapest i mars 1996 kom tålegrenser for tungmetaller opp som et fremtidig felt der tålegrenseprinsippet vurderes anvendt. Den første internasjonale workshop om tålegrenser for tungmetaller vil bli holdt i Berlin i 1997. Det vil derfor være viktig for vårt videre arbeid innen Task Force on Mapping å kunne basere dette på en database for tungmetaller for Norge

1. Innledning

Atmosfærisk langtransport av luftforurensninger kan på ulike måter føre til økt belastning av tungmetaller i innsjøer:

1. Nedfall av forsurende komponenter kan føre til økt frigjøring av metaller som finnes naturlig i berggrunn og jordsmonn i nedbørfeltet til innsjøen.
2. Metaller fra atmosfærisk nedfall kan tilføres sjøen direkte eller gjennom overflateavrenning fra nedbørfeltet.
3. Metaller som tidligere er akkumulert i de øvre lag av jordsmonnet fra atmosfærisk nedfall kan frigjøres og tilføres innsjøen via overflateavrenning og grunnvann.

Forsuring av innsjøer vil dessuten medføre at viktige prosesser som bidrar til fjerning av metaller fra vannkolonner blir mindre effektive. Dette gjelder særlig sorbsjon til sedimenterende partikler og kolloider.

De sørlige deler av Norge har i lang tid vært utsatt for atmosfærisk langtransport av forsurende komponenter og tungmetaller fra andre deler av Europa. Den regionale fordelingen av tungmetaller har vært kartlagt på forskjellige måter.

Kartlegging ved analyse av terrestrisk mose ble utført i 1977, 1985 og 1990 (Steinnes et al. 1992, 1994). Ved 1990-undersøkelsen ble mosedataene kalibrert mot depositionsdata fra nedbørmålinger med godt resultat. En ny kartlegging basert på mose-metoden ble gjennomført i 1995, som et ledd i SFT's program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør.

Et prosjekt gjennomført ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) og støttet av Norges forskningsråd's program "Tilførsler og virkninger av langtransporterte forurensninger" (TVLF) målte 48 tungmetaller i nedbør i perioden 1993-1995 (Berg et al. 1995).

Undersøkelser av jordsmonn viser at en rekke metaller er sterkt anriktet i de øverste sjikt av naturlig jordsmonn i de sørlige deler av Norge. I den mest utsatte sonen er konsentrasjonene av Pb, Cd, As, og Sb ca. 10 ganger høyere enn i områder lenger nord som mottar lite forurensning fra langtransporterte forurensninger (Allen og Steinnes, 1995, Steinnes et al. 1989a). Også andre metaller, f.eks. Zn er klart anriktet i de sørlige områdene. Tilsvarende gradienter er også påvist i vegetasjon (Berthelsen et al. in press) og plantespisende dyr (Frøslie et al. 1984, 1985).

En omfattende oversikt over tungmetaller i norske innsjøer på samme nivå som i nedbør og mose mangler og konsekvensene av atmosfærisk langtransport for tungmetallbelastning av våre innsjøer har vært lite undersøkt. En re-evaluering av data fra 165 innsjøer prøvetatt i 1974-75 viser en tydelig kobling mellom Zn-konsentrasjoner i vann og atmosfærisk nedfall (Steinnes og Henriksen 1993). Dette inntrykket forsterkes av data for Zn og Pb i et begrenset antall sjøer fra SFT's 1000-sjøers undersøkelse i 1986 (Steinnes et al. 1989b). Analyser av sedimentdata fra 132 innsjøer i Sør-Norge forsterker inntrykket av betydningen av atmosfærisk langtransport (Fjeld et al. 1994).

Høsten 1995 ble det gjennomført en ny regional innsjøundersøkelse som en del av SFT's program for overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Denne undersøkelsen ble koordinert med tilsvarende undersøkelser i Sverige, Finland, Kola, Scotland og Wales, og innsjøene er valgt statistisk etter samme utvalgsriterier for alle land (Henriksen et al. 1996). Det ble ikke budsjettert med midler for tungmetallanalyser i innsjøundersøkelsen. Det ble imidlertid samlet inn vannprøver for bestemmelse av tungmetaller og andre sporelementer samtidig med de øvrige prøvene i spesialflasker etter NILU's standardiserte rutine.

Denne rapporten presenterer dataene og gir en kortfattet oversikt over nivåer og regional fordeling av 52 metaller i norske innsjøer.

2. Metodikk

Innsjøene som er prøvetatt i denne undersøkelsen er valgt ut statistisk (Henriksen et al. 1996) fra NVE's innsjødatabase REGINE. Innsjøene er fordelt over hele landet med avtagende tetthet fra sør mot nord.

Ved utvalg av sjøer er Norge delt opp i tre regioner; Sør-Norge (kommune 100 - 1499), Midt-Norge (kommune 1500-1799) og Nord-Norge (kommune 1800-2099). Utvalgsprosenten er avtagende fra sør til nord, med ca 1 % av alle sjøer i Sør-Norge 0.75% i Midt-Norge og 0.5% i Nord-Norge. Innsjøene er videre inndelt i 5 størrelsesklasser (tabell 1).

2.1 Innsamling av vannprøver

Vannprøvene ble samlet inn kort etter høstsirkulasjonen i september-november hovedsakelig med helikopter (96% av sjøene). Prøvene ble tatt enten direkte i utløpet eller med en Ruttner-type vannhenter i helplast fra helikopteret og fylt direkte på 100 ml plastflasker spesialbehandlet for tungmetaller etter NILU's standard rutine (se nedenfor). Prøvetakingsmetoden sikret at mulighetene for kontaminering var minimale. Prøvene ble senere konserverert med 1.0 ml Merck Suprapur HNO₃ pr 100 ml prøve, som sikrer tilnærmet ubegrenset holdbarhet.

2.2 Analyse av metaller

Prøvene ble analysert med ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry) ved NILU for følgende 52 elementer:

Li, Be, B, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Rh, Pd, Ag, Cd, Sn, Sb, Ba, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Os, Ir, Pt, Tl, Pb, Bi, Th, U

Det ble benyttet et modell PQ2+ ICPMS-instrument fra Fisons Elemental, England. Instrumentet ble kjørt med standardbetingelser. Plasmaet og ioneoptikken ble optimalisert for maksimal følsomhet på ¹¹⁵In, samtidig som ioneoptikken ble tunet slik at følsomheten ble om lag lik for ioner i det lave masseområdet (⁵⁹Co) og det høye masseområdet (²³⁸U). Det ble benyttet en standard konsentrisk nebulizer med et vanlig double pass spraykammer og en standard torch fra leverandøren. Følsomheten for instrumentet lå i området 20 - 50 Mhz for ¹¹⁵In samtidig som bakgrunn ved masse 220 var under 20 Hz.

Analysen ble utført med såkalt prosedyre basert på scan, dvs. at hele massepektret fra masse 5 til 240 ble tatt opp. Isotopene som ble benyttet var de som er minst påvirket av interferenser av mulige matrix og bakgrunnsioner.

Tabell 1. Antall sjøer i de respektive størrelsesklassene fordelt på sør-, midt og nord-Norge og totalt, samt prosentvis utvalg i forhold til totalt antall sjøer i den respektive størrelsesklassen.

Størrelsesklasse	1	2	3	4	5	Total
Størrelse (km ²)	0.04-0.1	0.1-1	1-10	10-100	>100	
Sør-Norge	135	108	60	12	4	319
Komm. nr 100-1499						
Midt-Norge	22	31	9	1	2	65
Komm. nr. 1500-1799						
Nord-Norge	46	24	15	3	1	89
Komm.nr 1800-2099						
Total	203	163	84	16	7	473
% av total antall sjøer	1%	1%	4%	10%	100%	1.2%

Det ble benyttet element standarder av type Spectrascan levert av Teknolab AS, Drøbak. Til uavhengig kontroll ble det benyttet standarder fra SPEX Industries, N.J.; USA. Disse er kontrollert og sertifisert mot primære elementstandarder fra NIST i USA. Brukstandarder på 1, 10, 100, 1000 ng/ml var alle tilsatt intern standard av Sc, In og Re med konsentrasjon 10 ng/ml. Standarden ble tilsatt samme mengde syre som prøvene. Flaskene som ble benyttet til prøvetaking var av PE (Polyetylen). Før prøvetaking ble flaskene renset i et syrebad med 3 % HNO₃ i minimum 24 timer, deretter renset med demineralisert vann (18.2 Mohm fra et MilliQ-anlegg), hvoretter de ble fylt med demineralisert vann inntil prøvetaking. Ved prøvetaking ble vannet i flasken helt ut og prøven ble tatt uten forutgående skylling. Flasken ble korket og

oppbevart i kjølerom inntil konservering. Konservering ble foretatt med 1.0 ml Merck Suprapur HNO₃ pr 100 ml prøve. Før analyse med ICPMS ble det tatt ut 10 ml som ble tilsatt 100 µl av en intern standardløsning som inneholdt Sc, In, Re, slik at internstandardkonsentrasjonen i prøven ble 10 ng/ml (ppb).

All forbehandling av prøver, standarder samt analyse med ICPMS ble utført i NILUs renromslaboratorium. Dette er bygget ihht. kravene i USFS 208e for klasse 10 000 og 100 000 (partikler pr kubikkfot). I drift viste det seg at partikkelantallet i rommet lå godt under 1 000, noe som sikrer at all prøvebehandling foregikk i et forurensingsfritt laboratoriemiljø.

3. Resultater

De foreliggende resultatene baserer seg på en svært enkel gjennomgang av dataene og det taes forbehold om at enkelte av konklusjonene vil måtte modifieres ved en nøyere analyse av datamaterialet.

Basert på studier av sporelementer i mose og luft og nedbør har kan elementene klassifiseres etter hovedkilden (Berg, 1993) (elementer i parentes har sitt hovedbidrag fra en annen kilde):

Langtransporterte forurensning:

V, (Cu), Zn, Mo, Ag, Cd, Sb, (Ba) Tl, Pb, Bi;

Lokale kilder:

Co, Ni, Cr;

Støv:

Li, Al, (Ca), (V), Cr, Fe, (Co), Ga, Rb, (Sr), Y, Mn, Ba, La, Ga, Th, U;

Sjøsalter:

(Li), B, Na, Mg, Cl, Ca, Sr;

De elementene som er klassifisert under "støv" vil i stor grad være de samme som frigjøres ved forvitring. Det er sannsynlig at den samme klassifiseringen kan gjøres for vann.

Alle elementene vil i tillegg til sin hovedkilde ha en komponent av berggrunnsderivert opprinnelse, samt langtransportert opprinnelse.

Enkel statistisk nøkkelinformasjon, som minimums- og maksimumsverdier, samt 25%, 50% (medianverdien) og 75% percentilene for alle elementene som er med i denne undersøkelsen er presentert i tabell 2. Elementene er sortert etter økende atomnummer. Noen utvalgte elementer (Pb, Zn, Cd, Cr, Be og Tl) er plottet opp på Norgeskart for å vise den regionale fordelingen (figur 1-6).

Den regionale fordelingen av elementene viser at det er flere "hovedårsaker" til at elementer er forhøyet i enkelte regioner.

1. Endel elementer viser en klar nord-syd gradient, med avtagende konsentrasjoner fra sør mot nord. Det er først og fremst Mn, Zn, Cu, Pb, Ce, Nd, Ge, Y, Sn, Co, Sb og Cd. Årsaken til de høye konsentrasjonen i sør er mest sannsynlig forårsaket av langtransportert forurensning. I figur 1-3 er konsentrasjonen av Pb, Zn, og Cd i de undersøkte innsjøene plottet opp, og kartet viser klart avtagende nivåer fra sør mot nord.

2. Endel elementer viser høye konsentrasjoner i begrensede regioner og kan være forårsaket av lokale punktkilder. Cr og Ni i på Vestlandet i området rundt Hardangerfjorden er et eksempel på dette, men disse elementene kan også være forhøyet p.g.a. mineraliseringer i berggrunnen. I figur 4 er Cr konsentrasjoner i de undersøkte innsjøene plottet opp, og som man ser er det spesielt Rogaland og Hordaland som har innsjøer med noe forhøyet Cr og Ni, mens forhøyede nivåer også finnes i enkelte sjøer i Nord-Trøndelag og Nordland.

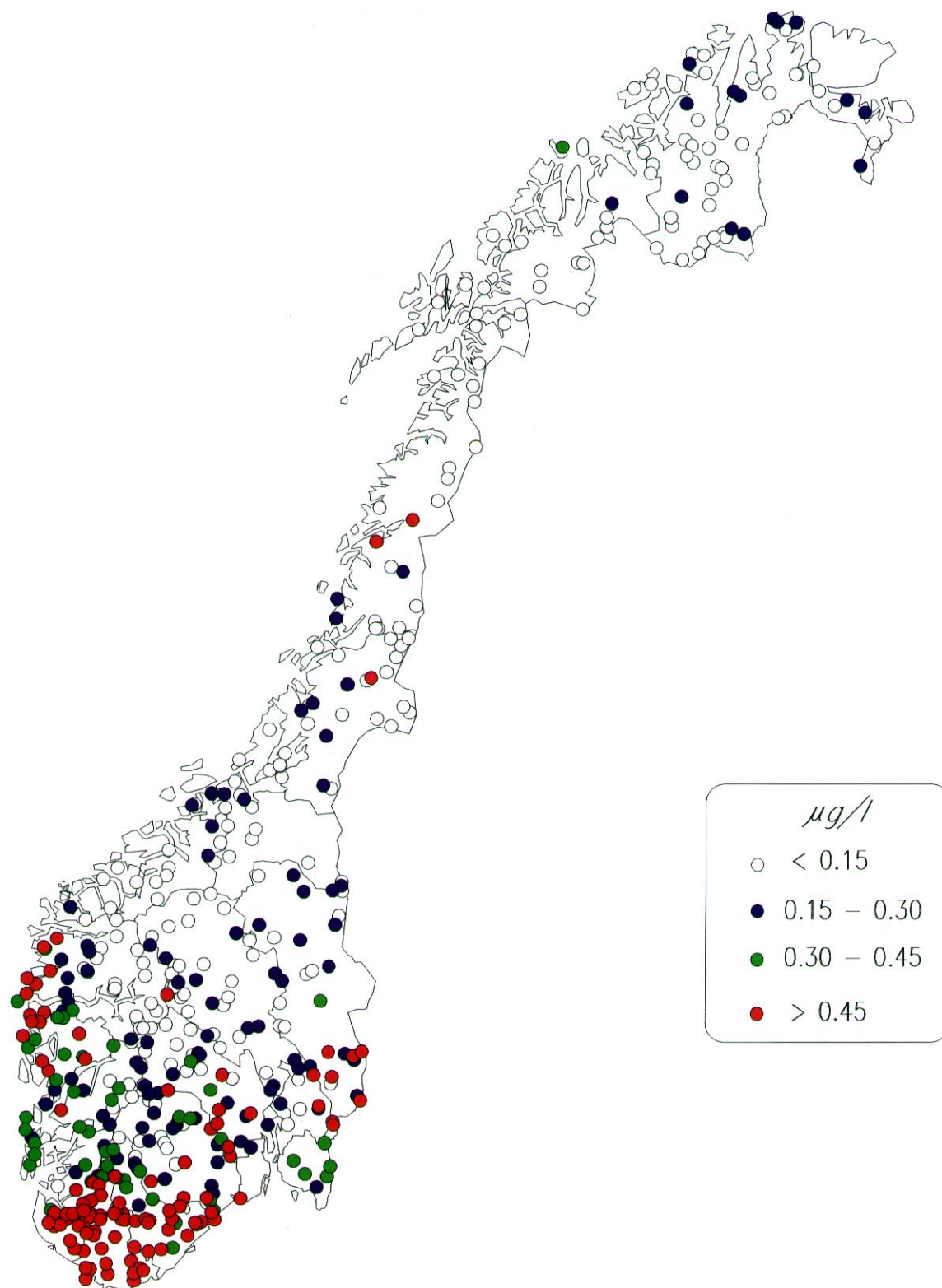
3. Forsuring kan føre til økt mobilisering av enkelte elementer. Det er f.eks. en kjent sak at Al og Fe øker kraftig med økende grad av forsuring. Det er å forvente at også enkelte andre elementer kan vise samme mobilisering. Et eksempel på dette er f.eks. Be (figur 5) og kanskje også tildels Tl (figur 6), selv om dette elementet også er langtransportert.

4. Endel elementer viser høye konsentrasjoner i spesielle områder hvor man kan anta at årsaken er kjemiske forhold i berggrunnen. Eksempler på dette er f.eks. sjeldne jordartselementer (Ce til Lu), U og Th.

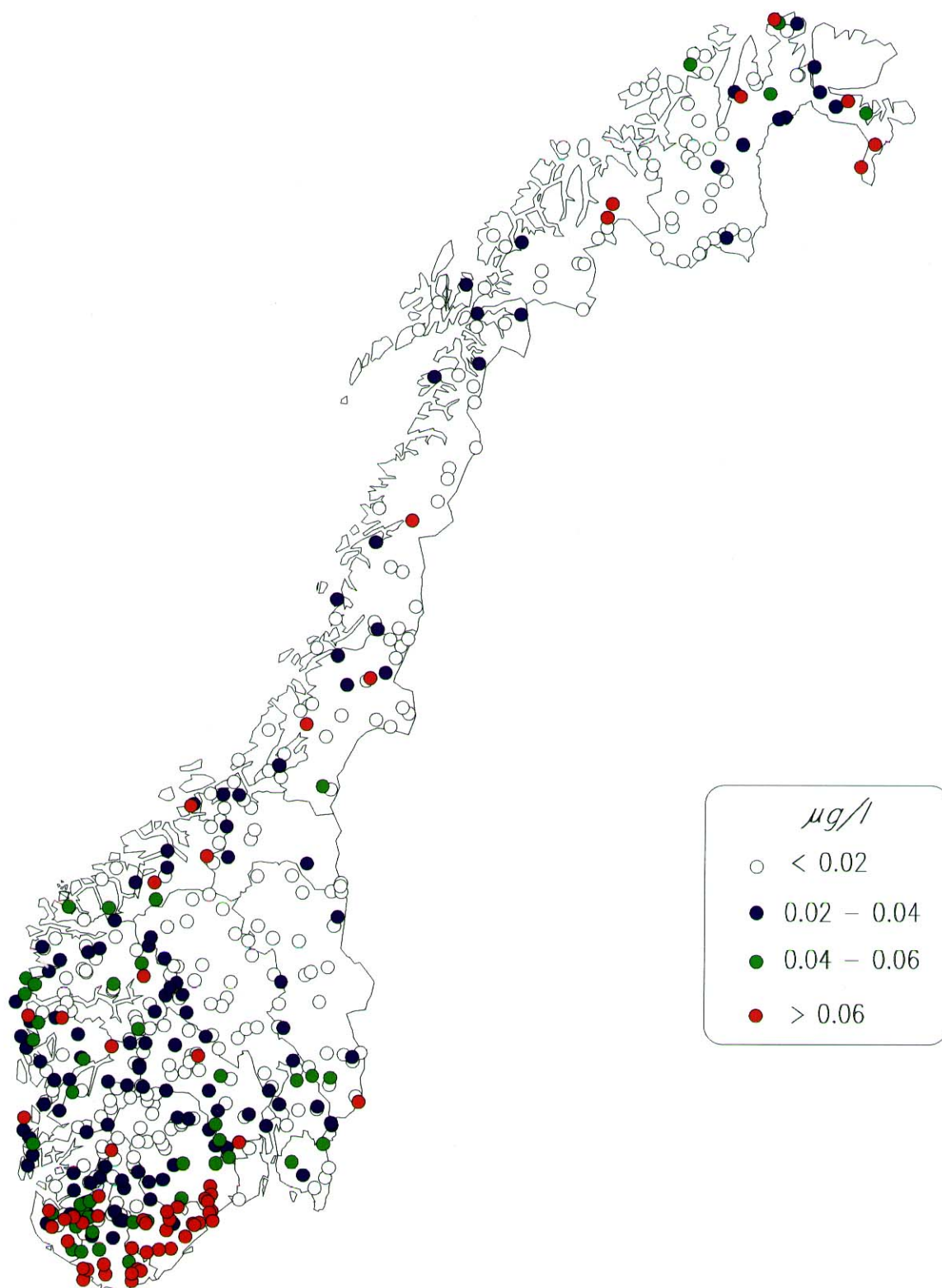
5. I kystnære områder utgjør elementer som finnes i sjøvann et viktig innslag, slik som B og Sr.

Tabell 2. Minimum- og maksimumsverdi, nedre kvartil, medianverdien og øvre kvartil (tilsvarende 25, 50 og 75 percentilen) for 54 elementer i 475 statistisk valgte norske innsjøer.

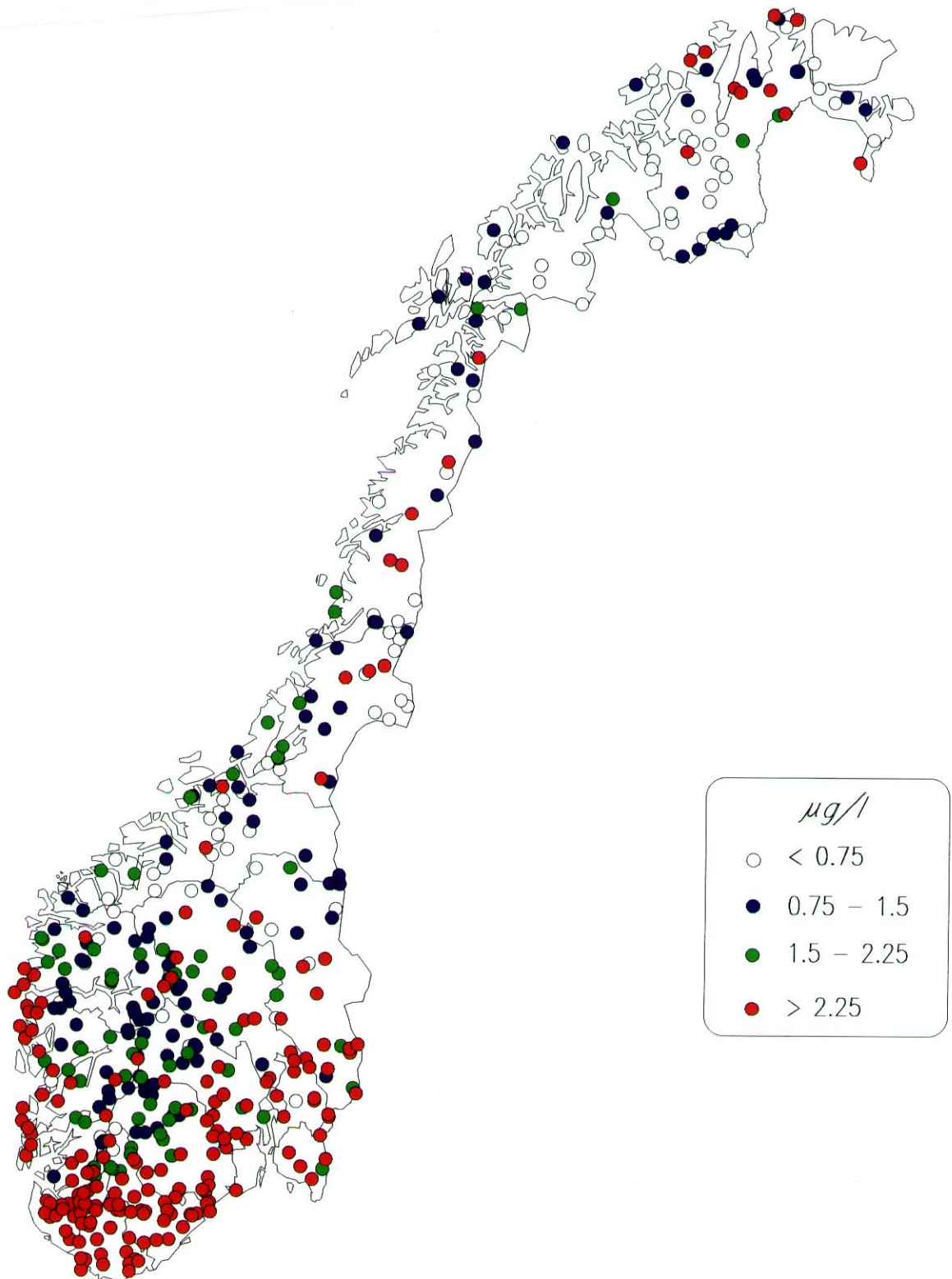
Element	Atom nr.	Konsentrasjon i µg/l					
		Minimum	Nedre kvartil	Median	Øvre kvartil	Maximum	
Li	Lithium	3	<0.01	0.095	0.17	0.298	134
Be	Beryllium	4	<0.01	<0.01	<0.01	0.019	1.34
B	Bor	5	<0.2	0.815	1.41	2.78	2513
Ti	Titan	22	<0.4	2.01	4.86	9.76	1220
V	Vanadium	23	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	2.43
Cr	Krom	24	<0.1	<0.1	<0.1	0.152	4.85
Mn	Mangan	25	<0.2	1.54	3.43	10.3	327
Fe	Jern	26	<15	18.9	60.7	155	7680
Co	Kobolt	27	<0.02	0.029	0.053	0.102	3.15
Ni	Nikkel	28	<0.1	0.2	0.328	0.523	4.82
Cu	Kobber	29	<0.2	0.277	0.413	0.608	37.7
Zn	Sink	30	<0.3	0.888	1.7	4.035	139
Ga	Gallium	31	<0.02	0.06	0.118	0.242	5.39
Ge	Germanium	32	<0.05	<0.05	0.1	0.204	7.18
Rb	Rubidium	37	0.052	0.294	0.49	0.959	71.1
Sr	Strontium	38	0.32	2.68	5.91	12.1	3861
Y	Yttrium	39	<0.003	0.044	0.093	0.221	2.7
Zr	Zirkonium	40	<0.015	<0.015	<0.015	0.021	0.464
Nb	Niob	41	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.254
Mo	Molybden	42	<0.04	<0.04	<0.04	0.1	6.95
Ru	Ruthenium	44	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.346
Rh	Rhodium	45	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.272
Pd	Palladium	46	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.162
Ag	Sølv	47	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.436
Cd	Kadmium	48	<0.02	<0.02	<0.02	0.038	0.255
Sn	Tinn	50	<0.04	<0.04	0.061	0.086	3.52
Sb	Antimon	51	<0.01	0.014	0.025	0.049	0.358
Ba	Barium	56	0.11	1.59	3.08	6.29	147
Ce	Cerium	58	0.007	0.094	0.212	0.488	4.52
Pr	Praseodym	59	<0.003	0.017	0.038	0.082	0.703
Nd	Neodym	60	<0.01	0.067	0.152	0.334	2.5
Sm	Samarium	62	<0.015	<0.015	0.03	0.061	0.535
Eu	Europium	63	<0.004	<0.004	0.005	0.01	0.062
Gd	Gadolinium	64	<0.015	<0.015	0.026	0.06	0.5
Tb	Terbium	65	<0.002	<0.002	0.003	0.008	0.089
Dy	Dysprosium	66	<0.01	<0.01	0.018	0.045	0.43
Ho	Holmium	67	<0.002	<0.002	0.003	0.008	0.07
Er	Erbium	68	<0.004	0.004	0.01	0.024	0.286
Tm	Thulium	69	<0.003	<0.003	<0.003	0.003	0.053
Yb	Ytterbium	70	<0.006	<0.006	0.009	0.021	0.271
Lu	Lutetium	71	<0.002	<0.002	<0.002	0.004	0.19
Hf	Hafnium	72	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Ta	Tantal	73	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.036
W	Wolfram	74	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.653
Os	Osmium	76	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.948
Ir	Iridium	77	<0.006	<0.006	<0.006	<0.006	0.011
Pt	Platina	78	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.021
Tl	Tellur	81	<0.006	<0.006	<0.006	0.009	0.046
Pb	Bly	82	<0.03	0.086	0.18	0.421	14.8
Bi	Vismut	83	<0.02	<0.02	<0.02	0.032	3.62
Th	Thorium	90	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	0.131
U	Uran	92	<0.004	0.014	0.041	0.101	2.22



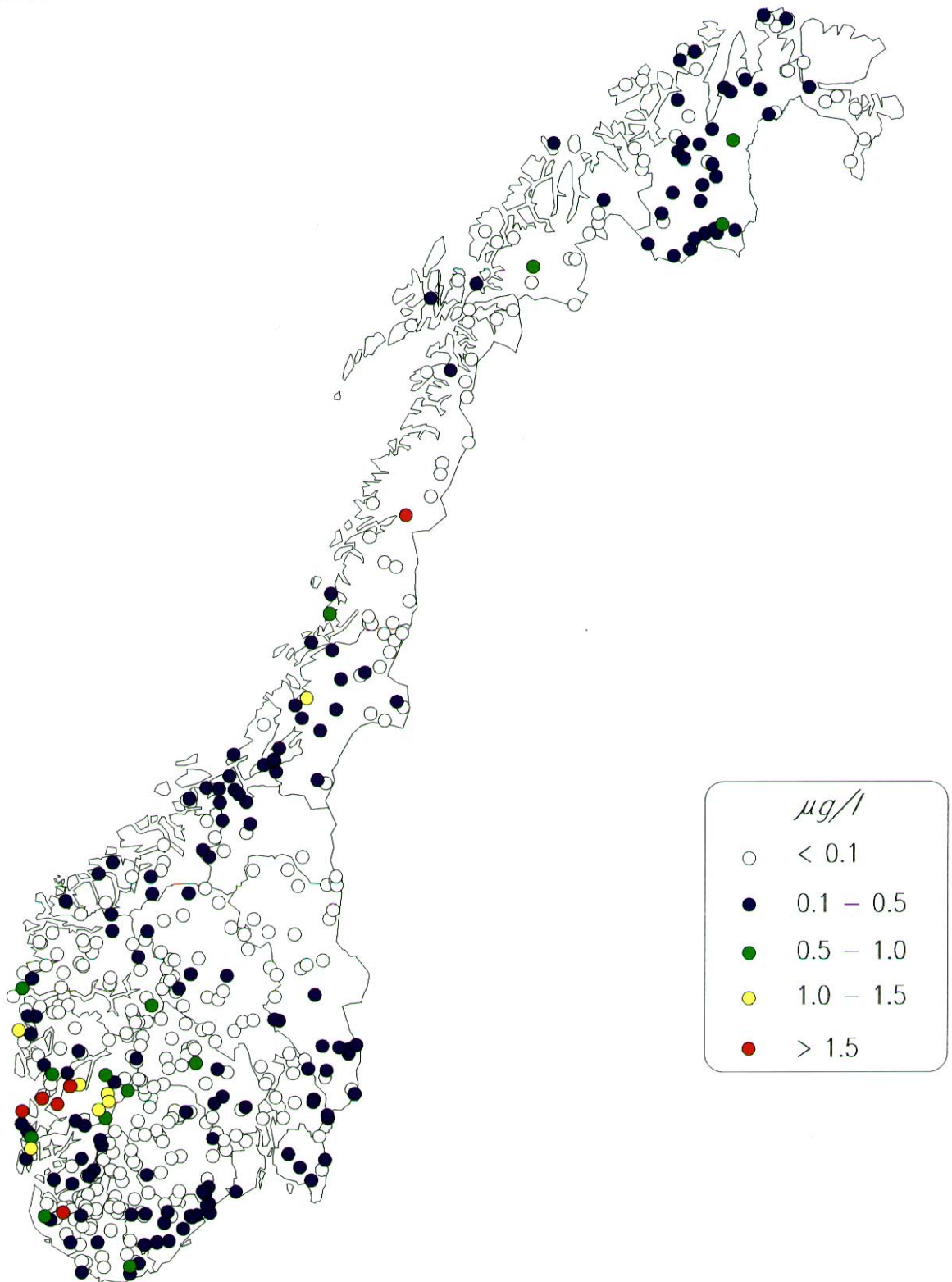
Figur 1. Konsentrasjonsnivåer av bly (Pb) i 473 statistisk valgte norske innsjøer



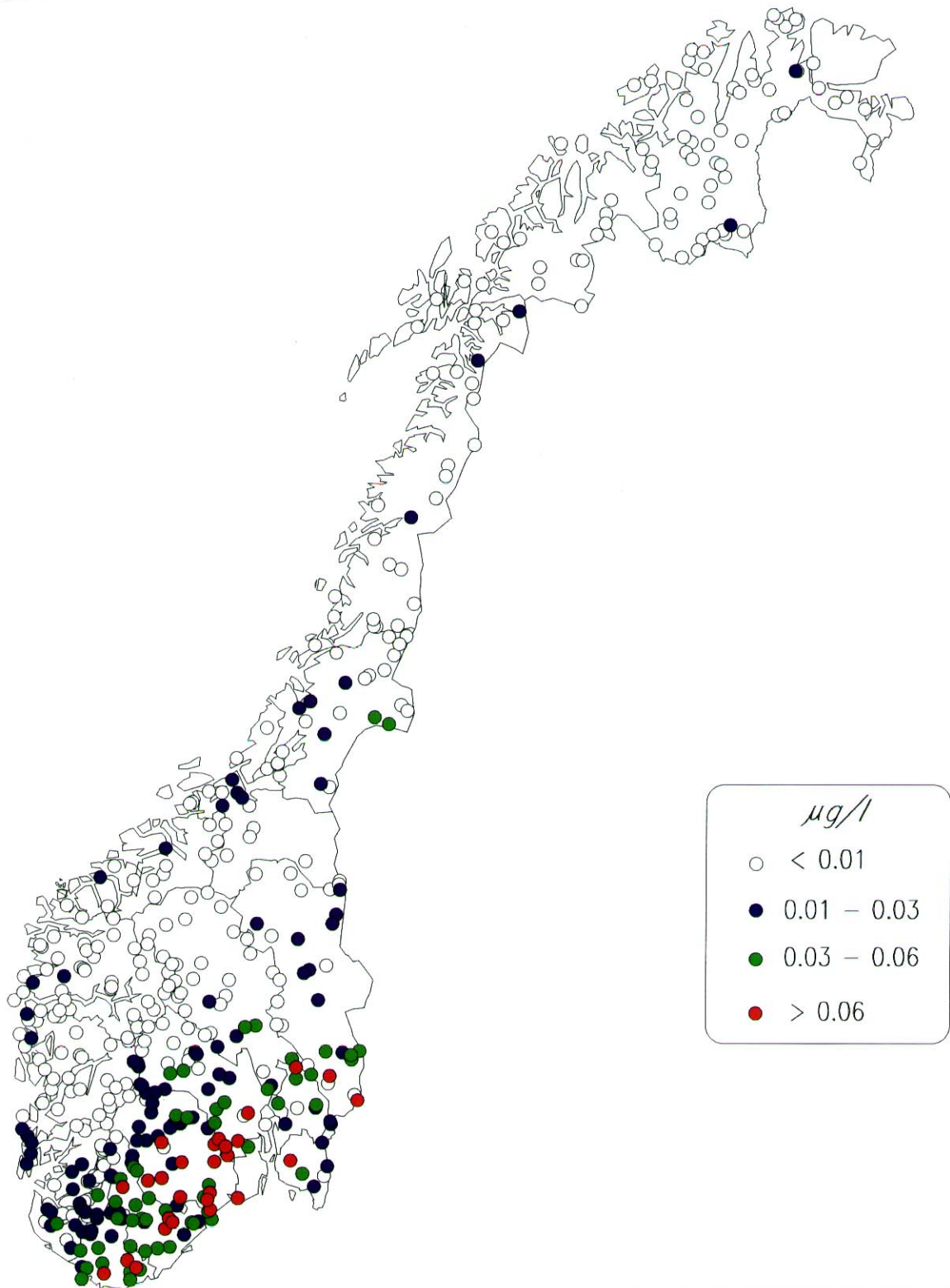
Figur 2. Fordelingen av kadmium (Cd) i 473 statistisk valgte norske innsjøer .



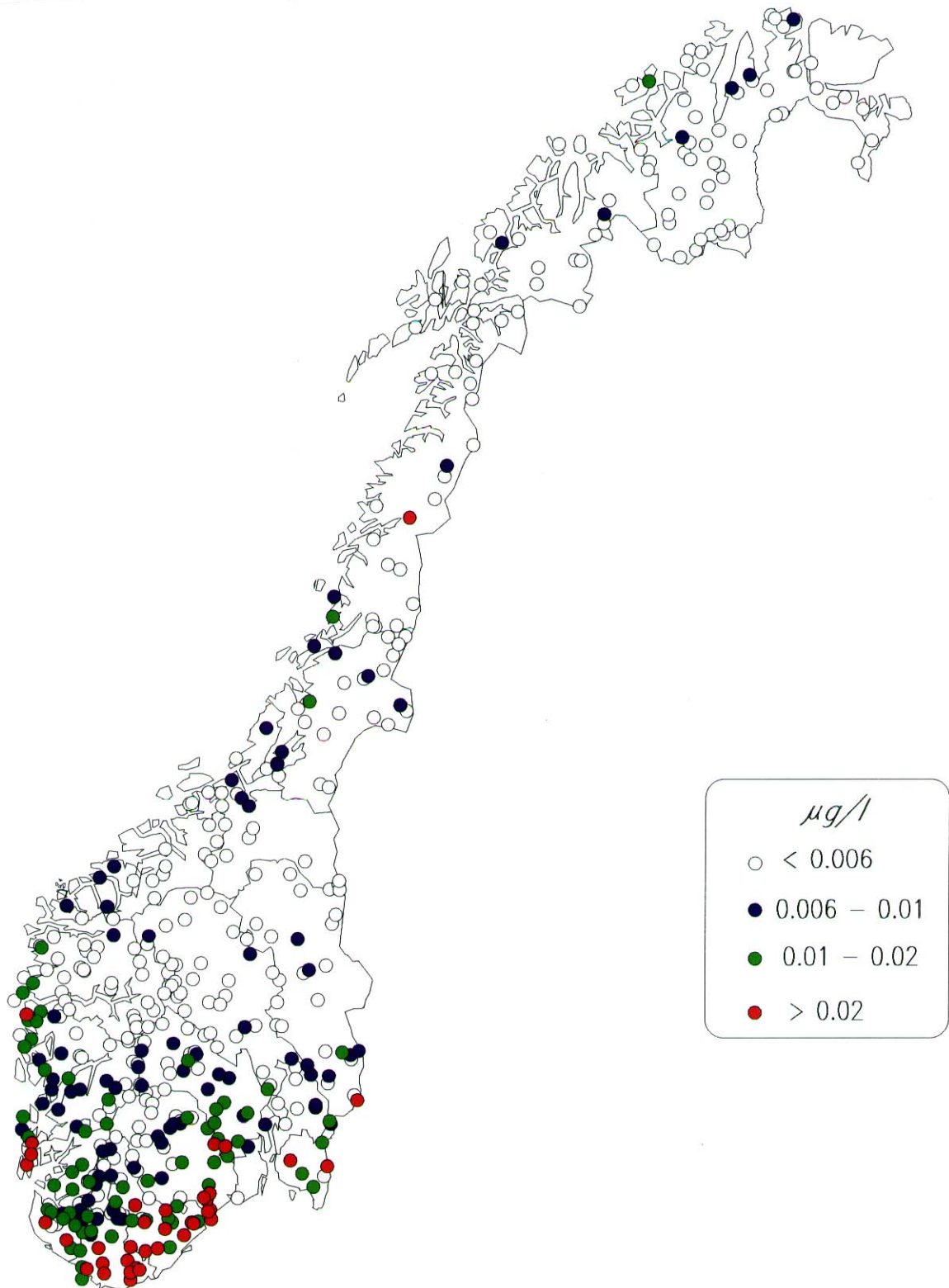
Figur 3. Fordelingen av sink (Zn) i 473 statistisk valgte norske innsjøer.



Figur 4. Fordelingen av krom (Cr) i 473 statistisk valgte norske innsjøer.



Figur 5. Fordelingen av beryllium (Be) i 473 statistisk valgte norske innsjøer.



Figur 6. Fordelingen av thallium (Tl) i 473 statistisk valgte norske innsjøer.

4. Konklusjoner og videre arbeid

Dette prosjektets mål var å kartlegge nivåer av 52 spormetaller i 473 statistisk valgte norske innsjøer. Resultatene gir oss informasjon om en rekke sporelementer som vi til nå ikke har hatt kjennskap til, eller hvor vi har hatt informasjon fra et mindre utvalg av innsjøer. Datamaterialet er derfor helt unikt og gir grunnlag for å si noe om nivåer og regional fordeling i norske innsjøer av alle de analyserte elementene, deriblant alle tungmetallene, samt andre giftige elementer som f.eks. Be. Dataene gir en basislinje for konsentrasjonsnivåer som vil være viktig å ha i fremtidige undersøkelser av de samme elementene for å se om forurensning og miljøpåvirkninger bidrar til å endre konsentrasjonene.

Det foreligger gode oversikter over tungmetallinnholdet i mose og nedbør og det er nå anledning til å se tungmetalldata for nedbør, mose, jord og innsjøer i sammenheng. Gjennom PARCOM analyseres sporelementer fra elver i hele Norge. Disse dataene er ikke rapportert, men finnes tilgjengelig på NIVA og kan derfor også eventuelt innarbeides i et slikt prosjekt (PARCOM, Holtan et al. 1995). På dette grunnlaget bør det være mulig å dra relativt sikre konklusjoner om betydningen av atmosfærisk langtransport for metallstatus i norske innsjøer.

For å analysere et så stort datamateriale m.h.p. sammenhenger må man bruke statistiske metoder. Vi har nå analysert vannprøver fra 473 innsjøer. Vi har imidlertid i tillegg vannprøver fra tilsammen 1000 statistisk utvalgte innsjøer samt 500 som er valgt ut på spesielt forsursfølsom berggrunn. Ved å analysere de resterende 1000 vannprøvene vil vi kunne få resultater med langt sterkere statistisk utsagnskraft enn med de foreliggende analysene. De aller fleste sjøene i Sverige, Finland og Scotland vil også bli analysert for metaller med ICP-MS. Det vil derfor i løpet av året foreligge slike data for et stort område i Europa, der ferskvann er en meget sensitiv reseptor for langtransporterte forurensninger.

På den 7 CCE Workshop on Critical Loads and Levels i regi av Task Force on Mapping i Budapest i mars 1996 kom tålegrenser for tungmetaller opp som et fremtidig felt der tålegrenseprinsippet vurderes anvendt. Den første internasjonale workshop om tålegrenser for tungmetaller vil bli holdt i Berlin i 1997. Det vil derfor være viktig for vårt videre arbeid innen Task Force on Mapping å kunne basere dette på en stor database for tungmetaller for Norge.

5. Referanser

- Allen R.O. og Steinnes, E. 1980. Contribution from long-range atmospheric transport to the heavy metal pollution of surface soil. I: D. Drabløs og A. Tollan (red.): *Ecological Impact of Acid Precipitation*, pp. 102-103, Oslo-Ås.
- Berg, T. 1993. Atmospheric trace element deposition in Norway studied by ICP-MS. Dr.scient oppgave Universitet i Trondheim, AVH 1993.
- Berg, T. Røyset O. E. Steinnes og Vadset, M. 1994. Atmospheric trace element deposition: Principal component analysis of ICP-MS data from moss samples. *Environ. Pollut.* 88, 67-77.
- Berg, T., O. Røyset og E. Steinnes. 1995 Moss (*Hylocomium splendens*) used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: Estimation of uptake efficiencies. *Atmos. Environ.* 29, 33-360.
- Berthelsen, B.O. Steinnes, E. Solberg, W. og Jingsen, L. 1996. Heavy metal concentrations in plants in relation to heavy metal deposition. *J. EnvironQual.*, in press.
- Fjeld, E. Rognerud, S. og Steinnes, E. 1994. Influence of environmental factors on heavy metal concentrations in lake sediments in southern Norway indicated by path analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 51, 1708-1720.
- Frøslie, A. Norheim, G. Rambæk, J.P. og Steinnes, E. 1984. Levels of trace elements in live from Norwegian moose, reindeer and red deer in relation to atmospheric deposition. *Acta Vet. S.* 25, 333-345 (1984).
- Frøslie, A. Norheim, G. Rambæk J.P. og Steinnes, E. 1985. Heavy metals in lamb liver: Contribution from atmospheric fallout. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 34, 175-82.
- Holtan, G. Berge, D. Holtan, H. og Hopen, T. 1994. Paris Convention - Annual Report on direct and riverine inputs to Norwegian coastal waters during the year 1993. Statens Forurensningstilsyn TA-1130/1994.
- Henriksen, A, Skjelkvåle, B.L. Lien, L., Traaen, T.S Mannio, J. Forsius, M. Kämäri, J. Mäkinen, I. Berntell, A. Wiederholm, T. Wilander, A. Moiseenko, P. Lozovik, P. Filatov, N. Niinioja, R. Harrimann, R. og Jensen, J.P. 1996. Regional Lake Survey in Finland - Norway - Sweden - Northern Kola - Russian Karelia - Scotland - Wales 1995. Coordination and Design. NIVA-rapport 3420-1996.
- Steinnes, E. Solberg, W. Petersen, H.M og Wren C.D. 1989a. Heavy metal pollution by long range atmospheric transport in natural soils of Southern Norway. *Water, Air, Soil Pollut.* 45, 207-218.
- Steinnes, E. Hovind, H. og Henriksen, A. 1989b. Heavy metals in Norwegian surface waters, with emphasis on acidification and atmospheric deposition. I: (C. Mouvel, red.) *Heavy Metals in the Environment*, Geneva, September 1989, Vol. 1, pp. 36-39.
- Steinnes, E. Rambæk, J.P. og Hanssen, J.E. 1992. Large scale multi-element survey of atmospheric deposition using naturally growing moss as biomonitor." *Chemosphere*, 35, 735-752.
- Steinnes, E og Henriksen, A. 1993. Metals in small Norwegian Lakes: Relation to atmospheric deposition of pollutants. *Water Air Soil Poll.* 71, 167-174.
- Steinnes, E. Hanssen, J.E. Rambæk J.P. og Vogt N.B. 1994. Atmospheric deposition of trace elements in Norway: Temporal and spatial trends. *Water, Air, Soil Pollut.* 74, 121-140.

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3457-96

ISBN 82-577-2994-9S