



**KLIMA- OG  
FORURENSNINGS-  
DIREKTORATET**

Statlig program for forurensningsovervåking  
Rapportnr. 1109/2011

**Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge**  
Landsomfattende undersøkelse i 2010

TA  
2859  
2011

Utført av





KLIMA- OG  
FORURENSNINGS-  
DIREKTORATET

**Statlig program for forurensningsovervåking:**

SPFO-rapport: 1109/2011

TA-2859/2011

ISBN 978-82-425-2456-0 (trykt)

ISBN 978-82-425-2457-7 (elektronisk)

Oppdragsgiver: Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)

Utførende institusjon: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU)

**Atmosfærisk nedfall av  
tungmetaller i Norge**

Rapport  
1109/2011

Landsomfattende undersøkelse i 2010

 **NTNU**  
Det skapende universitet



Forfattere: Eiliv Steinnes, Torunn Berg (NTNU), Hilde Thelle Uggerud og  
Katrine Aspmo Pfaffhuber (NILU)

NILU prosjektnr.: O-110095

NILU rapportnr.: OR 60/2011



## **Forord**

Denne rapporten presenterer en sammenfatning av de viktigste resultatene fra den femte landsomfattende kartleggingen av atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Rapporten er basert på moseprøver innsamlet fra 464 lokaliteter sommeren 2010, og dekker hele Norges fastland.

Professor Eiliv Steinnes, Institutt for kjemi, NTNU har vært ansvarlig for innsamling og preparering av prøver. De kjemiske analysene er utført av Hilde Thelle Uggerud og Katrine Aspmo Pfaffhuber ved NILU. Rapporten er i hovedsak utarbeidet av Eiliv Steinnes.

Kjeller, november 2011

Hilde Thelle Uggerud  
Seniorforsker



## Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>English summary</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Innledning</b> .....	<b>9</b>
<b>2. Praktisk gjennomføring av undersøkelsen</b> .....	<b>10</b>
2.1 Prøvetaking .....	10
2.2 Analyser .....	10
<b>3. Resultater</b> .....	<b>11</b>
<b>4. Diskusjon</b> .....	<b>12</b>
4.1 Generelle trekk .....	12
4.2 Diskusjon av stoffer som klart kan relateres til luftforurensning.....	13
4.2.1 Vanadium (V) .....	13
4.2.2 Krom (Cr).....	13
4.2.3 Jern (Fe) .....	13
4.2.4 Kobolt (Co) .....	13
4.2.5 Nikkel (Ni) .....	13
4.2.6 Kopper (Cu) .....	14
4.2.7 Sink (Zn) .....	14
4.2.8 Arsen (As).....	14
4.2.9 Kadmium (Cd) .....	14
4.2.10 Antimon (Sb).....	14
4.2.11 Kvikksølv (Hg) .....	14
4.2.12 Bly (Pb).....	14
4.2.13 Andre grunnstoffer .....	14
4.3 Utvikling fra 2005 til 2010.....	14
<b>5. Etterord</b> .....	<b>16</b>
<b>6. Litteratur</b> .....	<b>17</b>
<b>Vedlegg A</b> .....	<b>21</b>





## Sammendrag

Den geografiske fordelingen av atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge er kartlagt i 2010 ved analyse av prøver av etasjemose innsamlet fra 464 lokaliteter fordelt over landet. Denne rapporten gir en presentasjon av resultatene samt en sammenlikning med resultater fra en tilsvarende serie av tidligere undersøkelser siden 1977. Undersøkelsen inngår i et internasjonalt program som omfatter store deler av Europa. De kjemiske analysene er i alt vesentlig utført ved ICP-MS, og kvaliteten av analysedata er kontrollert ved analyse av internasjonale referansematerialer.

Undersøkelsen gjelder i første rekke de ti metallene vanadium, krom, jern, nikkel, kopper, sink, arsen, kadmium, kvikksølv og bly som er prioritert i det europeiske programmet. I tillegg rapporteres data for ytterligere 42 grunnstoffer i mosen. Diskusjonen av de enkelte undersøkte stoffene gjelder i første rekke bidrag fra luftforurensning, men omfatter også en vurdering av eventuelle bidrag fra naturlige kilder til innhold i mosen, og hvordan bidrag fra disse kildene kan innvirke på tolkningen av resultatene.

Atmosfærisk transport fra andre deler av Europa er fremdeles en betydelig kilde til nedfall av de prioriterte metallene vanadium, sink, arsen, kadmium og bly i Norge. Det samme gjelder også molybden, sølv, tinn, antimon, thallium og vismut. Nivåene av disse elementene i de mest berørte områdene er fremdeles svakt nedadgående, men nedgangen fra 2005 til 2010 er lite markert. Nedgangen over tid har vært særlig stor for bly, der nedfallet på Sørlandet fra atmosfærisk langtransport nå er bare ca. 6 % av hva det var ved den første landsomfattende nedfallsundersøkelsen i 1977. Nedfall av kopper og nikkel i Øst-Finnmark fra smelteverk i Russland har vist en jevnt økende tendens i perioden 1977-2005, og verdiene fra undersøkelsen i 2010 er på samme nivå som i 2005. Flere steder registreres stadig nedfall fra lokale norske kilder, som f.eks. krom og jern i Mo i Rana samt sink og kadmium i Odda.



## **English summary**

The geographical distribution of atmospheric deposition of heavy metals in Norway was mapped in 2010 by analysis of moss samples from 464 sites all over the country. This report provides a presentation of the results and a comparison with data from a series of corresponding moss surveys starting 1977. The survey is part of an international program comprising large parts of Europe. The chemical analyses were predominantly performed by ICP-MS, and the quality of data was controlled by simultaneous analysis of international analytical reference samples.

The survey primarily concerns the ten metals of priority in the European program: vanadium, chromium, iron, nickel, copper, zinc, arsenic, cadmium, mercury, and lead. In addition data are reported for another 42 elements in the moss. The discussion of the obtained data mainly refers to contributions from air pollution. In addition influence from natural processes to the elemental composition of the moss and how it may influence the interpretation of the data is discussed.

Atmospheric transport from other parts of Europe is still a significant source of deposition of the priority elements vanadium, zinc, arsenic, cadmium, and lead in Norway. The same is the case for molybdenum, silver, tin, antimony, thallium, and bismuth. Levels of these elements in the most affected areas are still decreasing, but only slightly from 2005 to 2010. The decline over time has been particularly steep for lead, where the present level in the far south is only about 6% of the 1977 value. Deposition of copper and nickel in eastern Finnmark due to emissions from Russian smelters has shown a steady increase during the period 1977-2005, and the 2010 values are still at the 2005 level. At some domestic sites deposition from local industries is still evident, such as chromium and iron at Mo i Rana and zinc and cadmium at Odda.



## 1. Innledning

Prøvetaking og analyse av terrestrisk mose er en vel etablert teknikk til å studere nedfall av sporelementer fra atmosfæren i stor geografisk skala. Landsomfattende kartlegginger av denne typen i Norge er tidligere utført i 1977 (1,2), 1985 (3,4), 1990 (5,6), 1995 (7,8), 2000 (9) og 2005 (10). Dette inngår som en del av Statlig program for forurensningsovervåking, og er dessuten del av en internasjonal kartleggingsvirksomhet der moseprøver innsamles og analyseres i en rekke land i Europa (11-16) på tilsvarende måte som i den foreliggende undersøkelsen. Koordineringen av dette arbeidet skjer i regi av ICP Vegetation, et internasjonalt overvåkingsprogram under United Nations Economic Commission for Europe (UN ECE). I 2010-2011 deltar mer enn 20 land i dette arbeidet.

Basis for denne teknikken er at moser generelt mangler røtter 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 fordi elementene er sterkt oppkonsentrert fra den lufta eller nedbøren de stammer fra, er denne teknikken særlig godt egnet for nedfallsundersøkelser i stor geografisk skala.

Normalt gir mosemetodikken et relativt bilde av nedfallfordelingen. Kalibrering av konsentrasjonsdata for metaller i mose med nedbørprøver tatt i samme tidsperiode ved et betydelig antall stasjoner i Norge (17,18) gjør det imidlertid nå mulig å konvertere data fra denne type moseundersøkelser til nedfall pr. areal- og tidsenhet for et flertall av de viktigste tungmetallene denne rapporten omhandler.

Den arten som brukes ved nedfallsundersøkelsene i Norge er bladmosen *Hylocomium splendens* (etasjemose) som vokser på bakken, er enkel å gjenkjenne og har en lett identifiserbar årlig tilvekst. Arten er enkel å finne på de fleste steder i Norge .

## 2. Praktisk gjennomføring av undersøkelsen

### 2.1 Prøvetaking

Prøvene ble tatt minst 300 meter fra hovedveier og tett befolkede områder, og minst 100 meter fra lokal vei, enkeltstående hus eller dyrka mark. På hver lokalitet ble 5-10 delprøver tatt innenfor et område på ca. 50X50 meter og samlet i en 2-liters papirpose. Det ble brukt engangshansker av polyeten både ved prøvetaking og ved videre bearbeiding av prøvene. Det ble så vidt mulig unngått å ta mose som vokser under trær og busker. Koordinatene på hver prøvelokalitet ble registrert med GPS.

I laboratoriet ble papirposene med mosen tørket på benk ved romtemperatur. Deretter ble prøvene rensket for hånd, og årets tilvekst av *Hylocomium splendens* (som regel beskjeden) samt årsskuddene fra de tre foregående år ble skilt ut for analyse.

Prøvene ble innsamlet i perioden 20.4.–5.9.2010 fra 464 lokaliteter innenfor et landsdekkende nett som vist i Fig. 1. Prøvenettet i 2010 er det samme som er brukt ved alle kartlegginger siden 1995.

### 2.2 Analyser

Mosene ble oppsluttet ved hjelp av mikrobølgeteknikk. Tørr mose (0,4-0,5g) ble nøyaktig innveid og tilsatt HNO<sub>3</sub> (5 ml suprapur). Følgende temperaturprogram for mikrobølgeovn ble benyttet: 20-50°C i løpet av 5 min, 50-220°C i løpet av 17 min. og deretter 220°C i 20 min. Etter avkjøling ble prøveløsningen fortynnet til 50 ml. 0,4 ml av denne prøveløsningen ble fortynnet til 10 ml etter tilsetning av 100 µL 100 ppb Re som intern standard.

Prøveløsningene ble analysert ved hjelp av høyoppløsende induktivt koplet plasma massespektrometri (ICP-HRMS). Instrumentet som ble brukt er et ELEMENT2 fra Thermo Fischer Scientific, Bremen. Alle standarder og blindprøver for kalibrering inneholdt 1ppb Re i 1% (v/v) HNO<sub>3</sub>.

På denne måten ble det oppnådd tilfredsstillende data for 53 elementer, inklusive 9 av de 10 tungmetallene som er prioritert i programmet. For bestemmelse av Hg ble en andel av løsningen tilsatt BrCl for stabilisering, og analysene ble utført ved atomfluorescensspektrometri.

Kvalitetskontroll ble tatt hånd om ved analyse av en referanseprøve av mose, M-3 (19), der det forelå anbefalte verdier for samtlige 10 prioriterte metaller så vel som et flertall av de øvrige rapporterte elementene. Resultater for denne prøven, er sammenliknet med anbefalte referanseverdier i Tabell 1, og viser stort sett godt samsvar med referanseverdiene i de tilfeller der slike finnes.

### **3. Resultater**

I tillegg til data for de 10 prioriterte grunnstoffene (V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Hg, Pb) presenteres resultater for ytterligere 42 grunnstoffer som kommer ut ved analysene. Ikke alle disse stoffene forekommer i mosen på grunn av atmosfærisk nedfall (20), men noen av dem gjør det, og de fleste grunnstoffene er nevnt i diskusjonen.

Medianverdier, aritmetiske middeler verdier og konsentrasjonsområder for de 51 grunnstoffene er gitt i Tabell 2. I Tabell 3 er medianverdiene for 2010 sammenliknet med tilsvarende verdier fra de tidligere landsomfattende moseundersøkelsene. Fargekart som viser den geografiske fordelingen av de 10 prioriterte grunnstoffene er gitt i Fig. 2-9 og Fig. 11-12, der de er sammenliknet med tilsvarende kart fra tidligere undersøkelser. Dessuten er det vist tilsvarende kart (Fig. 10) for Sb, den kanskje aller mest typiske eksponenten blant metallene for langtransport av aerosoler i luft.

## 4. Diskusjon

### 4.1 Generelle trekk

Ved diskusjon av analysedata for grunnstoff i mose i relasjon til atmosfærisk nedfall er det viktig å merke seg at det ikke bare er nedfall av luftforurensninger fra lokale kilder og atmosfærisk langtransport som bestemmer sammensetningen i mosen (21). Følgende kilder er også av betydning:

- Naturlige kretsløpsprosesser, særlig atmosfærisk langtransport av stoffer fra det marine miljø.
- Opptak i høyere planter gjennom rotsystemet, og overføring til mosen gjennom strøfall eller ved utvasking fra levende og dødt plantevev.
- Mineralpartikler, hovedsakelig frigjort til luft ved vinderosjon av lokalt jordsmonn m.m.
- Opptak fra grunnen i perioder hvor jordoverflaten er dekket med vann.

Dette betyr at det alltid vil være et vist bakgrunnsnivå i mosen for samtlige grunnstoffer som forekommer i naturen, og dette vil kunne variere fra sted til sted avhengig av de prosessene som er nevnt ovenfor. På tross av dette er det enkelt å identifisere trekk i materialet som åpenbart må ha med luftforurensning å gjøre. Det er f.eks. klart (1-8) at de relativt sett høyere nivåene i de sørligste delene av Norge for metaller som V, Zn, As, Cd, Sb og Pb i hovedsak har sammenheng med atmosfærisk transport fra andre deler av Europa, jfr. Fig. 2, 7, 8, 9, 10 og 12. Denne tendensen er også temmelig klar for andre grunnstoffer (Mo, Ag, Tl, Bi) som ikke er vist i figurform her. Den klare nedgangen som tidligere er registrert for alle disse stoffene er imidlertid mindre tydelig etter 2000. Også for Hg skyldes innholdet i mose sannsynligvis i all hovedsak luftforurensning (22), men her er nedfallet mer jevnt fordelt over landet, og indikerer et betydelig bidrag fra Hg<sup>0</sup>, der konsentrasjonen i luft er jevnt fordelt over den nordlige halvkule. I samsvar med dette har nivået av Hg i mose (Fig. 11) avtatt relativt lite over tid. Grunnstoffer der fordelingen er sterkt preget av nedfall fra punktkilder er Cr, Ni og Cu, og i noe mindre grad V, Fe, Co, Zn, Ga, As, Cd, Hg, Tl og Bi.

For mange av grunnstoffene kan det også spores klare sammenhenger med mekanismer uten tilknytning til forurensning. Grunnstoffer som Mg og Sr viser geografiske mønstre i mosen som klart peker i retning av bidrag fra det marine miljø. Tilførsel til mosen via høyere planters opptak og utskillelse, og i visse perioder muligens direkte fra jordvæsken (23), er helt dominerende for Mn. Det gjør seg også klart gjeldende for Mg, Ca, Zn, Rb og Cs. I tillegg spiller dette en viss rolle for Cu, og muligens også for Cd. Bidrag fra lokalt mineralmateriale (vinderosjon etc.) er tidligere antatt å være en dominerende forklaringsfaktor for Li, Al, Y, lantanoider, Th, U og utenfor områder sterkt preget av lokale forurensningsutslipp også for V, Cr, Fe og Co (6). Denne faktoren er sannsynligvis også dominerende for de fleste stoffene som ikke er nevnt ovenfor (Be, Ti, Zr, Nb, Hf, Ta, W).

I 2010-undersøkelsen er S tatt med for første gang. Fordelingen i mose viser ingen klar tendens til høyere verdier i de områdene som har vært mest utsatt for atmosfærisk langtransport, og heller ikke langs kysten lenger nord som mottar betydelige mengder sulfat av marin opprinnelse. De gjennomgående høyeste nivåene for S finnes i områdene rundt indre Oslofjord, og kan muligens ha sammenheng med utslipp av SO<sub>2</sub> fra svovelholdig fyringsolje.

Det er grunn til å merke seg at nivåene i mosen av noen av de stoffene som er antatt å stamme fra lokale jordpartikler (f.eks. Al) også har avtatt jevnt og trutt i Norge i løpet av de over 30 år



moseundersøkelsene har pågått, jfr. Tabell 3, mens de stoffene som presumptivt tilføres hovedsakelig via høyere planter (Mg, Ca, Mn, Rb) ikke har avtatt tilsvarende. Dette kan tyde på at den førstnevnte gruppen av grunnstoff også har andre kilder enn lokal geokjemi, f.eks. langtransport av flygeaske fra kullforbrenning m.m. En tilsvarende nedgang over tid er vist for Fe i svenske moseundersøkelser (24).

Det er gjort en sammenlikning av et antall moseprøver prøver tatt i 1977 og 2005 fra tre lokaliteter på Sørlandet (25). På disse prøvene ble det utført elektronmikroskopi kombinert med røntgen mikroanalyse. Resultatene fra analysene viser forekomst på moseoverflaten av Al og Fe i form av kuleformede mikropartikler med diameter 1-2  $\mu\text{m}$ . Disse partiklene stammer sannsynligvis fra høytemperatur-prosesser som f. eks. kullforbrenning. Antall av disse partiklene hadde avtatt sterkt mellom 1977 og 2005, og det kan antas at en stor del stammer fra atmosfærisk langtransport.

## **4.2 Diskusjon av stoffer som klart kan relateres til luftforurensning**

I dette kapitlet er det gitt en nærmere diskusjon av de grunnstoffene som enten domineres av atmosfærisk langtransport eller slippes ut til luft fra lokale kilder i et betydelig omfang. En mer omfattende diskusjon av nedfall av tungmetaller og andre grunnstoffer i nærområdene til et antall større industribedrifter i Norge, basert på separat innsamling av moseprøver i 2000, 2005 og 2010 er gitt i separate rapporter (26-28).

### **4.2.1 Vanadium (V)**

Nedfallet av V fra atmosfærisk langtransport har avtatt sterkt siden 1977, men det er relativt små forskjeller siden 2000 (Fig.2).

### **4.2.2 Krom (Cr)**

Nedfallet av Cr (Fig.3) har i hele tidsperioden vært sterkere preget av innenlandske forurensningskilder enn av bidrag fra atmosfærisk langtransport. Nedfallet er fremdeles relativt høyt i nærområdet til industrier i Mo i Rana.

### **4.2.3 Jern (Fe)**

Nivået i mose har avtatt over tid i landet (Fig. 4) bortsett fra Mo i Rana der lokal industri fremdeles bidrar til nedfall. Et tidligere bidrag fra atmosfærisk langtransport (se ovenfor) er i dag knapt synlig.

### **4.2.4 Kobolt (Co)**

Bortsett fra et tydelig forurensningsbidrag i Varanger-området fra industri på Kola skyldes Co i mose hovedsakelig støv fra lokalt jordsmonn.

### **4.2.5 Nikkel (Ni)**

Den geografiske fordelingen har vært relativt konstant siden 1995, men det generelle nivået ser ut til å ha avtatt (Fig.5). Et tidligere bidrag fra atmosfærisk langtransport har avtatt betydelig. Bidragene fra lokale industrielle kilder i Kristiansand og Årdal viser også en minskende tendens i denne perioden. Nedfall i Øst-Finnmark fra industrier på russisk side av grensen viser imidlertid en klart økende tendens over tid, jfr. Tabell 4. Fra et relativt konstant nivå i perioden 1977-1990 skjer det en markert økning mellom 1990 og 1995, som følges av en ytterligere sterk økning mellom 2000 og 2005. Det høye nivået i 2005 videreføres i 2010.

#### **4.2.6 Kopper (Cu)**

Et tidligere bidrag fra atmosfærisk langtransport (Fig.6) er vesentlig redusert. Situasjonen for Cu har endret seg relativt lite over det meste av landet siden 2000. I Øst-Finnmark har det imidlertid skjedd en tilsvarende markert økning over tid som for Ni (Tabell 4).

#### **4.2.7 Sink (Zn)**

Konsentrasjonen av Zn i mose var fram til 2000 i stor grad preget av nedgang i bidraget fra atmosfærisk langtransport (Fig.7), men har senere holdt seg relativt konstant. Resultatene fra 2010 antyder at industrien i Odde bidrar til nedfall i nærområdet omtrent som tidligere.

#### **4.2.8 Arsen (As)**

Bidraget fra atmosfærisk langtransport (Fig.8) har avtatt kraftig siden 1970-tallet, og viser ytterligere nedgang siden 2000. Lokalt registreres som tidligere nedfall i Varanger-området fra industri på Kola og i noen grad rundt industrier i Årdal og Odde.

#### **4.2.9 Kadmium (Cd)**

Bidraget fra atmosfærisk langtransport avtar kraftig inntil 2000 (Fig.9), mens senere endringer er mindre. Det lokale nedfallet fra industri i Odde viser liten endring fra tidligere.

#### **4.2.10 Antimon (Sb)**

Tidsutviklingen for Sb i mose (Fig.10) er et ytterligere eksempel på den store nedgangen i nedfall av metaller fra atmosfærisk langtransport som har funnet sted i Norge over de siste 20-25 år, men etter 2000 antyder resultatene at innenlandske kilder i dag spiller en større rolle enn tidligere. En tilsynelatende forskyvning av tyngdepunktet i retning Oslo-området kan tyde på at bidrag fra bremsesystemet på biler i dag er en hovedkilde til Sb-utslipp til luft i Norge.

#### **4.2.11 Kvikksølv (Hg)**

Mens nivå og geografisk fordeling av Hg i mose (Fig.11) var tilnærmet konstant i Norge i perioden 1985-1995 (7,8) viste resultatene fra 2000 en generell nedgang. Resultatene i 2010 er på nivå med 2005-undersøkelsen, og det gjelder også det lokale nedfallet av Hg i Odde.

#### **4.2.12 Bly (Pb)**

Nedfallet av Pb i Norge (Fig.12) har gått ytterligere ned siden 2000, men den relative nedgangen er mindre åpenbar enn tidligere. Ytterligere nedgang kan neppe ventes før bruken av blyholdig bensin opphører i enkelte land i Øst-Europa.

#### **4.2.13 Andre grunnstoffer**

Av de øvrige grunnstoffene som er undersøkt men ikke er nevnt spesielt ovenfor, er Mo, Ag, Tl og Bi knyttet til langtransportert forurensning og i noen grad også til utslipp fra lokale kilder. De resterende 31 stoffene som rapporteres finnes hovedsakelig i mosen på grunn av naturlige prosesser, jfr. diskusjonen i kap. 4.1.

### **4.3 Utvikling fra 2005 til 2010**

Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge har i alle år siden målingene startet vært sterkt dominert av atmosfærisk langtransport fra land i andre deler av Europa, men nivåene har gradvis avtatt og er i dag vesentlig lavere enn de var på 1970-tallet. Mens resultatene av 1995-undersøkelsen kunne tyde på at nedgangen var i ferd med å stoppe opp for noen

elementer (7), viser resultatene fra den foreliggende en ytterligere nedgang for samtlige elementer som er funnet å ha atmosfærisk langtransport som hovedkilde.

Dette betyr at punktkilder innenfor landet eller i naboland nær vår grense relativt sett spiller en større rolle for det totale nedfallet av flere tungmetaller i Norge enn tidligere. Eksempler på lokale utslipp av betydning i denne sammenheng er Cu og Ni fra smelteverk på Kola, Cr i Mo i Rana og Zn og Cd i Odda. Når det gjelder Sb, som i dagens situasjon i stor grad stammer fra bremseskiver på biler, er nivåene i Oslo-området stort sett de samme som i 2005, og utviklingen over tid så vel som dagens nedfallsmønster antyder at innenlandske utslipp i dag betyr minst like mye som atmosfærisk langtransport. Som vist i Tabell 4 har nedfallet av Cu og Ni vist en klar økning på en rekke lokaliteter i det østlige Finnmark i perioden 1977-2005. Nedfallet i 2010 er fremdeles meget høyt, særlig i områdene sør og øst for Kirkenes.

## **5. Etterord**

Anne-Gunn Hjellbrekke fortjener stor takk for produksjon av figurer til denne rapporten. Takk også til Kristine Aasarød for verdifull skriveknisk assistanse.

## 6. Litteratur

1. Schaug, J., Rambæk, J.P., Steinnes, E., Henry, R.C. (1990) Multivariate analysis of trace element data from moss samples used to monitor atmospheric deposition. *Atmos. Environ.*, 24A, 2625-2631.
2. Steinnes, E., Rambæk, J.P., Hanssen, J.E. (1992) Large scale multi-element survey of atmospheric deposition using naturally growing moss as biomonitor. *Chemosphere*, 35, 735-752.
3. Steinnes, E., Frantzen, F., Johansen, O., Rambæk, J.P., Hanssen, J.E. (1988) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse 1985. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 334).
4. Steinnes, E., Hanssen, J.E., Rambæk, J.P., 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.
5. Steinnes, E., Røyset, O., Vadset, M., Johansen, O. (1993) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge. Landsomfattende undersøkelse 1990. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 523).
6. Berg, T., Røyset, O., Steinnes, E. (1995) Atmospheric trace element deposition: Principal component data from ICP-MS data from moss samples. *Environ. Pollut.*, 88, 67-77.
7. Steinnes, E., Berg, T., Vadset, M., Røyset, O. (1997) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge: Landsomfattende undersøkelse i 1995. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 691).
8. Berg, T., Steinnes, E. (1997) Recent trends in atmospheric deposition of trace elements in Norway as evident from the 1995 moss survey. *Sci. Total Environ.*, 208, 197-206.
9. Steinnes, E., Berg, T., Sjøbakk, T.E., Uggerud, H., Vadset, M. (2001) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge: Landsomfattende undersøkelse i 2000. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 838).
10. Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H., Vadset, M. (2007) Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge: Landsomfattende undersøkelse i 2005. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 980).
11. Rühling, Å., Rasmussen, L., Pilegaard, K., Mäkinen, A., Steinnes E. (1987) Survey of atmospheric heavy metal deposition in Nordic countries in 1985. København, Nordisk Ministerråd (Rapport NORD, 1987:21).

12. Rühling, Å., Brumelis, G., Goltsova, N., Kvietkus, K., Kubin, E., Liiv, S., Magnusson, S., Mäkinen, A., Pilegaard, K., Rasmussen, L., Sander, E., Steinnes, E. (1992) Atmospheric heavy metal deposition in Northern Europe 1990. København, Nordisk Ministerråd (Rapport NORD, 1992:12).
13. Rühling, Å., Steinnes, E. ed. (1998) Atmospheric heavy metal deposition in Europe 1995 - 1996. København, Nordisk Ministerråd (Rapport NORD, 1998:15).
14. Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Rühling, Å. (2007) Temporal trends in the concentration of arsenic, chromium, copper, iron, nickel, vanadium and zinc in mosses across Europe. *Atmos. Environ.*, 41, 6673-6687.
15. Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Rühling, Å. (2008) Temporal trends (1990-2000) in the concentration of cadmium, lead and mercury in mosses across Europe. *Environ. Pollut.*, 151, 368-376.
16. Harmens, H., Norris, D.A., Steinnes, E., Kubin, E., Piispanen, J., Alber, R., Aleksiyayenak, Y., Blum, O., Coskun, M., Dam, M., De Temmerman, L., Fernandez, J.A., Frolova, M., Frontasyeva, M., Gonzalez-Miqueo, L., Grodzinska, K., Jeran, Z., Korzekwa, S., Krmar, M., Kvietkus, K., Leblond, S., Liiv, S., Magnusson, S.H., Mankovska, B., Pesch, R., Rühling, Å., Santamaria, J.M., Schröder, W., Spiric, Z., Suchara, I., Thoni, L., Urumov, V., Yurukova, L., Zechmeister, H.G. (2010) Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: Spatial patterns and temporal trends in Europe. *Environ. Poll.*, 158, 3144-3456.
17. Berg, T., Røyset, O., Steinnes, E. (1995) Moss (*Hylocomium splendens*) used as biomonitor of atmospheric trace element deposition: Estimation of uptake efficiencies. *Atmos. Environ.*, 29, 353-360.
18. Berg, T., Steinnes, E. (1997) Use of mosses (*Hylocomium splendens* and *Pleurozium schreberi*) as biomonitors of heavy metal deposition: From relative to absolute deposition values. *Environ. Pollut.*, 98, 61-71.
19. Steinnes, E., Rühling, Å., Lippo, H., Mäkinen, A. (1997) Reference materials for large-scale metal deposition surveys. *Accred. Qual. Assur.*, 2, 243-249.
20. Steinnes, E. (1995) A critical evaluation of the use of naturally growing moss to monitor the deposition of atmospheric metals. *Sci. Total Environ.*, 160/161, 243-249.
21. Steinnes, E., Berg, T., Sjøbakk, T.E. (2003) Temporal and spatial trends in Hg deposition monitored by moss analysis. *Sci. Total Environ.*, 304, 215-219.
22. Økland, T., Økland, R.H., Steinnes, E. (1999) Element concentrations in the boreal forest moss *Hylocomium splendens*: Variation related to gradients in vegetation and local environmental factors. *Plant and Soil*, 209, 71-83.
23. Rühling, Å., Tyler, G. (2001) Changes in atmospheric deposition rates of heavy metals in Sweden. *Water Air Soil Pollut.: Focus*, 1, 311-323.

24. Weinbruch, S., Ebert, M., Gorzavski, H., Disch, T., Berg, T., Steinnes, E. (2010) Characterization of individual aerosol particles on moss surfaces: Implications for source apportionment. *J. Environ. Monit.*, 12, 1064-1071.
25. Steinnes, E., Berg, T., Sjøbakk, T.E., Vadset, M. (2001) Nedfall av tungmetaller rundt utvalgte norske industrier. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 831).
26. Steinnes, E., Berg, T., Sjøbakk, T.E., Vadset, M. (2007) Nedfall av tungmetaller rundt norske industrier studert ved analyse av mose: Undersøkelse i 2005. Oslo, Statens forurensningstilsyn (Statlig program for forurensningsovervåking, Rapport 979/2007).
27. Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H., Pfaffhuber, K.A. (2011) Nedfall av tungmetaller rundt norske industrier studert ved analyse av mose: Undersøkelse i 2010. Rapport under utarbeidelse.





## **Vedlegg A**



Tabell 1. Analyse av “Reference Moss M-3” med hensyn på 53 grunnstoff (mg kg<sup>-1</sup>) og sammenligning med anbefalte litteraturverdier (19). NILUs resultater er middelverdier med standardavvik.

Grunnstoff	NILU	Anbefalt	Grunnstoff	NILU	Anbefalt
Li	0,073±0,008		Ag	0,026±0,013	0,027±0,004
Be	0,005 ±0,002	0,015±0,003	Cd	0,106±0,007	0,106±0,005
B	8,3±0,99	9,7±1,2	Sb	0,042±0,002	0,052±0,007
Na	112±5	133±12	Te	0,004±0,001	
Mg	747±34	755±77	Cs	0,206±0,016	0,189±0,014
Al	184±20	169±10	Ba	17,8±1,1	13,7±0,6
S	845±43	830±74	La	0,138±0,010	0,131±0,020
K	5023±317	4510±280	Ce	0,25±0,02	0,25±0,03
Ca	2096±108	1920±70	Pr	0,026±0,002	
Ti	21,1±2,4		Nd	0,106±0,005	
V	1,39±0,06	1,19±0,015	Sm	0,016±0,002	
Cr	0,56±0,08	0,67±0,19	Eu	0,021±0,002	
Mn	478±28	535±30	Gd	0,019±0,006	
Fe	159±10	138±12	Tb	0,002±0,001	
Co	0,109±0,005	0,115±0,006	Dy	0,010±0,002	
Ni	1,02±0,05	0,95±0,08	Ho	0,002±0,001	
Cu	3,83±0,75	3,76±0,023	Er	0,005±0,002	
Zn	22,7±0,97	25,4±1,1	Tm		
Ga	0,072±0,007	0,084±0,018	Yb	0,003±0,001	
As	0,120±0,014	0,105±0,007	W	0,046±0,027	
Rb	22,9±0,9	19,5±0,4	Hg	0,037±0,003	0,035±0,004
Sr	5,33±0,17	4,64±0,24	Tl	0,052±0,002	0,085±0,005
Y	0,070±0,007	0,067±0,013	Pb	3,69±0,21	3,33±0,25
Zr	1,14±0,28		Bi	0,027±0,004	
Nb	0,05±0,01		Th	0,050±0,013	0,027±0,002
Mo	0,106±0,02	0,10±0,04	U	0,009±0,001	0,013±0,001
Rh					

Tabell 2. Aritmetisk middel, høyeste og laveste konsentrasjon og medianverdi av 51 grunnstoffer i 464 prøver av mose innsamlet i 2010 ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Element	Middelverdi	Maksimum	Minimum	Median
Li	0,073	1,277	0,011	0,117
Be	0,005	1,434	<0,001	0,008
B	8,3	19,4	<0,2	3,3
Na	112	864	11	123
Mg	747	3128	502	1335
Al	184	4581	46	283
S	845	1961	348	815
K	5023	8659	1763	3867
Ca	2096	8515	873	2787
Ti	21	260	4	25
V	1,39	25,88	0,29	1,41
Cr	0,56	47,87	0,16	0,59
Mn	478	2653	19	292
Fe	159	24684	27	278
Co	0,109	38,770	0,032	0,216
Ni	1,02	856,66	0,15	1,16
Cu	3,8	443,4	1,4	4,0
Zn	22,7	368,4	7,4	30,7
Ga	0,072	3,199	0,013	0,097
As	0,12	4,84	0,02	0,13
Rb	22,9	72,0	1,3	13,0
Sr	5,3	72,0	1,9	15,1
Y	0,070	3,119	0,021	0,167
Zr	1,1	32,6	0,0	0,5
Nb	0,05	1,07	<0,01	0,11
Mo	0,11	1,21	0,04	0,19
Ag	0,03	4,22	<0,01	0,02
Cd	0,106	1,875	0,009	0,081
Sb	0,042	1,170	<0,001	0,058
Te	0,004	0,720	<0,001	<0,001
Cs	0,21	1,71	0,01	0,15
Ba	18	325	4	25
La	0,138	5,645	0,043	0,331
Ce	0,25	9,49	0,08	0,59
Pr	0,026	1,045	0,007	0,061
Nd	0,106	4,228	0,029	0,235
Sm	0,016	0,724	0,002	0,040
Eu	0,021	0,543	0,005	0,040
Gd	0,019	0,840	<0,001	0,049
Tb	0,0025	0,1391	<0,0010	0,0071
Dy	0,010	0,476	<0,001	0,028
Ho	0,0016	0,0888	<0,0010	0,0037
Er	0,005	0,314	<0,001	0,018
Yb	0,0025	0,2531	<0,0010	0,0117
W	0,05	4,94	<0,003	0,19
Hg	0,024	0,338	<0,024	0,060
Tl	0,052	0,706	0,002	0,043
Pb	3,69	20,83	0,33	1,54
Bi	0,027	0,737	<0,008	0,029
Th	0,05	1,07	<0,02	0,10
U	0,009	0,367	<0,001	0,020

Tabell 3. Medianverdier ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) for grunnstoffer i mose fra de landsomfattende nedfallskartleggingene i Norge i perioden 1977-2010.

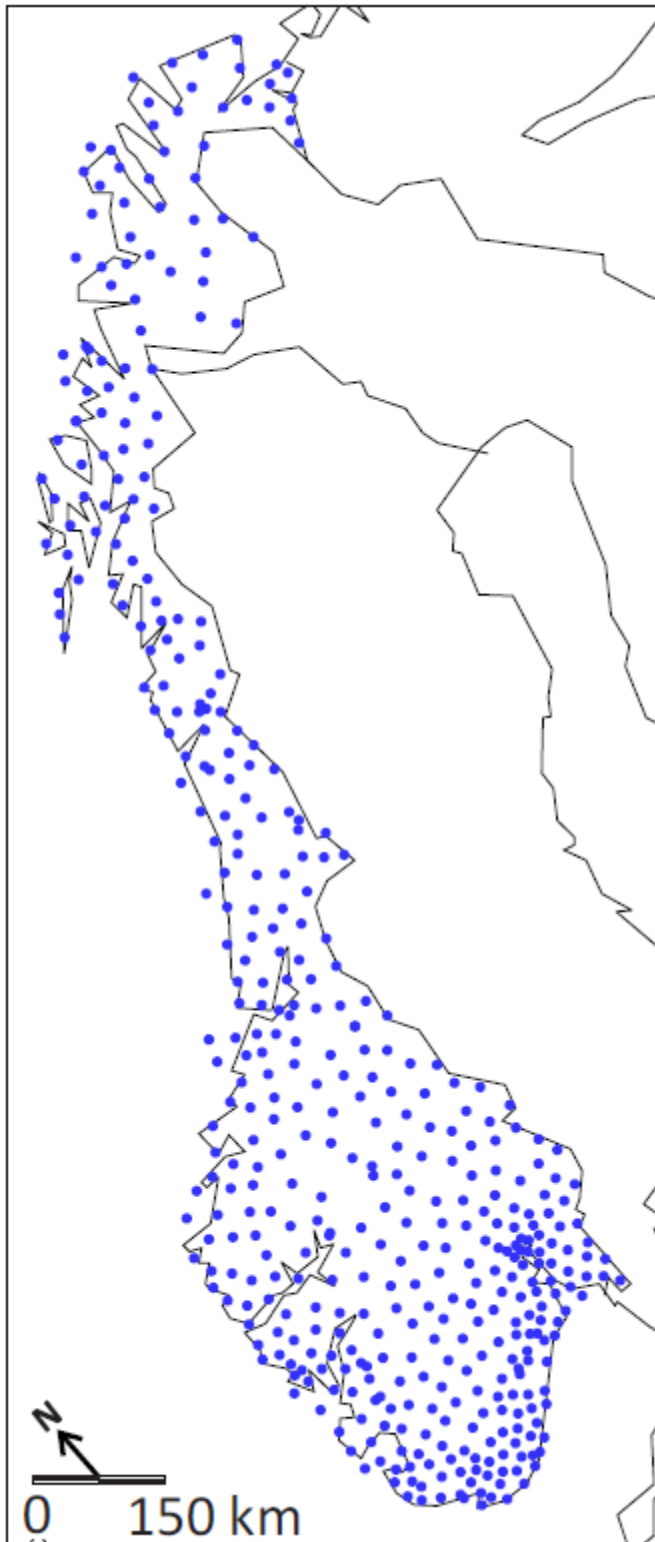
Antall prøver: 1995-2010, 464; 1990, 494; 1985, 519; 1977, 514.

Element	2010	2005	2000	1995	1990	1985	1977
Li	0,12	0,098	0,10	0,18	0,22		
Be	0,008	0,021	0,008	0,019	<0,02		
B	3,3						
Na	123						
Mg	1340	1390	1540	1400	1200		
Al	280	260	350	290	430	800	760
Ca	2790	2740	3120	3200	2800		
Ti	25	27	31	43			
V	1,41	1,40	1,35	2,3	2,4	3,1	2,5
Cr	0,59	0,58	0,69	1,0	0,90	1,6	1,7
Mn	290	320	330	250	300		250
Fe	280	270	360	470	470	660	540
Co	0,22	0,19	0,17	0,24	0,25	0,32	0,22
Ni	1,2	1,2	1,1	1,6	1,6	2,0	1,6
Cu	4,0	4,4	4,2	5,2	5,2	4,9	5,7
Zn	31	31	32	38	36	35	33
Ga	0,097	0,089	0,11		0,20		
As	0,13	0,12	0,135	0,21	0,27	0,38	0,32
Rb	13	11	9,9	11	10		9,5
Sr	15	13	11,5	13	13		
Y	0,17	0,14	0,15	0,23	0,22		
Zr	0,50	0,70	0,20	0,25			
Nb	0,11	0,052	0,043	0,078			
Mo	0,19	0,18	0,108	0,16	0,15		0,1
Ag	0,02	0,020	0,021	0,03			0,07
Cd	0,081	0,089	0,087	0,13	0,13	0,17	0,2
Sb	0,058	0,070	0,056	0,092	0,09	0,16	0,17
Te	<0,001						
Cs	0,15	0,14	0,129	0,18	0,18		0,12
Ba	25	22	19,2	24	24		
La	0,33	0,26	0,28	0,41	0,44		0,46
Ce	0,59	0,48	0,54	0,81			
Pr	0,061	0,054	0,061	0,098			
Nd	0,23	0,20	0,22	0,38			
Sm	0,040	0,038	0,042	0,072			0,068
Eu	0,040	0,021	0,010	0,018			
Gd	0,049	0,041	0,038	0,069			
Tb	0,0071	0,0045	0,005	0,0095			
Dy	0,028	0,026	0,031	0,054			
Ho	0,0037	0,0043	0,005	0,010			
Er	0,018	0,015	0,015	0,028			
Yb	0,012	0,011	0,013	0,023			
W	0,19	0,16	0,040	0,060			
Hg	0,060	0,055	0,054	0,068	0,06		
Tl	0,043	0,044	0,034	0,06	0,08		
Pb	1,54	2,20	2,70	5,8	9,3	11	15
Bi	0,029	0,011	0,011	0,019	0,03		
Th	0,10	0,053	0,054		0,08		0,084
U	0,020	0,020	0,017	0,038	0,04		

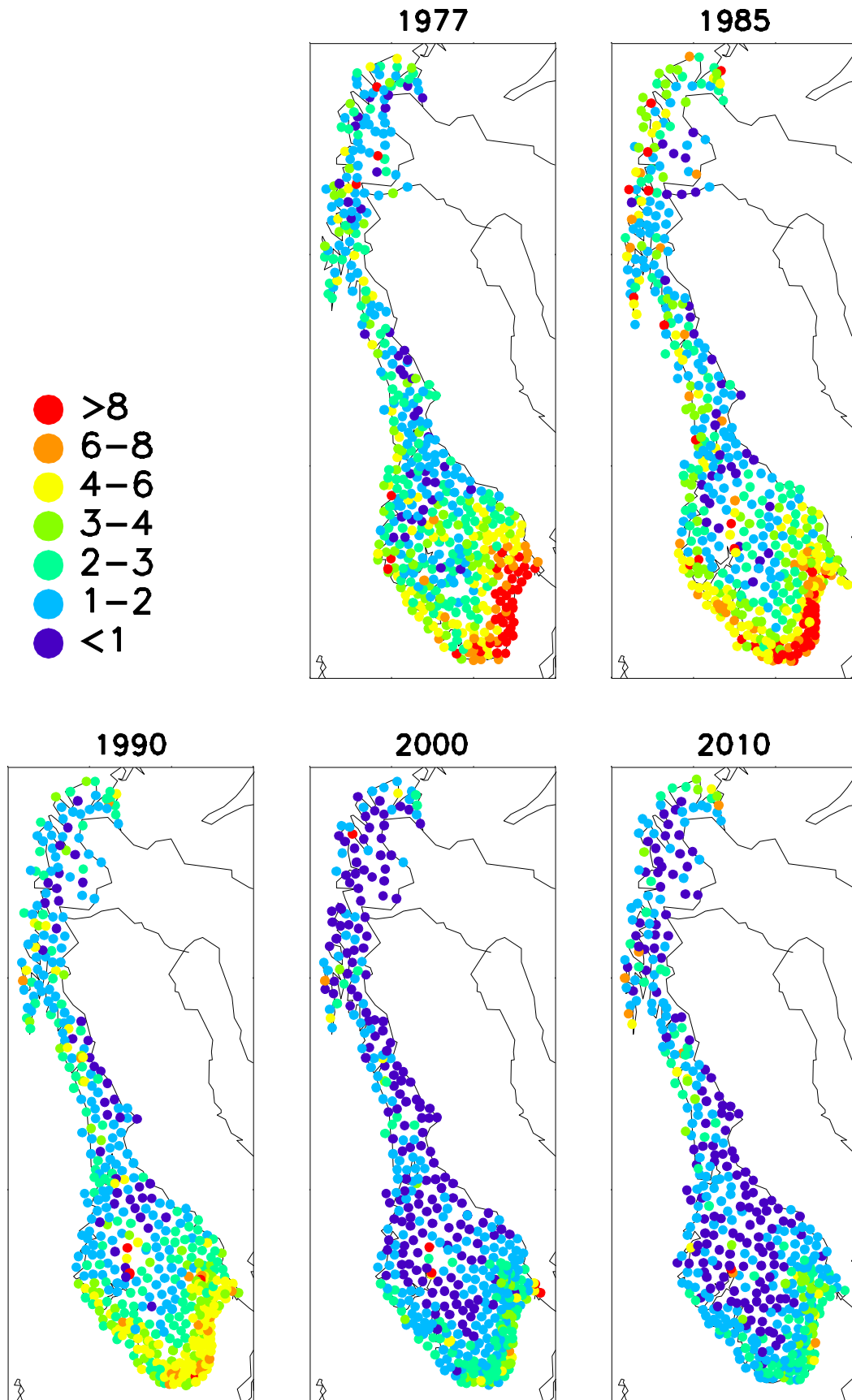
Tabell 4. Tidsutvikling i atmosfærisk nedfall av nikkel og kopper i Øst-Finnmark, uttrykt som  $\mu\text{g g}^{-1}$  i mose.

Lokalitet	Breddegrad	Lengdegrad	Element	1977	1985	1990	1995	2000	2005	2010
Kiberg	70°17'N	30°59'E	Ni	8,0	12,2	9,3	13,5	12,2	22,7	30,4
			Cu	9,3	11,2	9,8	13,8	8,8	17,4	22,1
Ekkerøy	70°07'N	30°11'E	Ni	7,8	11,1	6,0	9,2	13,3	22,9	32,2
			Cu	7,0	12,8	9,4	7,3	12,3	16,5	20,8
Bugøyfjord	69°53'N	29°21'E	Ni	4,9	11,6	7,6	9,9	9,0	19,9	21,6
			Cu	5,8	11,8	9,3	7,9	7,3	12,9	14,1
Neiden	69°39'N	29°28'E	Ni	10,3	11,8	13,5	20,7	22,7	32,7	58,3
			Cu	6,0	8,7	13,8	15,1	13,4	19,3	32,6
Jakobsnes	69°44'N	30°10'E	Ni	x	x	31,4	55,1	61,7	138	120
			Cu	x	x	28,3	36,2	39,0	75,5	61,5
Kobbfoss	69°21'N	29°27'E	Ni	28,5	32,3	34,7	55,5	70,4	100	158
			Cu	19,4	26,9	28,4	35,4	48,7	69,9	81,4
Svanvik	69°27'N	30°03'E	Ni	67,0	157	132	233	301	1014	857
			Cu	84,2	156	116	156	202	668	443
Øvre Pasvik	69°09'N	28°58'E	Ni	7,8	15,6	12,0	25,9	18,6	44,1	45,2
			Cu	4,6	19,1	10,8	19,3	13,3	27,1	25,7
Grense Jakobselv	69°47'N	30°49'E	Ni	35,6	39,3	33,2	x	55,6	106	111
			Cu	37,1	34,3	40,4	x	40,0	58,9	63,9
Jarvfjordfjellet	69°37'N	30°49'E	Ni	x	x	x	164	140	336	327
			Cu	x	x	x	111	89,9	220	153

x: Prøve mangler.

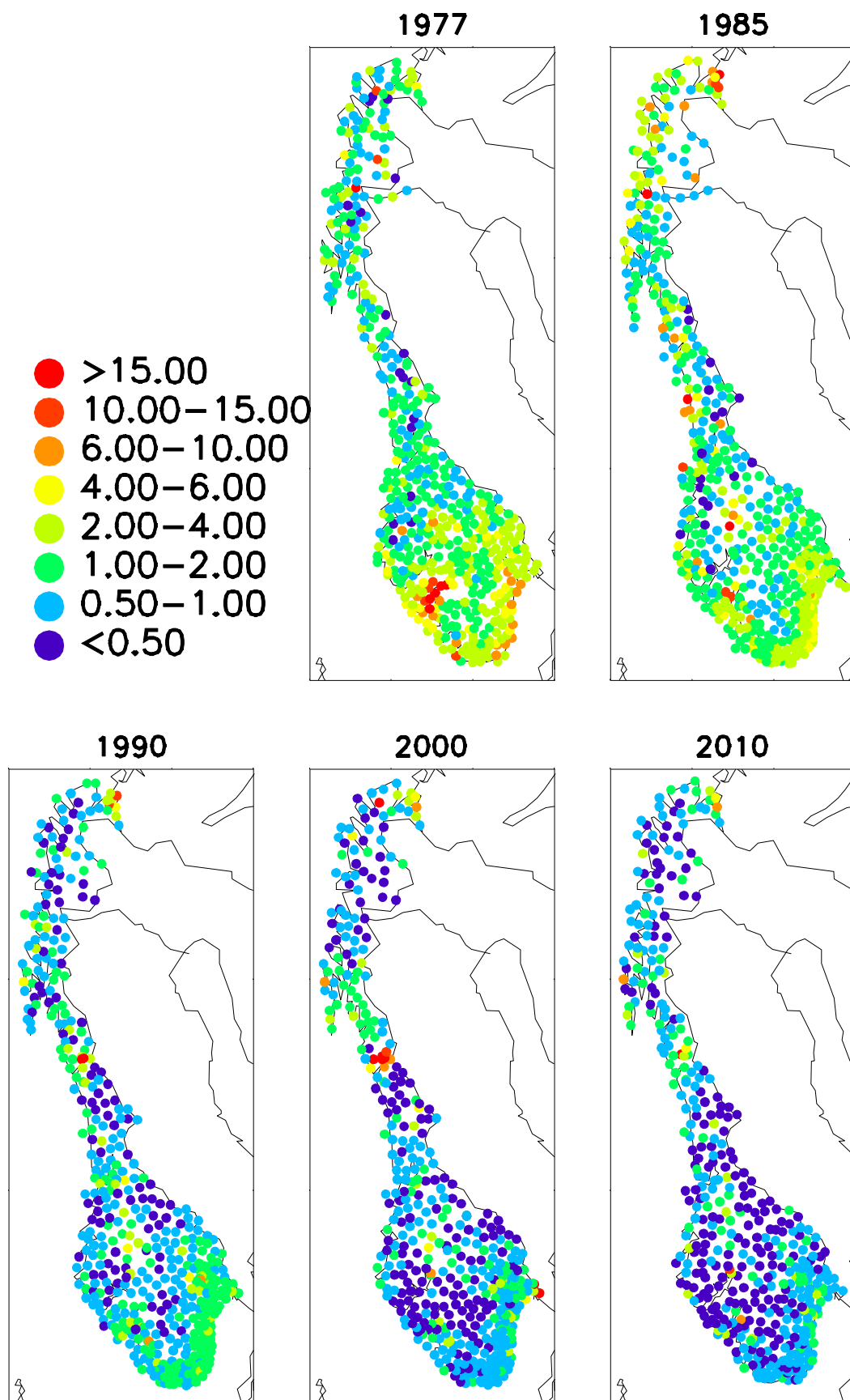


*Figur 1. Kart over lokaliteter for innsamling av moseprøver.*

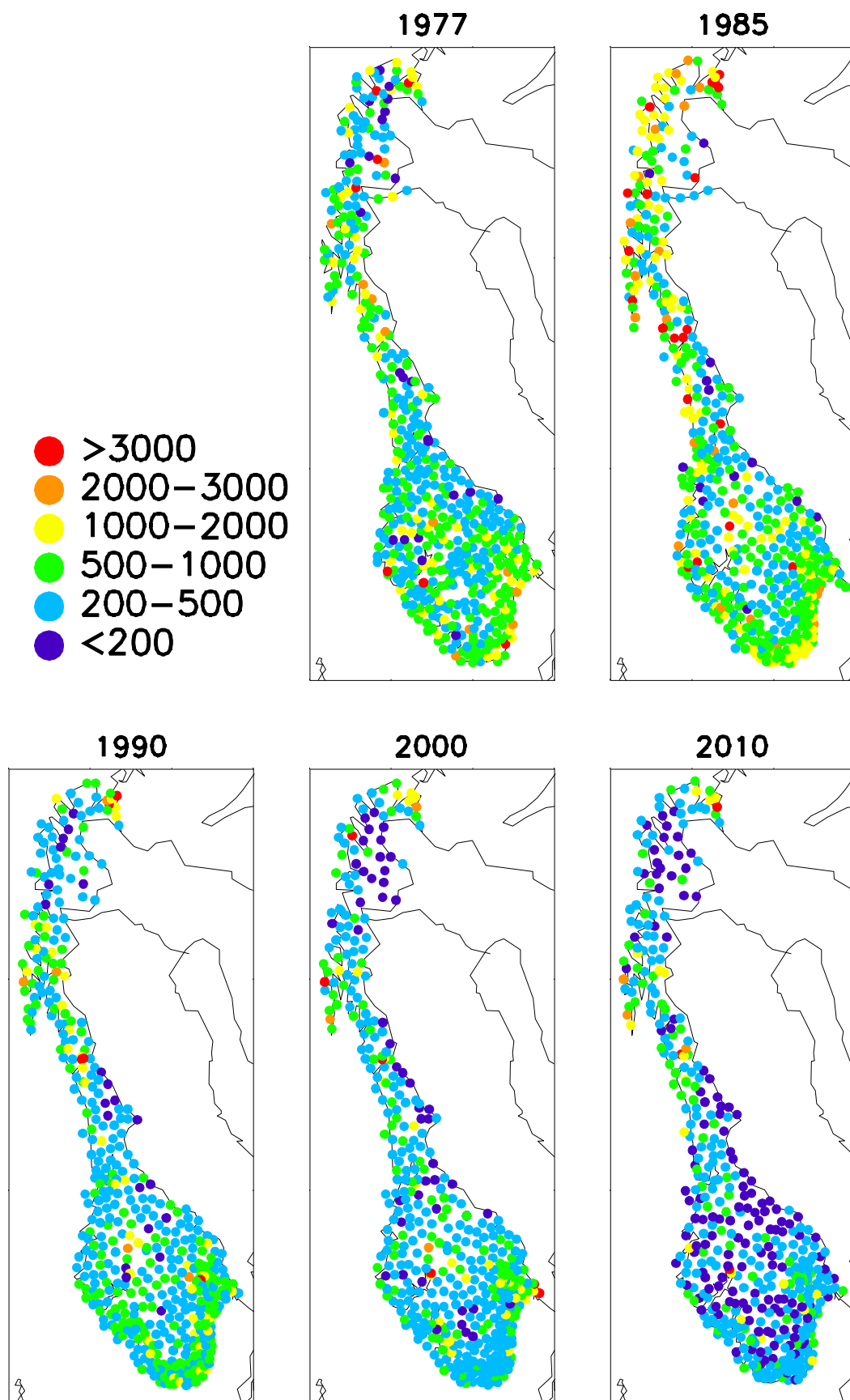


Figur 2. Konsentrasjon av vanadium i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.

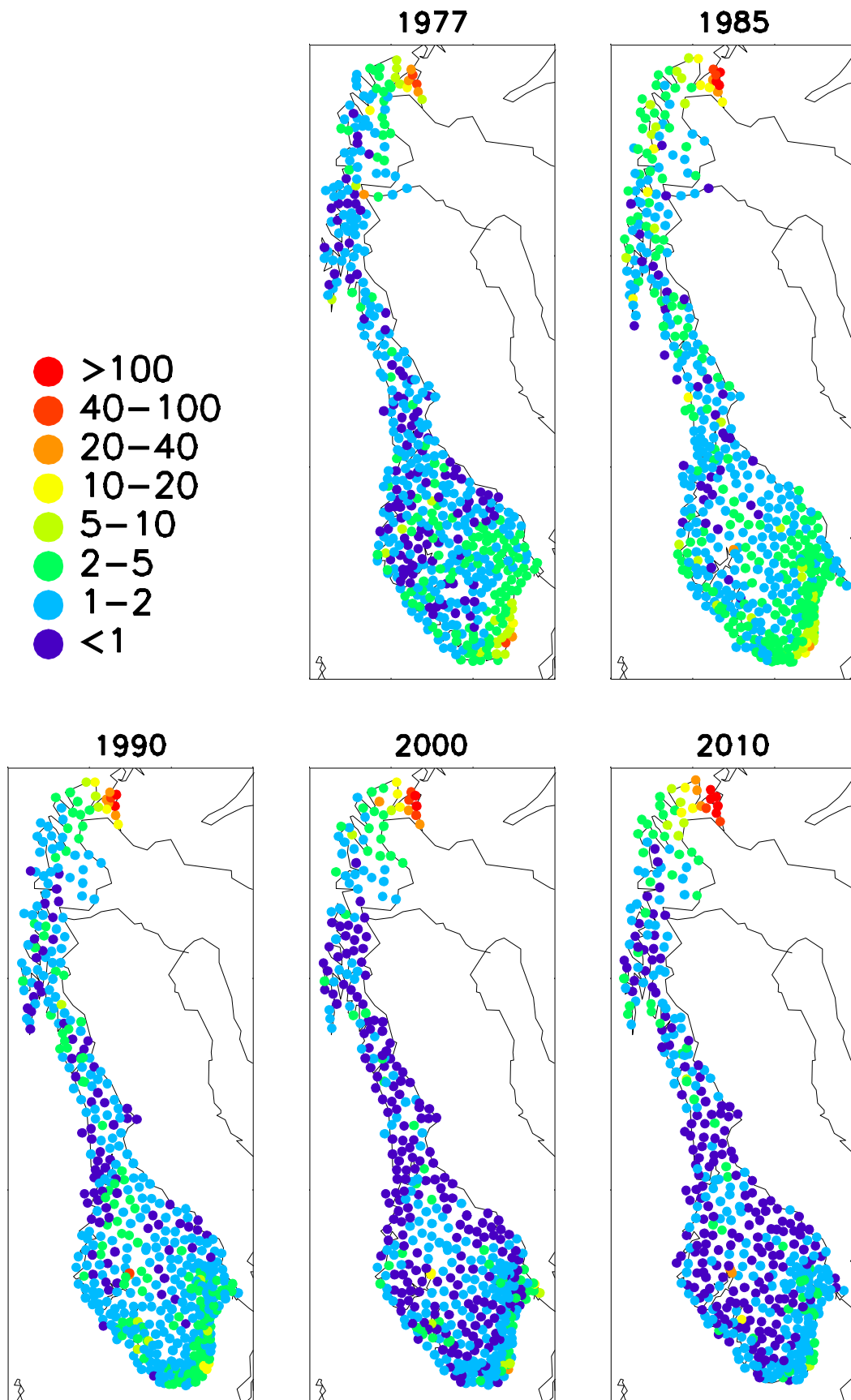




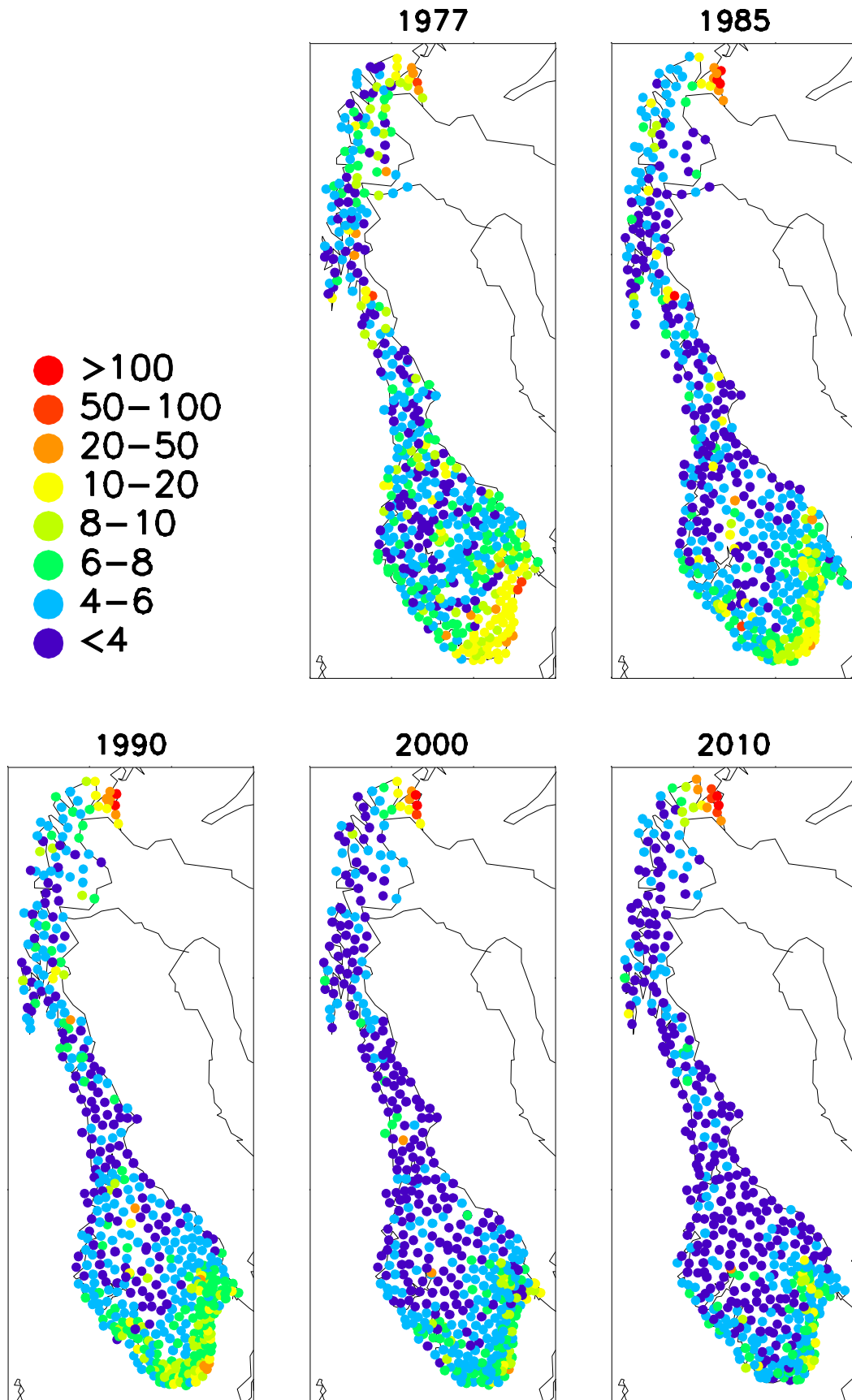
Figur 3. Konsentrasjon av krom i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.



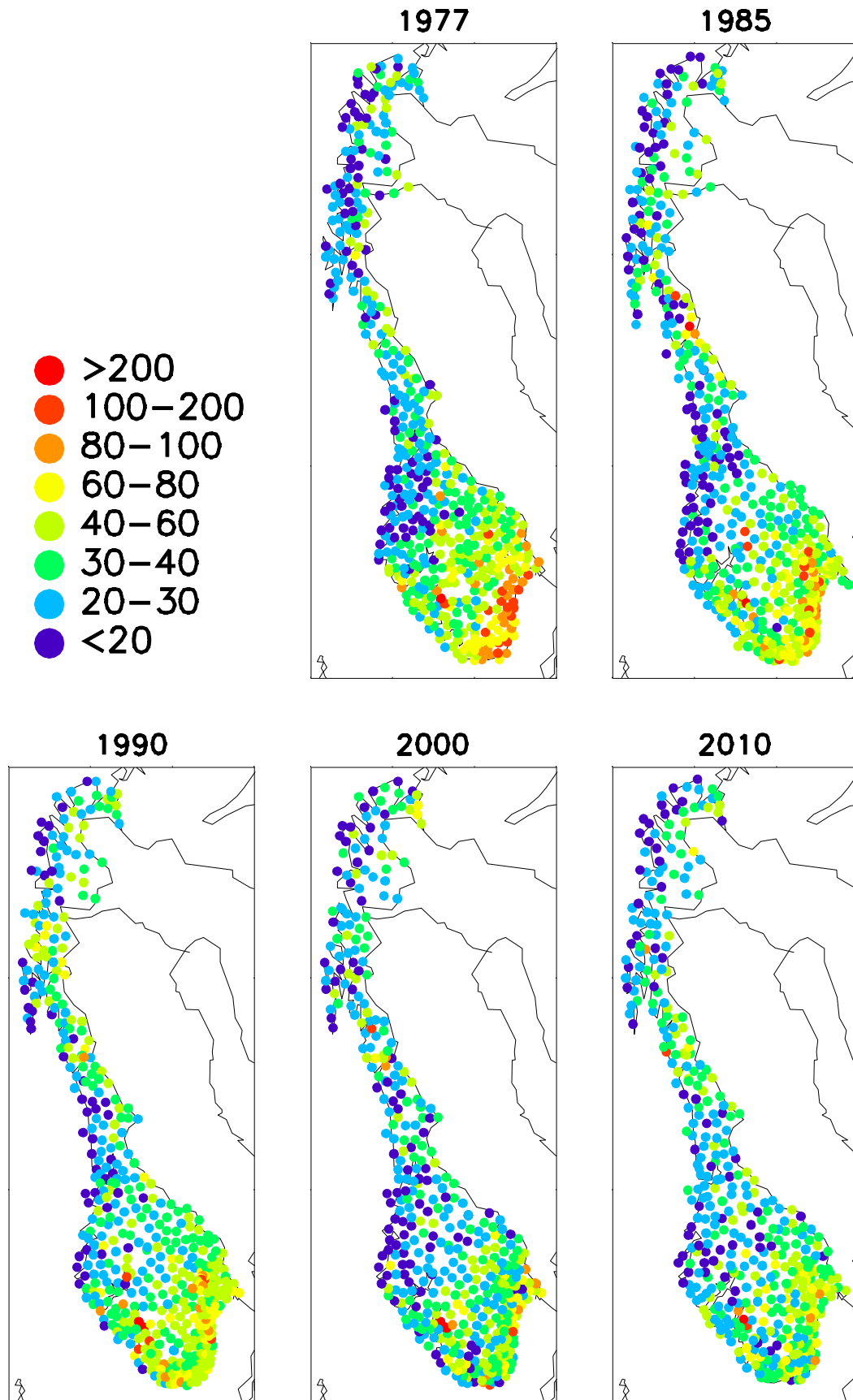
Figur 4. Konsentrasjon av jern i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.



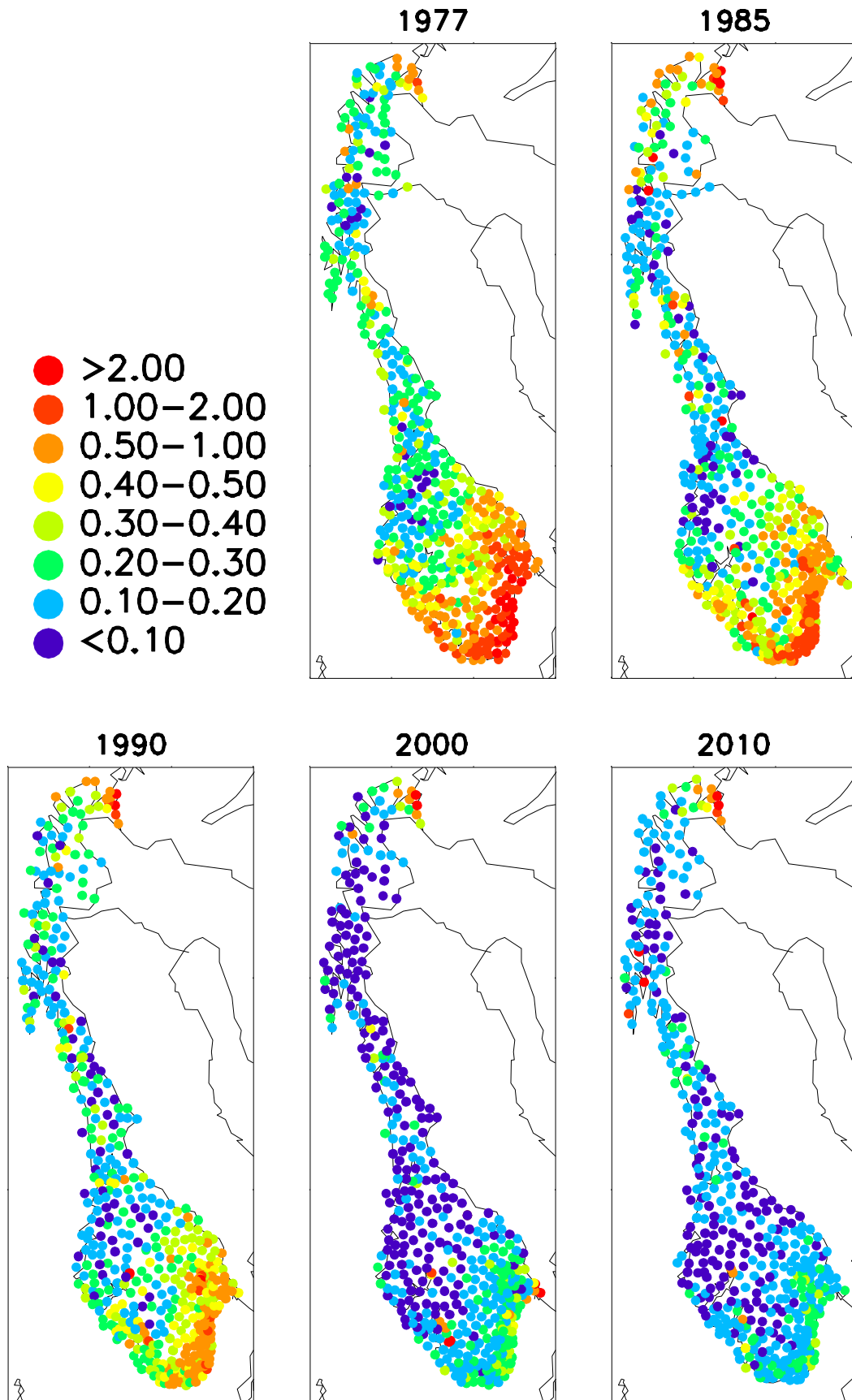
Figur 5. Konsentrasjon av nikkel i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.



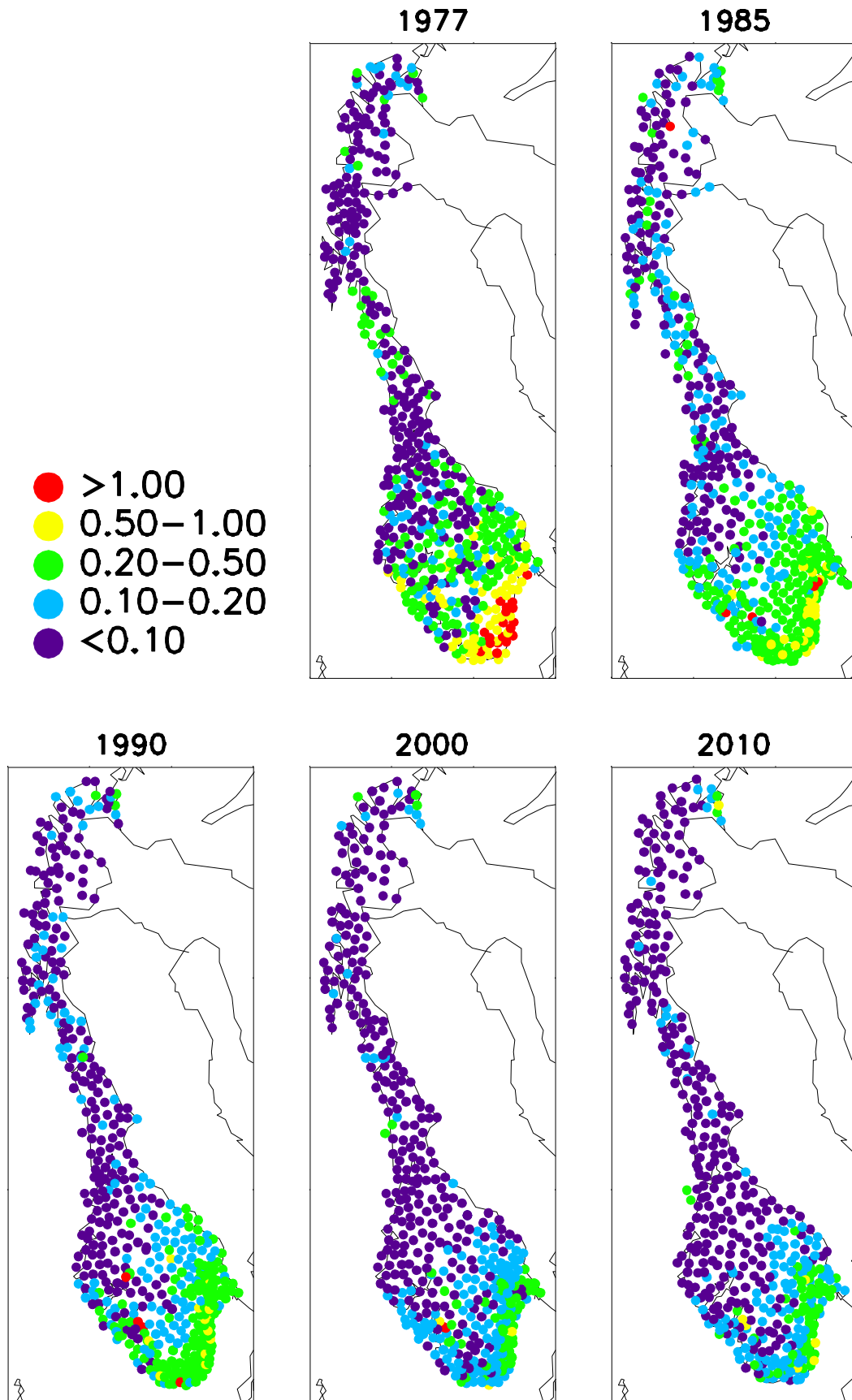
Figur 6. Konsentrasjon av kopper i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.



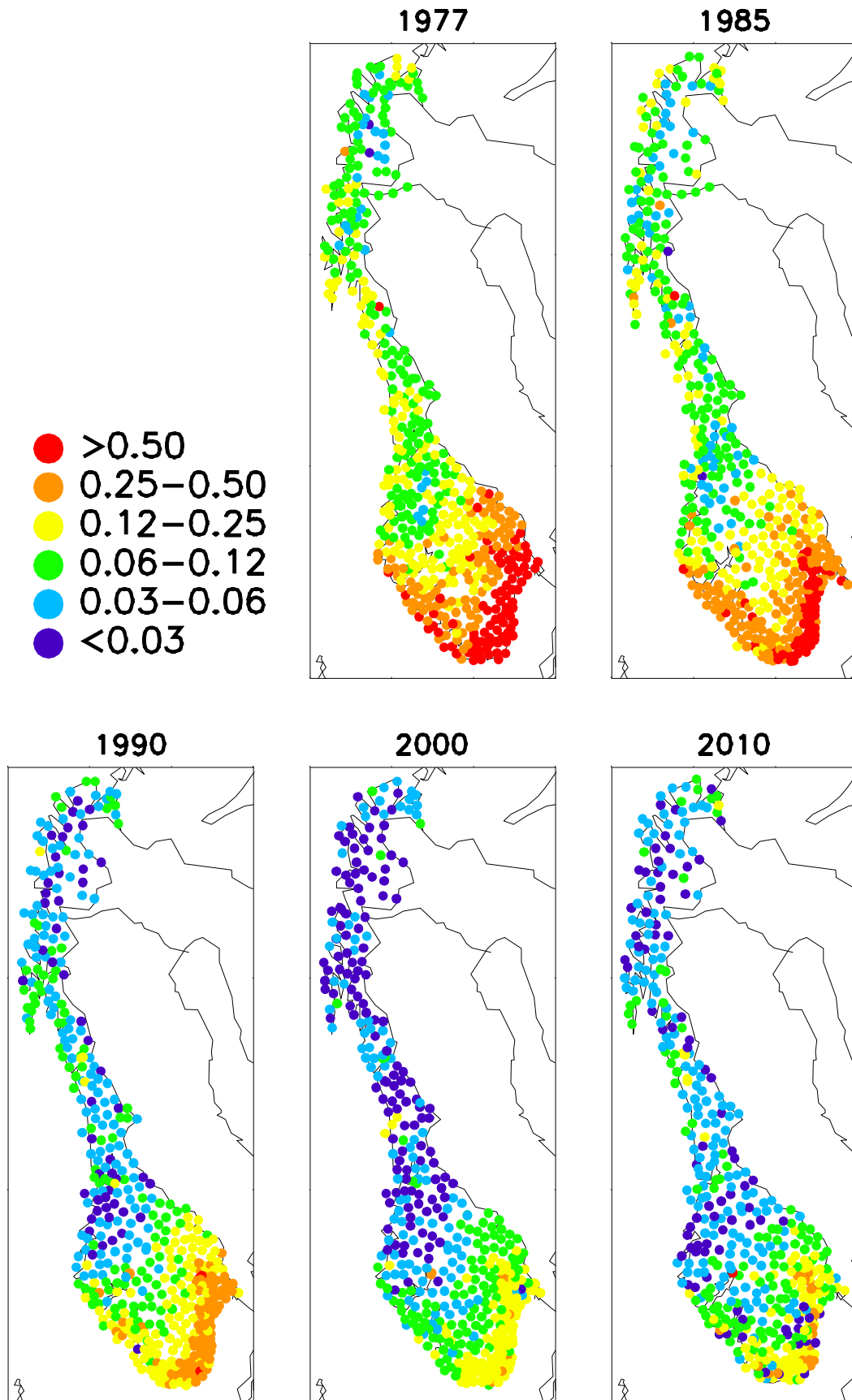
Figur 7. Konsentrasjon av sink i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.



Figur 8. Konsentrasjon av arsen i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.

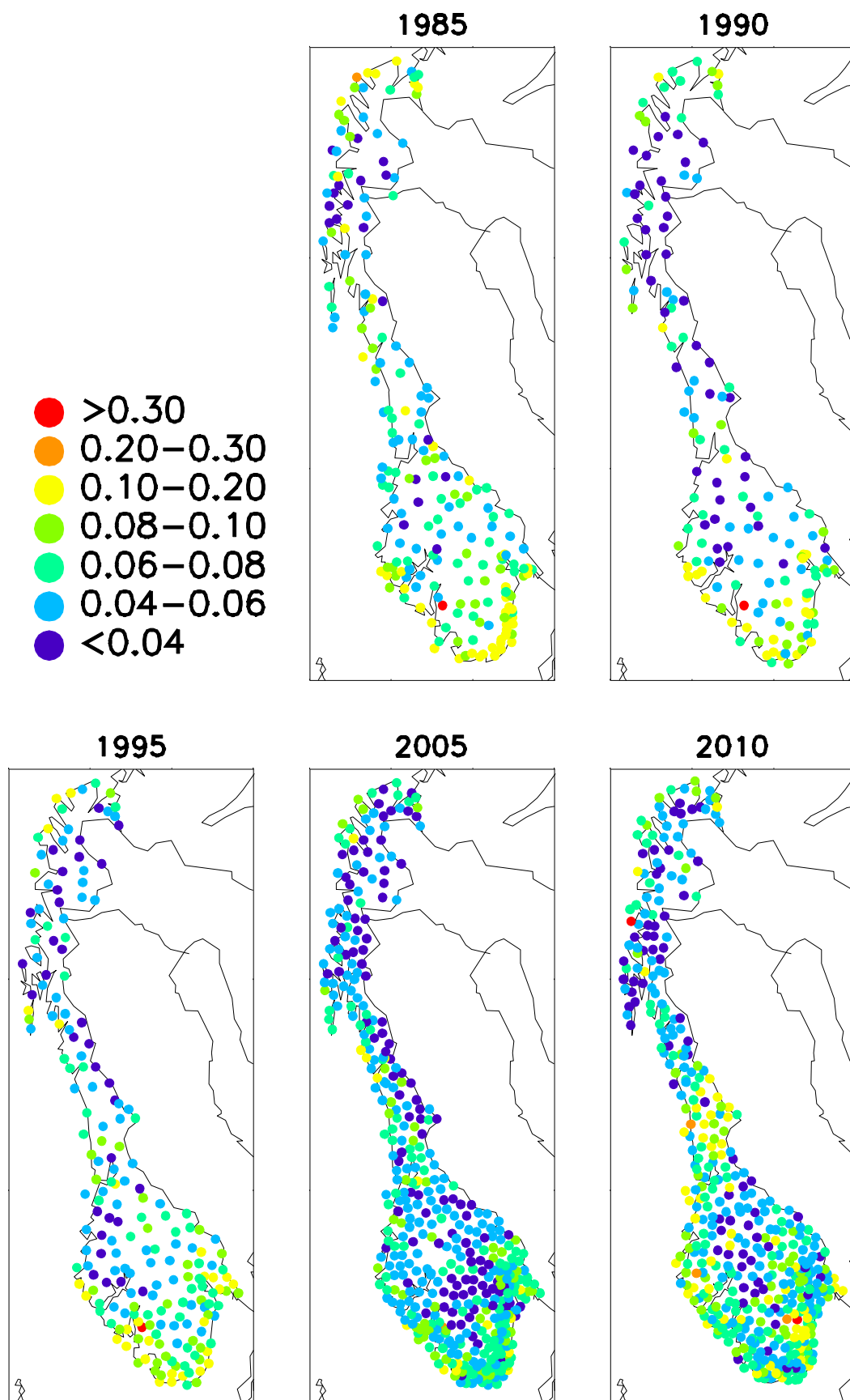


Figur 9. Konsentrasjon av kadmium i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.

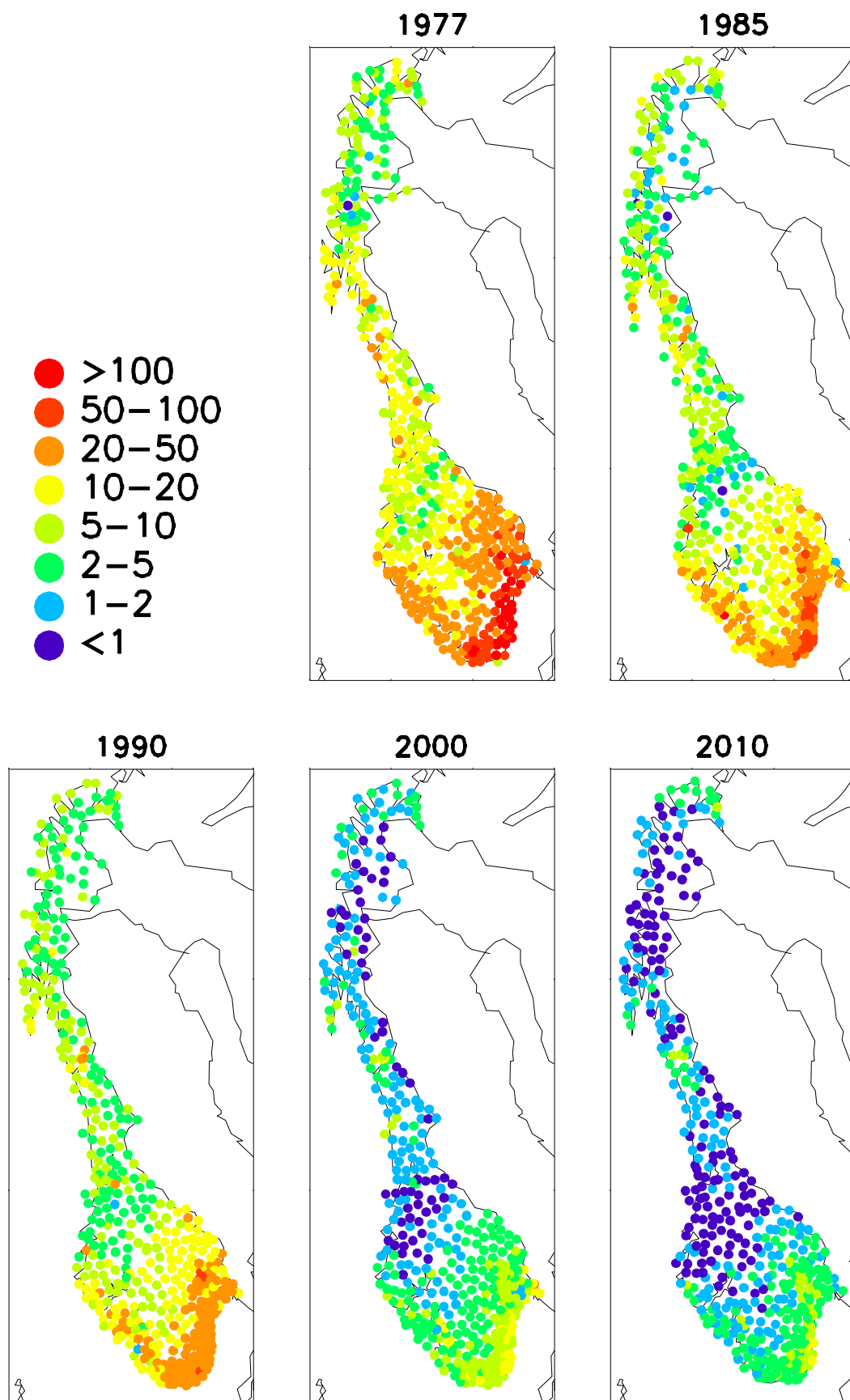


Figur 10. Konsentrasjon av antimon i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.





Figur 11. Konsentrasjon av kvikksølv i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.



Figur 12. Konsentrasjon av bly i mose i Norge ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) ved 5 forskjellige tidspunkter i perioden 1977 – 2010. Fargeskalaen gjelder alle kartene.

<b>Utførende institusjon</b> Institutt for kjemi, NTNU NILU – Norsk institutt for luftforskning	<b>ISBN-nummer</b> ISBN 978-82-425-2456-0 (trykt) ISBN 978-82-425-2457-7 (elektronisk)
---	--

<b>Oppdragstakers prosjektansvarlig</b> Hilde Thelle Uggerud	<b>Kontaktperson i Klif</b> Tor Johannessen	<b>TA-nummer</b> 2859/2011
		<b>SPFO-nummer</b> 1109/2011

	<b>År</b> 2011	<b>Sidetall</b> 38	<b>Klifs kontraktnummer</b> 5010106
--	-------------------	-----------------------	--

<b>Utgiver</b> Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)	<b>Prosjektet er finansiert av</b> Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif)
--	--

<b>Forfatter(e)</b> Eiliv Steinnes, Torunn Berg (NTNU), Hilde Thelle Uggerud og Katrine Aspmo Pfaffhuber (NILU)
--

<b>Tittel - norsk og engelsk</b> Atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge Landsomfattende undersøkelse i 2010	Atmospheric deposition of heavy metals in Norway Nationwide survey 2010
--	--

<b>Sammendrag – Summary</b> <p>Den geografiske fordelingen av atmosfærisk nedfall av tungmetaller i Norge er kartlagt i 2010 ved analyse av prøver av etasjemose innsamlet fra 464 lokaliteter fordelt over landet. Denne rapporten gir en presentasjon av resultatene samt en sammenlikning med resultater fra en tilsvarende serie av tidligere undersøkelser siden 1977. Undersøkelsen inngår i et internasjonalt program som omfatter store deler av Europa. Undersøkelsen gjelder i første rekke de ti metallene vanadium, krom, jern, nikkel, kobber, sink, arsen, kadmium, kvikksølv og bly som er prioritert i det europeiske programmet. I tillegg rapporteres data for ytterligere 42 grunnstoffer i mosen. Diskusjonen av de enkelte undersøkte stoffene gjelder i første rekke bidrag fra luftforurensning, men omfatter også en vurdering av eventuelle bidrag fra naturlige kilder til innhold i mosen, og hvordan bidrag fra disse kildene kan innvirke på tolkningen av resultatene.</p> <p>The geographical distribution of atmospheric deposition of heavy metals in Norway was mapped in 2010 by analysis of moss samples from 464 sites all over the country. This report provides a presentation of the results and a comparison with data from a series of corresponding moss surveys starting 1977. The survey is part of an international program comprising large parts of Europe. The survey primarily concerns the ten metals of priority in the European program: vanadium, chromium, iron, nickel, copper, zinc, arsenic, cadmium, mercury, and lead. In addition data are reported for another 42 elements in the moss. The discussion of the obtained data mainly refers to contributions from air pollution. In addition influence from natural processes to the elemental composition of the moss and how it may influence the interpretation of the data is discussed.</p>
---

<b>4 emneord</b> Luftkvalitet, Metaller, Langtransportert luftforurensing, Kvikksølv	<b>4 subject words</b> Air quality, Metals, Long-range transport of air pollutants, Mercury
--	---



**Klima- og forurensningsdirektoratet**

Postboks 8100 Dep,  
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

E-post: [postmottak@klif.no](mailto:postmottak@klif.no)

[www.klif.no](http://www.klif.no)

## Om Statlig program for forurensningsovervåking

Statlig program for forurensningsovervåking omfatter overvåking av forurensningsforholdene i luft og nedbør, skog, vassdrag, fjorder og havområder. Overvåkingsprogrammet dekker langsiktige undersøkelser av:

- overgjødsling
- 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. Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.

SPFO-rapport 1109/2011

TA-2859/2011

ISBN 978-82-425-2456-0 (trykt)

ISBN 978-82-425-2457-7 (elektronisk)