



Statlig program for forurensningsovervåking

SAMMENDRAGSRAPPORT

# Overvåking av langtransporterte forurensninger 2007

2422

2008



**NIVA**





**Statlig program for forurensningsovervåking**  
Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

SPFO-rapport: 1032/2008

TA-2422/2008

ISBN 978-82-577-5362-7

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)

Utførende institusjoner: NILU, NIVA, NINA, LFI-UNIFOB,  
Skog og landskap

: **Overvåking av  
langtransporterte  
forurensninger 2007**

**Rapport  
1032/2008**

Sammendragsrapport



## Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2007 fra tre overvåkingsprogrammer: “Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”, “Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) og “Program for terrestrisk naturovervåking” (TOV). Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord, skog og annen vegetasjon og akvatisk og terrestrisk fauna. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter, og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre. Vi presenterer her en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne Sammendragsrapporten baserer seg på.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av denne rapporten har vært:

**“Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”**

**Luft og nedbør:** Wenche Aas, Stein Manø, Sverre Solberg og Karl Espen Yttri (NILU)

**Vannkjemi:** Brit Lisa Skjelkvåle, Liv Bente Skancke og Espen Lund (NIVA)

**Bunndyr:** Arne Fjellheim og Godtfred A. Halvorsen (LFI-Unifob, UiB)

**Krepsdyr:** Ann Kristin Schartau, Gunnar Halvorsen og Bjørn Walseng (NINA)

**Fisk:** Randi Saksgård og Trygve Hesthagen (NINA)

**OPS Samlet redigering:** Kjell Andreassen (Skog og landskap)

**Landsrepresentative og regionale flater:** Volkmar Timmermann (Skog og landskap)

**Intensive flater:** Nicholas Clarke og Volkmar Timmermann (Skog og landskap)

**TOV Samlet redigering:** Erik Framstad (NINA)

**Markvegetasjon:** Vegar Bakkestuen og Per Arild Aarrestad (NINA), Harald Bratli og Tonje Økland (Skog og landskap)

**Epifytter:** Inga E. Bruteig og Dagmar Hagen (NINA)

**Fauna:** John Atle Kålås (NINA)

NIVA, Oslo, juni 2008



Brit Lisa Skjelkvåle  
Redaktør



## Innhold

<b>1.</b>	<b>Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2007 .....</b>	<b>5</b>
<b>2.</b>	<b>Results from monitoring effects of long-range transboundary air pollution in Norway 2007 .....</b>	<b>10</b>
<b>3.</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>14</b>
3.1	Presentasjon av programmene .....	14
3.2	Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv .....	15
<b>4.</b>	<b>Luft og nedbør .....</b>	<b>17</b>
4.1	Utslipp .....	17
4.2	Nedbørkjemi - våtavsetninger .....	17
4.3	Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger .....	21
4.4	Totalavsetning fra luft og nedbør .....	22
4.5	Bakkenær ozon .....	23
4.6	Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP) .....	25
4.7	Partikler (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> og PM <sub>1</sub> ) i luft på Birkenes .....	26
<b>5.</b>	<b>Det akvatiske miljøet .....</b>	<b>28</b>
5.1	Effekter på vannkjemi .....	31
5.2	Effekter på akvatisk fauna .....	44
5.2.1	Effekter på bunndyr .....	44
5.2.2	Effekter på krepsdyr .....	51
5.2.3	Effekter på fisk .....	58
<b>6.</b>	<b>Det terresteriske miljøet .....</b>	<b>69</b>
6.1	Effekter på skog .....	73
6.2	Effekter på markvegetasjon .....	78
6.3	Effekter på epifyttisk vegetasjon .....	81
6.4	Effekter på fauna .....	84
<b>7.</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>87</b>



## **1. Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2007**

*Selv om vi kan glede oss over en positiv utvikling på forurensningssituasjonen, er det viktig å understreke at det er langt igjen før forurensningsproblemet i Norge er løst. Problemet er avtagende, men fremdeles mottar store deler av Sør-Norge mer forurensende komponenter i nedbør enn naturen greier å ta hånd om. Resultatet av dette er fortsatt forurensning og dertil store skader på biologiske samfunn. Den forbedringen vi observerer kan også reverseres og forsinkes av flere typer prosesser, slik som klimatiske endringer og økt utlekking av nitrogen.*

*Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 62-85 % fra 1980 til 2007. Nitrogenutslippene går også ned, i Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjon i nedbør blitt redusert med hhv. 24-47% og 42-61% i samme tidsperiode. Konsentrasjon og avsetning av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i nedbør i 2007 er noe av det laveste som er observert siden målingene startet. Det samme er tilfelle for svovelforbindelser i luft. Endringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa.*

*Nedgangen i sulfatinnhold i elver og innsjøer er på 37-81% fra 1980-2007. På samme måte som for luft og nedbør, viser 2007 de laveste konsentrasjoner sulfat i elver og innsjøer som er registrert. Forurensningssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar forbedring siden midten av 90-tallet, med økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og pH og nedgang i uorganisk aluminium (LAI, "giftig aluminium"). Endringene (nedgangen) i aluminium har imidlertid vært svært liten siden 2001.*

*Vi ser også en bedring i det akvatiske miljøet med begynnende, men ustabil gjenhenting av bunndyr- og krepsdyrsamfunn og bedret rekruttering hos fisk. Faunaen i rennende vann viser en klar positiv utvikling, mens endringene i innsjøfaunaen er små.*

*Kronetettheten til gran, furu og bjørk har på nytt gått ned også i 2007, og det ser derfor ut til at vi er inne i en ny nedgangsperiode. Skogtilstanden i Norge må likevel karakteriseres som nokså stabil, selv om det forekommer perioder med endringer. Luftforurensninger og ugunstige værforhold kan virke både sammen eller hver for seg og føre til en svekking av trærnes helsetilstand - enten direkte eller indirekte ved at mengden av en eller flere typer naturlige skadegjørere økes så mye at trærnes vitalitet skades.*

*Det er registrert en gradvis reduksjon i skadefrekvensen og en økning i mengden av lav på trær i sørlige overvåkingsområder, noe som kan knyttes til reduksjon i svovelfall og forurensning. Økning i dekkningen av alger på bjørkestammer i sørvest kan knyttes til fortsatt tilførsel av nitrogenforbindelser. Det er ikke registrert endringer i fuglebestander i Sør-Norge knyttet til forurensningseffekter.*



## **Luft og nedbør**

### *Utslipp*

Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert i Europa med hhv. 56%, 24% og 21% fra 1990 til 2005 (EMEP Status report 1/2007). Utslippsreduksjonen, spesielt for svovel, er en del høyere om man ser fra 1980, men det er naturlig å sammenligne med 1990 da dette er sammenligningsåret man bruker i Gøteborgprotokollen.

### *Svovel og nitrogen*

Konsentrasjon og avsetning av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i nedbør i 2007 er noe av det laveste som er observert siden målingene startet. Det samme er tilfelle for svovelforbindelser i luft. Endringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant på alle målesteder, på fastlands-Norge mellom 62% og 85% siden 1980 og mellom 39% og 74% siden 1990. Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår, beregnet til å være mellom 82% og 99% (69-87% fra 1990), og for sulfat mellom 71% og 78% (49-56% fra 1990). Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat i nedbør har en signifikant reduksjon, mellom 24% og 47% reduksjon siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. Fra 1990 har reduksjonen vært tilsvarende. For ammonium i nedbør har det også vært en signifikant reduksjon fra 1980, mellom 42% og 61%, ved nesten alle av de samme målestasjonene, mens det har vært en økning ved Tustervatn. Det samme observeres fra 1990, men noe lavere reduksjon. Årsmiddelkonsentrasjonene av ammonium og nitrat i luft viser derimot ingen entydig tendens siden målingene startet i 1986, det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO<sub>2</sub> på de fleste stasjonene.

### *Ozon*

Målingene av bakkenært ozon viser generelt lave konsentrasjoner i 2007. Høyeste timemiddel i 2007 var 139 µg/m<sup>3</sup>, målt på både Birkenes og Karasjok. Det er laveste årsmaksimum for landet som helhet, siden målingene startet på 1980-tallet. Andre indikatorer for ozon-eksponering viste også lave nivåer i 2007, men noen av indikatorene er så nær atmosfærens bakgrunnsnivå at det er overskridelser hvert år. Timemiddelverdier over 100 µg/m<sup>3</sup> ble målt på alle målestasjonene, og grenseverdien for helse med 8-timers middel på 80 µg/m<sup>3</sup> (SFTs grenseverdi) ble overskredet hyppig på alle stasjonene. Grenseverdien på 120 µg/m<sup>3</sup> for løpende 8-timers middel (EUs ozondirektiv) ble imidlertid overskredet på 5 av 8 stasjoner i 2007. Det var ingen overskridelser av tålegrensene for vegetasjon, AOT40, på de norske bakgrunnsstasjonene i 2007.

### *Metaller*

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium i nedbør ble målt på Svanvik i Sør-Varanger. Her observeres det også høyt konsentrasjonsnivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly var størst på Birkenes, Hurdal høyest på kadmium og sink. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978. På Svanvik var det en periode fra 2000-2003 med forhøyede verdier, men ellers har nivået vært relativt konstant siden 1990 med årlige variasjoner avhengig av meteorologiske forhold. Innholdet av sink har avtatt med ca. 70% siden 1976. Kadmiuminnholdet har avtatt med 50-80% siden slutten av 1970-årene, og endringen har vært størst på Birkenes. På den annen side ser man en økning av Cd og en del andre metaller (Ni, Co, Cu) de siste årene på Svanvik. Kvikksølv i nedbør på Lista/Birkenes viser en nedadgående trend.

### *Miljøgifter*

PCB-målingene i luft på Birkenes hadde et lavere årsmiddel i 2007 enn de tre foregående år. PCB har blitt målt på Birkenes. I nedbør hadde sum HCH en liten nedgang mens HCB hadde en liten økning. Resultatene for Zeppelinfjellet hadde lavere årsmiddel i 2007 enn i 2006 for parameterne sum HCH, HCB og sum klordaner, mens sum DDT, sum PCB og sum PAH hadde en høyere verdi enn i året før. For de klorerte forbindelsene var forskjellen i nivå fra 2006 til 2007 liten, mens økningen i sum PAH var noe større.

### *Partikler*

I 2007 var årsmidlet for  $PM_{10}$   $5,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mens det var  $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_{10-2,5}$ ,  $3,3$  for  $PM_{2,5}$  og  $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  for  $PM_1$ . Årsmidlene for 2007 er gjennomgående svært lave, og det ble registrert en nedgang i årsmidlet tilsvarende ca. 30% sammenlignet med foregående år. Karakteristisk for 2007 er få episoder med langtransportert forurensning av betydelig varighet og konsentrasjon, hvilket bidrar til de lave års- og månedsmidlene. På årsbasis utgjorde  $PM_{2,5}$  58% av  $PM_{10}$ , mens 74% av  $PM_{2,5}$  kunne tilskrives  $PM_1$ . Det er estimert at de uorganiske forbindelsene og de karbonholdige fraksjonene utgjorde i overkant av 70% av  $PM_{10}$ .

### **Vannkjemi**

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer på 37-81% fra 1980-2007. Nedgang i sulfat flatet noe ut fra 2001 til 2006, men for 2007 viser alle regioner av Norge de laveste konsentrasjoner i elver og innsjøer som er registrert så langt. Forsuringssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar forbedring gjennom hele 90-tallet, med økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og pH og nedgang i uorganisk aluminium (LAI, "giftig aluminium"). Forbedringene i forsuringssituasjonen har vært mest markert i de sterkest forsurede områdene på Sørlandet og noe mindre markert på Vestlandet og Østlandet. Også Midt-Norge og Nord-Norge, som har svært lav forurensningsbelastning, og Øst-Finnmark, som er påvirket av industri-utslipp på Kola, har vist en positiv utvikling.

Nitrat viser nedgang i alle regioner av landet. De laveste konsentrasjonene ble registrert i 2006 slik at det er en liten økning igjen fra 2006 til 2007.

I 2006 var det en markert økning i kalsium som ga utslag i en økning i ANC. I 2007 har kalsiumkonsentrasjonene igjen avtatt, noe som har medført at også ANC har avtatt fra 2006 til 2007. På tross av nedgangen i ANC i 2007 viser ANC en klart økende trend gjennom overvåkingsperioden.

pH har vist en økende trend gjennom hele overvåkingsperioden. Fra 2001 har pH i innsjøene vært på omtrent samme nivå, men det har vært relativt store år-til-år svingninger.

Uorganisk aluminium viser nær uendret konsentrasjonsnivå siden 2001. Dette er interessant fordi nivået av aluminium er kritisk for biologien, og dermed også for den biologiske gjenhenting som følges i den biologiske delen av overvåkingsprogrammet. Vi kan imidlertid ikke forklare årsaken til utflatingen av aluminiumskonsentrasjonene.

Økningen i organisk karbon (TOC), som ble registrert i perioden fra 1989 til 2001, har flatet noe ut frem til 2007. De høyeste gjennomsnittsverdiene registrert så langt i overvåkingen ble imidlertid registrert i 2006.

I Øst-Finnmark ser vi en økning i Ni-konsentrasjoner i vann. Dette er mest sannsynlig en respons på den økte deposisjonen av Ni i området.

## **Akvatisk fauna**

### *Invertebrater*

Overvåkingen av bunndyr i elver i 2007 viser at skadene på faunaen generelt er avtakende, en trend som startet omkring 1990. Den forbedrede tilstanden gjennom de siste 17 år vises både ved økt mangfold og ved økte andeler av forsuringfølsomme bunndyr i tidligere kronisk sure lokaliteter. Det er først og fremst lokaliteter i de mest forsurete områdene i sørvest som blir bedre. Det biologiske mangfoldet er ennå lavt sammenlignet med uforsurete lokaliteter i samme regioner. Rekoloniseringen av den mest følsomme faunaen er fremdeles ustabil. Den sørligste lokaliteten, i Farsund kommune, er et eksempel på dette med sporadisk tilstedeværelse av de mest følsomme bunndyrartene.

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forsuringssituasjonen fremdeles er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet. I nordlige deler av Østlandet og i Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitetene kun ubetydelig til litt skadet, men det finnes også lokaliteter som er moderat skadet i disse regionene. I Midt-Norge og Nord-Norge inkludert Øst-Finnmark, er invertebratsamfunnene i de fleste tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også noen innsjøer som vurderes til litt forsuringsskadet. Totalt sett er det små endringer over de tolv årene overvåkingen har pågått. For tre av innsjøene er endringene så entydige at vi nå kan snakke om en begynnende gjenhenting av invertebratfaunaen. Selv om enkelte av innsjøene som overvåkes årlig viser tegn på en positiv utvikling, er mengden av forsuringfølsomme bunndyr fremdeles lave og ustabile og gir ikke grunnlag for å konkludere med en generell bedring i forsuringstatus. Resultatene viser at vannkvaliteten i mange forsurede innsjøer fremdeles er dårlig i forhold til overlevelse og reproduksjon hos forsuringfølsomme invertebrater. Det forventes at biologisk gjenhenting tar vesentlig lengre tid for innsjøene enn for elvene, og selv når vannkvaliteten er blitt tilfredsstillende kan det ta flere år før en klar biologisk respons observeres.

### *Fisk*

Fisken i norske vassdrag er i betydelig grad berørt av forsuring, med henholdsvis rundt 9.600 tapte og 5.400 skadede innsjølevende bestander. Beregningene er basert på lokaliteter over 3,0 hektar. Aure er hardest rammet, med rundt 8.200 tapte og 3.900 skadede bestander. Videre har nærmere 1.900 abborbestander enten blitt skadet eller gått tapt pga forsuring, mens tilsvarende tall samlet for røye, mort, ørekyt og gjedde er 1.110 bestander. Fiskeskadene pga forsuring er størst i Agderfylkene og Rogaland, med henholdsvis rundt 62 % (n=5.038) og 16 % (n=1.289) av alle tapte aurebestander (n=8.200). Det er nå en positiv trend hos fisk i flere regioner, spesielt i Sørlandet-Vest (region V), Vestlandet-Sør (region VI) og Øst-Finnmark (region X). Enkelte fiskebestander i Sør-Norge har fortsatt tynne bestander som trolig skyldes forsuring. I tillegg er det ennå ikke reetablert fisk i mange innsjøer der de stedegne bestandene er tapt. I våre mest forsuringbelastede områder er derfor situasjonen for fisk fortsatt alvorlig. I tilløpsbekker til innsjøer i Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i Rogaland har det vært en klar økning i tettheten av aureunger i løpet av de siste 10 åra. I Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane har rekrutteringen hos aure vært mer ustabil, men også her har det vært en positiv utvikling i seinere år. Midt-Norge og nordover har gode fiskebestander uten skader, kanskje bortsett fra noen små områder på Jarfjordfjellet i Øst-Finnmark.

## **Terresterisk miljø**

### *Skog*

De siste tre årene har kronetetthet for både gran, furu og bjørk avtatt etter en relativt stabil periode fra slutten av 1990-tallet frem til år 2004. Denne nedgangen var størst på Østlandet og i Agderfylkene. For kronefarge har tilstanden vært nokså stabil etter år 2000, men også her

var det i 2007 registrert en liten nedgang med flere misfargede trær enn året før. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sjukdommer (eksempelvis ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter eller blir sjuke skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. De variasjonene vi har sett de siste årene skyldes ofte sopp- og insektskader som igjen er betinget av klimatiske forhold. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg eller i samspill med disse påvirkningene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen har vært svært liten i forhold til de andre påvirkningsfaktorene. I fremtiden vil eventuelle utslag av et endret klima trolig spille en større rolle. Resultater fra skogøkologiske undersøkelser viser at det er betydelige variasjoner fra år til år i enkelte målinger. Disse variasjonene ligger generelt innenfor det som er vanlig i boreal barskog.

#### *Terrestrisk flora og fauna*

Registrerte endringer i markvegetasjonen i bjørkeskog i Møsvatnområdet er konsistente med effekter av pågående nitrogengjødsling. Disse endringene kan både skyldes lokale gjødslingeffekter av store angrep av bjørkemålere og nedfall av nitrogenforbindelser. Bjørkemålerangrep kan frigjøre næring fra oppspist vegetasjon. Dessuten er økningen av store moser i markvegetasjonen også konsistent med effekter av et mildere klima de siste tiårene. Markvegetasjonen i Urvatnet naturreservat viste betydelige endringer, med en klar tilbakegang for flere karplantearter og framgang for en del store moser. Disse endringene kan ikke knyttes til forurensningseffekter, men kan for mosenes del skyldes effekter av et mildere klima. Årsaken til endringene for karplantene er foreløpig uavklart.

Registreringer av epifyttisk vegetasjon på stammer av bjørk (på furu i Solhomfjell) viser en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, med lavest dekning og høyest skadeomfang i sørlige områder. Kartlegging av epifyttfloraen i Møsvatnområdet viste fortsatt økning i dekningen av lav generelt og forurensningsfølsomme hengelav spesielt, samt svært lavt skadeomfang. Disse endringene er konsistente med lavere svovelnedfall og et mildt klima med lengre vekstsesong de siste tiårene.

Fuglefaunaen i TOV-områdene viser ikke observerbare effekter av langtransporterte eller lokale forurensninger. Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser generelt god produksjon også i de forurensete områdene i Sør-Norge, selv om produksjonen varierer en god del på grunn av fluktuasjoner i næringsgrunnlaget. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensningsbelastete områder enn i nord. Svarthvit fluesnapper har tidligere år vist noe lavere klekkesuksess i de sørligste områdene, men har i flere år vist klekkesuksess på samme nivå i sørlige som i nordlige områder.

## **2. Results from monitoring effects of long-range transboundary air pollution in Norway 2007**

### **About the monitoring programmes**

This report covers the main results for 2007 from three national monitoring programmes “Monitoring of long-range transboundary air pollution”, “Monitoring programme for forest damage” (OPS) and “Programme for terrestrial ecosystem monitoring” (TOV). These three programmes organize extensive monitoring of air, water, soil, forest and other terrestrial vegetation, and aquatic and terrestrial fauna.

### **Air and precipitation**

The emissions of sulphur dioxide, nitrogen oxides and ammonia in Europe have decreased by 56%, 24 and 21% respectively since 1990 (EMEP Status report 1/2007). The concentration in precipitation and the deposition of main ions in precipitation in 2007 is one of the lowest ever observed, same is true for sulphur compounds in air. The observed reductions in concentration levels in deposition are in agreement with emission reductions in Europe. Since 1980 the content of sulphate in precipitation at the Norwegian monitoring sites decreased by 62-85% and between 39% and 74% from 1990). Similar reductions in airborne concentrations were 82%-99% and 71-78% for sulphur dioxide and sulphate, respectively from 1980, (69-87% and 49-56% from 1990). The decrease of sulphur was highest until the late nineties, the latter years the trend is slower. Nitrate and ammonium concentrations show significant decrease in concentration in precipitation at most sites in southern Norway, 24-47% and 42-61% reduction respectively. It is, however, not observed any significant trends for nitrogen species in air except for a clear decrease in NO<sub>2</sub> concentration the last 10 years. For ammonium one can observe both positive and negative trends at different sites, probably due to local influence of ammonia.

The measurements of ground-level ozone show low concentrations in 2007 in general. The low levels of surface ozone in 2007 could be explained by the meteorological conditions including the wet and cold summer season in South Norway and generally low ozone concentrations elsewhere at the continent. The maximum hourly average in 2007 was 139 µg/m<sup>3</sup> measured at Birkenes and Karasjok. That is the lowest annual maximum for the country as a whole since the monitoring started in the 1980ies. The limit value of 80 µg/m<sup>3</sup> as 8 hours running average (SFT's limit value) was exceeded frequently at all sites. EU's threshold value for protection of human health (120 µg/m<sup>3</sup> as 8 h running average) was exceeded at some of the sites (5 out of 8) in 2007. The limit value for vegetation of 50 µg/m<sup>3</sup> as 7 hours mean (9-16) in the growth season April to September was exceeded in the whole country in 2007. There were no exceedances of the threshold values for accumulated ozone exposure to crops (3 months AOT40) or to forests (6 months AOT40).

The highest annual mean concentrations of most of the heavy metals in precipitation were measured in Sør-Varanger (Svanvik) due to emissions in Russia. The wet deposition is highest at Birkenes and Hurdal. The heavy metal concentrations of Pb, Cd and Zn have generally decreased by about 60-80% from the late seventies, but after 1990 the concentration level has been relatively constant, except for Svanvik that had relatively high level of Pb between 2000 and 2003. In addition, at Svanvik there is an increase in Cd, Ni, Cu and Co in precipitation since 2000.

The air results of HCB, sum HCH and sum PCB at Birkenes had slightly lower annual mean values in year 2007 than in year 2006. In deposition sum HCH had a small decrease while

HCB had a slight increase. The annual averages at Zeppelin Mountain had lower values in year 2007 than in year 2006 for the parameters sum HCH, HCB and sum chlordanes, while sum DDT, sum PCB and sum PAH had higher values than in the previous year. For the chlorinated compounds the change was small while for sum PAH the change was larger but not dramatic.

In 2007, the annual mean concentration of PM<sub>10</sub> was 5,6 µg/m<sup>3</sup>, while the corresponding figures for PM<sub>10-2.5</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> was 2,3 µg/m<sup>3</sup>, 3,3 and 2,7 µg/m<sup>3</sup>, respectively. The annual mean concentrations of PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>1</sub> reported for 2007 are low, and are found to be 30% less than for the previous year. Characteristic for 2007 was the low frequency of long lasting episodes of long range transport contributing substantially to the PM loading. Approximately 70% of PM<sub>10</sub> could be explained by the chemical analysis performed. Organic matter and secondary inorganic constituents dominated the PM<sub>10</sub> mass when experiencing episodes of high PM concentrations.

### **Water**

The decrease in sulphur deposition has caused a decrease in the concentration of sulphate in surface waters in Norway by 37-81 % from 1980 to 2007. From 2001 to 2006 there has been a very slight decrease in sulphate, but 2007 again showed the lowest concentrations of sulphate registered. There has also been a decrease in nitrate, although much smaller than the decrease in sulphate in all parts of Norway. As a response to the decrease in sulphate (and nitrate), the acidification situation in lakes and rivers showed a clear improvement in the 1990s with increase in pH and ANC (Acid Neutralizing Capacity) and a decrease in inorganic (toxic) aluminium. The improvements have been most pronounced in southernmost Norway, and somewhat less pronounced in western and eastern parts of the country. Even the less affected areas in central and northern Norway, and the areas close to the Russian border influenced by pollution from the Kola Peninsula, have shown a positive development in surface water chemistry related to acidification.

Inorganic aluminium has shown unchanged concentration levels since 2001. This is of interest, both due to the fact that this is unexpected due to the increase in e.g. pH, but also because this may have a major influence on the biological recovery which is followed in the biological monitoring programme. The increase in total organic carbon (TOC) from 1989 to 2001 has levelled out up to 2007. However, the highest concentrations of TOC registered so far was in 2006.

In eastern part of Finnmark in northern Norway, there is an increase in Ni concentrations in the lakes since 2003, most probable due to the increased emissions from the Ni-smelter, and the increased deposition of Ni in the area.

### **Aquatic fauna**

#### *Invertebrates*

The invertebrate monitoring in rivers in 2007 demonstrated that acidification damages generally continue to decrease. During the last 17 years biodiversity has increased and acid-sensitive invertebrates occurs in areas that earlier were damaged. However, recolonisation of acid sensitive macroinvertebrates is unstable. The southernmost watercourse Farsund gives an example to this. Here populations of the most sensitive mayflies are present only some of the years, probably as a result of strong sea-salt episodes.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2007) confirm the general trend that watersheds in southernmost Norway are more damaged than those situated further north and in the central mountain areas of Southern Norway. Some acidified lakes show signs of slight improvements during the last years, with increased presence of sensitive fauna and increased biodiversity. Biological recovery of lake communities are, however, still weak and unstable and therefore the ecological status of these lakes are unchanged. For some few sites the improvements are unambiguous, indicating that the invertebrate fauna is now recovering in these lakes. Many acidified lakes are still too toxic to support biological recovery. Furthermore, the biological recovery time is generally longer for lake invertebrates than for river invertebrates.

#### *Fish*

The current status of fish populations in Norwegian lakes greater than 3.0 ha have been assessed in relation to effects of acidification during recent years. The number of lost and damaged populations of the six most common species of fish were estimated to be about 9.600 and 5.400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage with a total loss of 8.200 stocks. Lakes in southernmost Norway (Agder) have suffered the highest damage with about 5.000 lost brown trout stocks. Test-fishing with gill nets in lakes throughout Norway, indicate an increase in fish abundance in most areas. However, some fish populations are still low in abundance, which can be due to acidification. The density of young brown trout in tributaries to lakes in Vikedal and Bjerkreim watersheds in southwestern Norway (Rogaland County) has increased significantly since the mid 1990s. Corresponding densities of young brown trout in Gaular watershed in western Norway have been more unstable, however, there has been an increase in abundance in recent years.

### **Terrestrial ecosystems**

#### *Forest*

During the last three years, crown densities for Norway spruce, Scots pine and birch were slightly reduced after a stable period from the late 1990s until the year 2004. This reduction in crown density was most evident in the south-eastern parts of Norway. Crown colour has been relatively steady after the year 2000; however, a slight reduction with more discoloured trees has been observed in 2007 in most parts of the country. Crown condition is determined by a number of factors and stresses, such as age, diseases (e.g. various fungi), growth conditions and climatic stress (drought and frost). When trees show signs of poor health, this is often due to an interaction of some of these natural causes. The variation we have seen in the last years has mainly been caused by fungal and insect attacks that were largely due to a combination of climatic stress to trees and a favourable climatic environment for fungi and insects. Effects of air pollutants may come in addition to or interaction with these factors. The effect of pollutants on forest condition is hard to estimate, because it has been small compared with the effects of other factors. In the future, effects of climate change may play a larger role. Results from ecological investigations on the intensive monitoring plots suggest that the forest environment is probably in general stable. There were, as usual, large fluctuations from year to year in some measurements, probably within the normal variation for boreal coniferous forests.

#### *Terrestrial flora and fauna*

Observed changes in the ground vegetation of birch forests of the Møsvatn monitoring site are consistent with effects of on-going nitrogen eutrophication. These changes may be due to both local effects of large attacks of defoliating moths and to continuing nitrogen deposition. The increase for large mosses also reflects effects of a milder climate over the last few decades.

The ground vegetation in the Urvatnet nature reserve exhibited significant changes, with a clear decrease in frequency for several vascular plants and an increase for some large mosses. These changes do not seem to be linked to pollution effects, but the increase for the mosses may be caused by a milder climate. The causes for observed changes in vascular plants are as yet unknown.

Surveys of epiphytic vegetation on trunks of birch at the monitoring sites (pine at Solhomfjell) show clear relationships between lichen cover and damage status and deposition patterns of pollutants, with the lowest cover and highest damage frequency in the southernmost sites. The epiphytic flora of the monitoring site at Møsvatn shows continuing increase in the cover of lichens in general and pollution-sensitive species in particular, as well as a very low damage frequency. These changes may be linked to effects of reduced sulphur deposition and a milder and moister climate the last few decades.

The bird fauna of the monitoring sites does not show observable effects of long-range or local pollution. Golden eagles and gyrfalcons at the monitoring sites exhibited similar patterns of production at southern polluted sites compared to northern sites, although with considerable variability due to fluctuations in their food supply. There is no indication that population variation in passerine birds is significantly different in southern compared to northern sites. Hatching success of pied flycatchers has also been at comparable levels in southern and northern sites for several years.



### 3. Innledning

I Norge er det i dag tre statlige overvåkingsprogrammer som overvåker effekter av langtransporterte forurensninger på økosystemer; ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”, ”Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) og ”Program for terrestrisk naturovervåking” (TOV). Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord og skog samt akvatisk og terrestrisk fauna. Dette er store og arbeidskrevende programmer hvor mange norske forskningsmiljøer er involvert. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter, og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre.

Vi ønsker her å gi en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne sammendragsrapporten baserer seg på (se kapittel 7).

Felles for alle overvåkingsprogrammene er en målsetning om at resultatene skal brukes for å vurdere behovet for tiltak og å vurdere virkninger av tiltak. Overvåkingen skal dessuten gi en oversikt over forurensningssituasjonen og nødvendig kunnskap om generelle forurensningsproblemer, og er i mange tilfeller et ledd i internasjonale avtaler som Norge har underskrevet. Overvåkingen gjennomføres for å kunne:

- treffe beslutninger om tiltak nasjonalt
- dokumentere effekter av internasjonale avtaler
- dokumentere behov for ytterligere tiltak internasjonalt og styrking av avtalene
- vurdere behov for og eventuelt omfang av reparerende tiltak
- gi grunnlag for informasjon generelt til politikere, myndigheter og publikum

For arbeidsområdet langtransporterte luftforurensninger, som de tre programmene i denne rapporten omhandler, er hovedmålet:

*“Arbeide for at naturens tålegrense for forsurening og bakkenært ozon ikke overskrides”.*

#### 3.1 Presentasjon av programmene

##### **Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør**

Programmet for ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør” startet i 1980 i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT) etter avslutningen av forskningsprosjektet ”Sur nedbørs virkning på skog og fisk” (SNSF-prosjektet). Formålet til ”Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør” er blant annet å klarlegge endringer i luft, vannkjemi og jord relatert til langtransporterte luftforurensninger over tid og hvilken virkning dette har på akvatisk fauna (bunndyr, krepsdyr og fisk). SFT har hovedansvaret for koordineringen av overvåkingsprogrammet og administrerer overvåkingen av atmosfæriske tilførsler og den vannkemiske overvåkingen. Direktoratet for naturforvaltning (DN) administrerer den biologiske delen. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er fordelt mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) (atmosfæriske tilførsler), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (vannkjemi), Norsk institutt for naturforskning (NINA) (fisk- og krepsdyrundersøkelser) og LFI- Unifob, Universitetet i Bergen (bunndyrundersøkelser). Det faglige samarbeidet koordineres gjennom en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT der SFTs representant har formannsvervet.

### **Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)**

Landbruksdepartementet og SFT er oppdragsgivere og finansierer ”Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) som ble opprettet i 1985. Formålet til OPS er blant annet å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid, og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Programmet blir utført av NILU (atmosfæriske tilførsler) og Skog og landskap med landsrepresentative undersøkelser av skogtilstand (i), regionale flater med skogtilstand i produksjonsskog (ii) og skogøkologiske undersøkelser på ICP-Forests intensivflater (iii). Skog og landskap koordinerer OPS, og programmet har en egen styringsgruppe.

### **Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)**

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) ble startet av Direktoratet for naturforvaltning (DN) i 1990 for å belyse effektene av langtransporterte forurensninger på representative terrestriske økosystemer i norsk natur. Programmet omfatter studier av effekter av forsuring, nitrogen gjødsling, metaller og organiske miljøgifter. Det foregår dels som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder og dels i form av landsomfattende og regionale kartlegginger av status for noen biologiske forurensningsindikatorer. DN står for finansiering av TOV og har støttet seg til et fagråd i utviklingen og gjennomføringen av programmet. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er lagt til NINA (markvegetasjon, epifyttisk vegetasjon, fauna, miljøgifter i næringskjeder) og Universitetet i Oslo (vegetasjon i barskog). Fra og med 2001 er TOV generelt orientert mot effekter av ulike påvirkningsfaktorer på biologisk mangfold.

I 1988 etablerte Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (fra 2006 Norsk institutt for skog og landskap) vegetasjonsovervåking i granskog. Siden 2001 er resultatene fra denne vegetasjonsovervåkingen og fra TOVs vegetasjonsovervåking i bjørkeskog (barskog i Solhomfjell) i økende grad sett i sammenheng. Fra 2006 har DN bidratt med midler til videreføring av vegetasjonsovervåkingen i granskog, og fra 2007 er det lagt opp til felles rapportering av resultatene fra vegetasjonsovervåkingen.

## **3.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv**

Resultater fra de norske overvåkingsprogrammene er et viktig redskap for norske forvaltningsmyndigheter til å holde en oversikt over naturtilstanden i Norge og hvordan den påvirkes/endres av langtransporterte forurensninger. Resultatene brukes imidlertid også til å oppfylle Norges forpliktelser i de internasjonale avtalene under “Konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger” (CLRTAP) som ble etablert i 1979. CLRTAP er en rammeavtale som har til formål å verne mennesker og miljø mot luftforurensning. Konkrete forpliktelser om utslippsreduksjoner er nedfelt i protokoller. I dag finnes det syv protokoller under konvensjonen som regulerer utslipp. Årstallene i parentes viser når protokollen ble undertegnet;

1. **Nitrogenprotokollen (1988)** forplikter landene til å redusere sine NO<sub>x</sub>-utslipp til 1987-nivå.
2. **VOC-protokollen (1991)** forplikter landene til å redusere utslippene av flyktige organiske komponenter (VOC) med 30% relatert til 1988 (eller et valgfritt år mellom 1984 og 1990).
3. **Svovelprotokollen (1985)** forplikter landene til å redusere utslippene av svovel med 30%

4. **Den 2. Svovelprotokollen (1994)** forplikter landene til å redusere sine utslipp av svovel slik at overskridelsen av tålegrensen for tilførsler av svovel reduseres med minst 60% relativt til 1980-nivå. Denne protokollen erstatter den 1. Svovelprotokollen.
5. **Tungmetallprotokollen (1998)** forplikter landene til å gjennomføre tiltak for å redusere utslippene av tungmetaller (Pb, Hg, Cd) til 1990 eller en gitt referanse mellom 1985 og 1990.
6. **POP-protokollen (1998)** forplikter landene til å gjennomføre tiltak for å redusere utslippene av et utvalg (ca. 20) persistente organiske forbindelser (POP) i forhold til 1990 eller en gitt referanse mellom 1985 og 1990.
7. **Multi-effekt/multi-forurensningprotokollen (Multi-protokollen) (1999)** tar for seg forsurening, eutrofiering og bakkenær ozon som forårsakes av utslipp av svovel, nitrogenoksider, ammonium og flyktige organiske komponenter (VOC).

Gjennom protokollene forplikter landene seg til å overvåke utslipp, tilførsler og effekter av langtransporterte forurensninger. Alle aktivitetene er organisert i samarbeidsprogrammer hvor programsentre er ansvarlig for samordning og rapportering av data fra alle deltagende land. Et program omhandler registrering av utslipp, overvåking av luft- og nedbørkjemi samt modellering av hvordan luftforurensninger beveger seg (Det europeiske måle- og evalueringsprogrammet for langtransporterte forurensninger - EMEP). I tillegg finnes syv forskjellige programmer (International cooperative programmes - ICPs) som omhandler effekter; vann (ICP Waters), skog (ICP Forests), økosystem struktur (ICP Integrated Monitoring), vegetasjon (ICP Vegetation), materialer (ICP Materials), tålegrenser (ICP Modelling and Mapping) og menneskelig helse (Joint TF on Human health (sammen med WHO)).

Norge bidrar aktivt innen de fleste av disse programmene, både med data og med faglig ekspertise. Resultater fra de norske overvåkingsprogrammene "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", OPS og TOV bidrar til å oppfylle de norske forpliktelsene om å overvåke effektene av de forskjellige protokollene. Data fra programmene blir rapportert direkte til EMEP og ICP-ene hvor de blir bearbeidet og rapportert sammen med data fra andre europeiske og nord-amerikanske land.

## 4. Luft og nedbør

Den atmosfæriske tilførselen av forurensende forbindelser overvåkes ved måling av kjemiske forbindelser i luft og nedbør. Forurensningene tilføres med nedbør, og ved tørravsetning av gasser og partikler. Målet for overvåking av luftens og nedbørens kjemiske sammensetning på norske bakgrunnsstasjoner er å registrere nivåer og eventuelle endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger. Bakgrunnsstasjonene er derfor plassert slik at de er minst mulig påvirket av nærliggende utslippskilder. NILU startet regelmessig prøvetaking av døgnlig nedbør i 1971, med de fleste stasjonene på Sørlandet. Senere er stasjonsnett og måleprogrammet utvidet for å gi bedret informasjon om tilførsler i hele landet.

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2007 utført døgnlig ved 6 stasjoner og på ukebasis ved 10 stasjoner (*Figur 1*). Konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er bestemt på 5 stasjoner med ukentlig prøvetaking. De uorganiske hovedkomponentene i luft er bestemt på totalt 7 stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 8 stasjoner. Partikkelmålinger av PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> er utført på Birkenes, der partikkelmasse og organisk og elementært karbon (OC og EC) er bestemt. Organiske miljøgifter og tungmetaller i luft er bestemt på to stasjoner.

### 4.1 Utslipp

Utslipp av forurensninger til atmosfæren skjer fra en lang rekke naturlige og antropogene kilder. Forbrenning av fossilt brensel er den viktigste kilde til svoveldioksid og nitrogenoksider i Europa. I tidsrommet 1950-1970 var det en markert økning i utslippene av både svoveldioksid og nitrogenoksider, men siden 1980 har utslippene av spesielt svovel blitt redusert signifikant pga internasjonale avtaler (Kapittel 3.2). Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert med hhv. 56%, 24% og 21% fra 1990 til 2005 (EMEP Status Report 1/2007). Utslppsreduksjonen, spesielt for svovel, er en del høyere om man ser på hele perioden fra 1980 da utslippene var på sitt høyeste, men det er naturlig å sammenligne med 1990 da dette er referanseåret man bruker i Gøteborg-protokollen. Dette er en multikomponent protokoll, og målsetningen er å redusere svovelutslippene i Norge med 63% innen år 2010 sammenlignet med 1990. Utslippene av nitrogenoksider og ammoniakk skal reduseres med henholdsvis 41% og 17%.

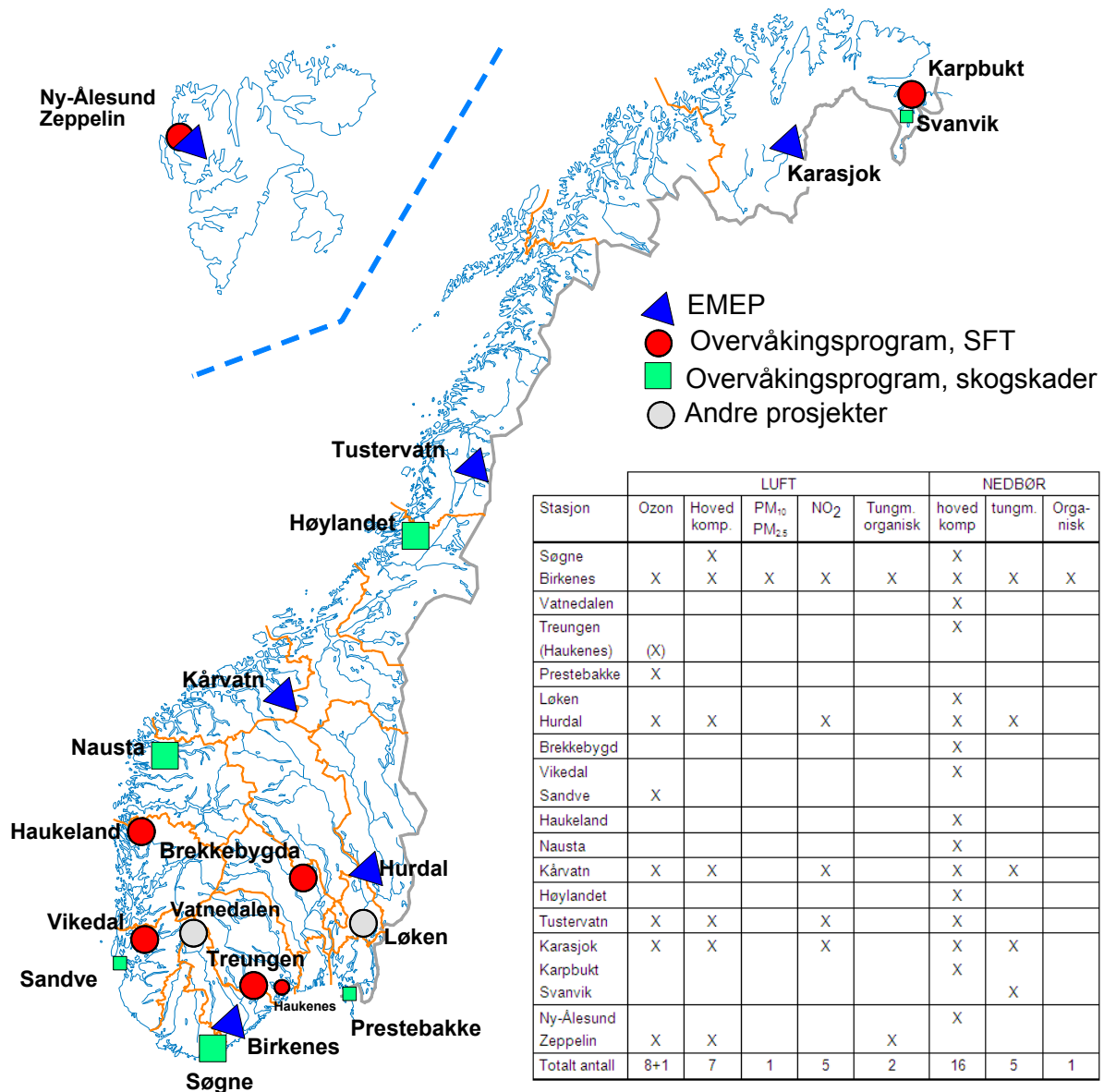
### 4.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

Ioneinnholdet i nedbør (utenom bidraget fra sjøsalter) avtar nordover fra Sør-Norge og er minst i fylkene fra Møre og Romsdal til Troms. De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner for de fleste hovedkomponentene ble i 2007 målt på Søgne. Våtavsetningen av sulfat, nitrat, ammonium og sterk syre var størst langs kysten fra Aust-Agder til Hordaland. Månedsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør i 2007 hadde ikke noen entydig sesongvariasjon. Man kan se en forhøyning på høst og vår på enkelte stasjoner i sør, mens man lenger nord mer ser en tendens til høyere nivå på sommeren. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i *Figur 2*.

Konsentrasjonene av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i 2007 var gjennomgående lavere på alle stasjoner sammenlignet med tidligere år, med et par unntak. Våtavsetningen er markant lavere i 2007 på alle stasjoner. I et lengre tidsperspektiv har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre avtatt betraktelig de siste 20 årene. *Figur 3* viser veide gjennomsnittsverdier for 5 representative målesteder på Sørlandet og Østlandet, og man

ser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold. Innholdet av nitrat og ammonium viser også noe lavere nivå.

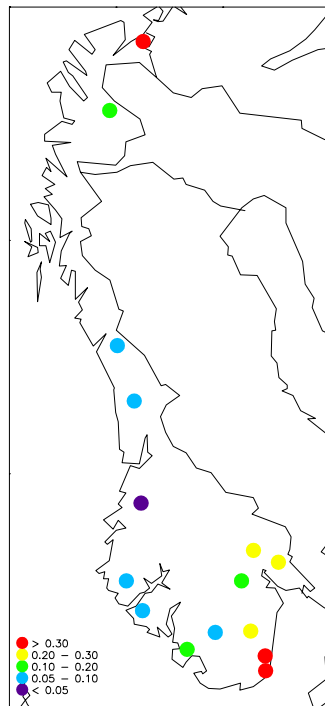
Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder. I perioden 1980-2007 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 62% og 85%; fra 1990-2007 mellom 39% og 74% reduksjon. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon mellom 24% og 47% på stasjonene i Sør-Norge. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle de samme målestasjonene utenom Vatnedalen og Kårvatn, mellom 42% og 61%. Man ser en økning av ammonium på enkelte stasjoner som sannsynligvis skyldes påvirkning av lokale utslipp. Nedgangen i nitrogen er signifikant også fra 1990, men noe lavere reduksjoner enn sammenlignet med 1980. Basekationer (representert ved kalsium) har også hatt en signifikant reduksjon på flere stasjoner.



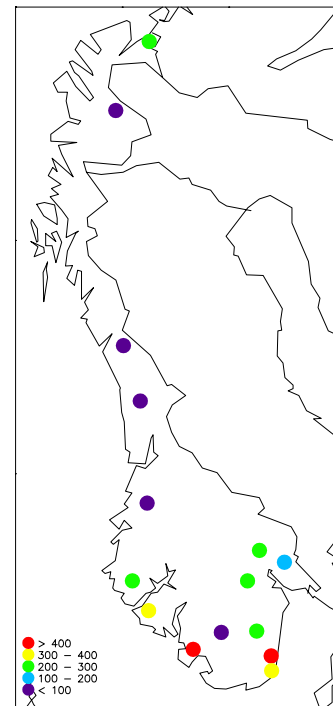
Figur 1. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkener ozon i 2007.

Figure 1. Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2007.

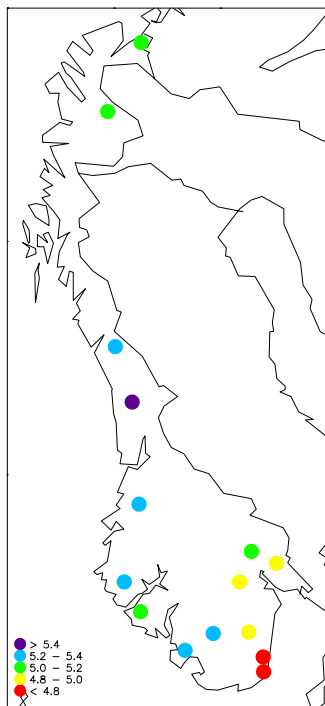
Sulfat –  
konsentrasjoner  
i nedbør 2007  
mg S/l



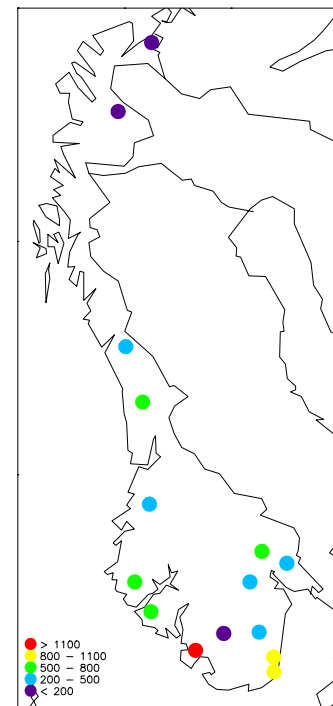
Sulfat –  
våtavsetning i  
nedbør 2007  
mg S/m<sup>2</sup>



pH  
middelverdier  
2007

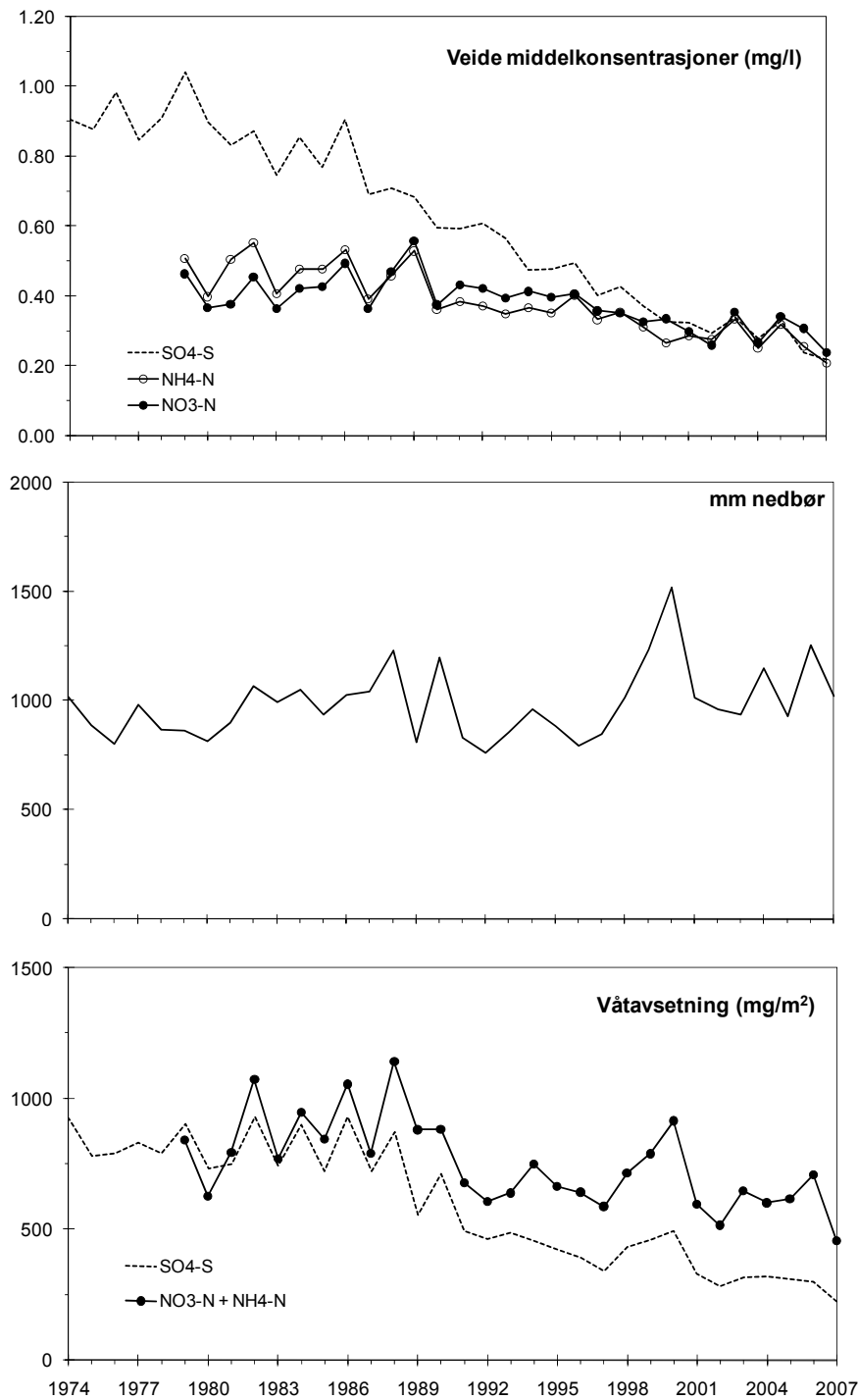


Sum nitrat og  
ammonium  
avsetning  
2007, mg N/m<sup>2</sup>



Figur 2. Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2007.

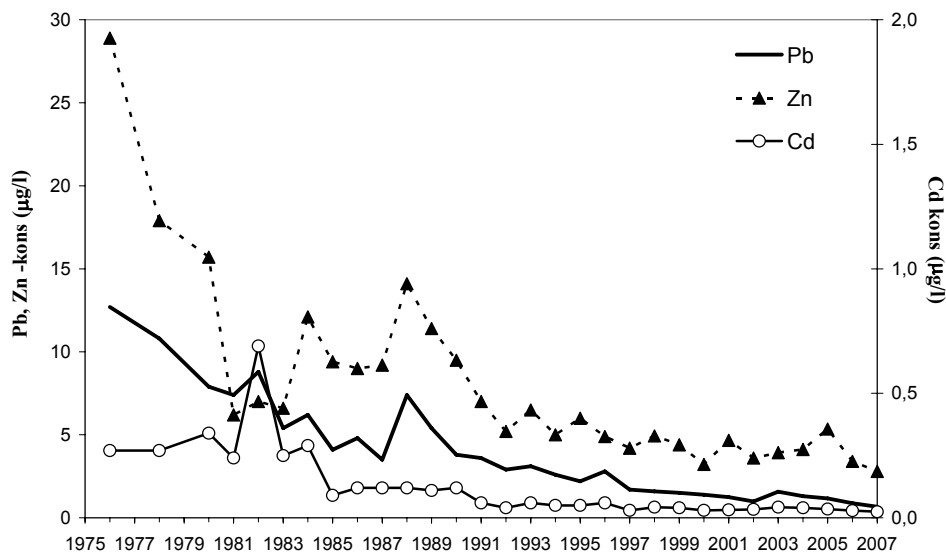
Figure 2. Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2007.



Figur 3. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1974 til 2007 for 5 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda og Løken.

Figure 3. Annual mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen from 1974 to 2007 based on 5 representative sites in Southern Norway.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium ble målt på Svanvik, med henholdsvis 1,25 og 0,23 µg/l. Svanvik i Sør-Varanger har også høyest nivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly var størst på Birkenes, mens Hurdal hadde høyest avsetning av kadmium og sink. For de andre elementene er det høyest på Svanvik. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978. På Svanvik var det en periode fra 2000-2003 med forhøyede verdier, men ellers har nivået vært relativt konstant siden 1990 med årlige variasjoner avhengig av meteorologiske forhold. Innholdet av sink har avtatt med ca.70% siden 1976. Kadmiuminnholdet har avtatt med 50-80% siden slutten av 1970-årene, og endringen har vært størst på Birkenes (Figur 4). Kadmiumnivået på Svanvik og Hurdal har steget noe de siste par årene, særlig markant er det på Svanvik med rekordhøyt nivå i 2007. Også for andre metaller (Ni, Cu og Co) er det en oppadgående trend på Svanvik.



Figur 4. Middelskonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2007.

Figure 4. Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2007.

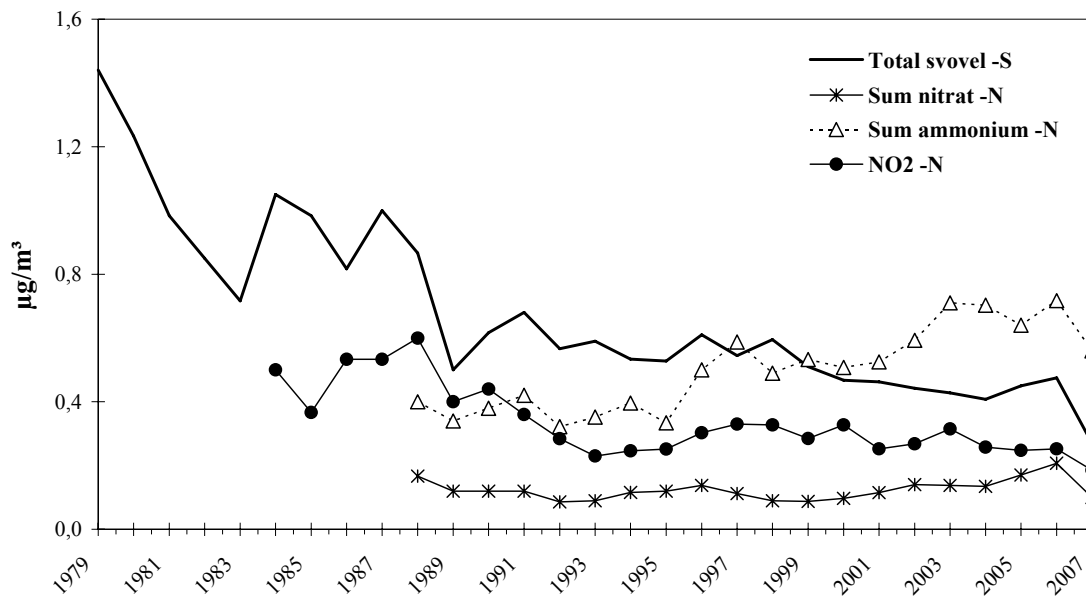
#### 4.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med SO<sub>2</sub>-konsentrasjon på Søgne på 0,21 µg S·m<sup>-3</sup> og Karasjok med 0,19 µg S·m<sup>-3</sup>. Høyeste døgnmidlet ble målt i Karasjok med 5,75 µg S·m<sup>-3</sup> 3. februar 2007, og trajektoriene for denne dagen viser også at luftmassene kommer fra Kolahalvøya. Høyeste årsmiddel av partikulært sulfat ble målt på Søgne (0,37 µg S m<sup>-3</sup>). Den høyeste episoden ble observert på Kårvatn 23. september (3,74 µg S m<sup>-3</sup>). Det er uvanlig at Kårvatn observerer slike høye episoder. De høyeste døgnnivåene etter langtransportepisoder observeres vanligvis på Birkenes eller andre stasjoner i Sør-Norge. 23. september er en langtransportepisode fra Storbritannia, den observeres også på Tustervatn og Birkenes, dog mye mer svekket. Høyest NO<sub>2</sub>-nivå ble observert på Hurdal målestasjon med årsmiddel på 0,78 µg N·m<sup>-3</sup>. Denne stasjonen påvirkes av den store biltrafikken i denne regionen. Den høyeste døgnmiddelverdien av NO<sub>2</sub> ble også målt på Hurdal (9,84 µg N·m<sup>-3</sup>) 25. januar.



Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" hadde Søgne med  $0,23 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ . Søgne hadde også høyest årsmiddel av "sum ammonium" ( $0,61 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ ) av de stasjonene med minimal lokal påvirkning. Tustervatn som er påvirket av lokal gårdsdrift, hadde et årsmiddel på  $0,94 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Reduksjonene for svoveldioksid med 1980 som referanseår, er beregnet til å være mellom 82% og 99% (69-87% fra 1990), og for sulfat mellom 71% og 78% (49-56% fra 1990) på fastlands-Norge. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet mellom 1986 og 1989. Det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for  $\text{NO}_2$  på flere av stasjonene, *Figur 5*.

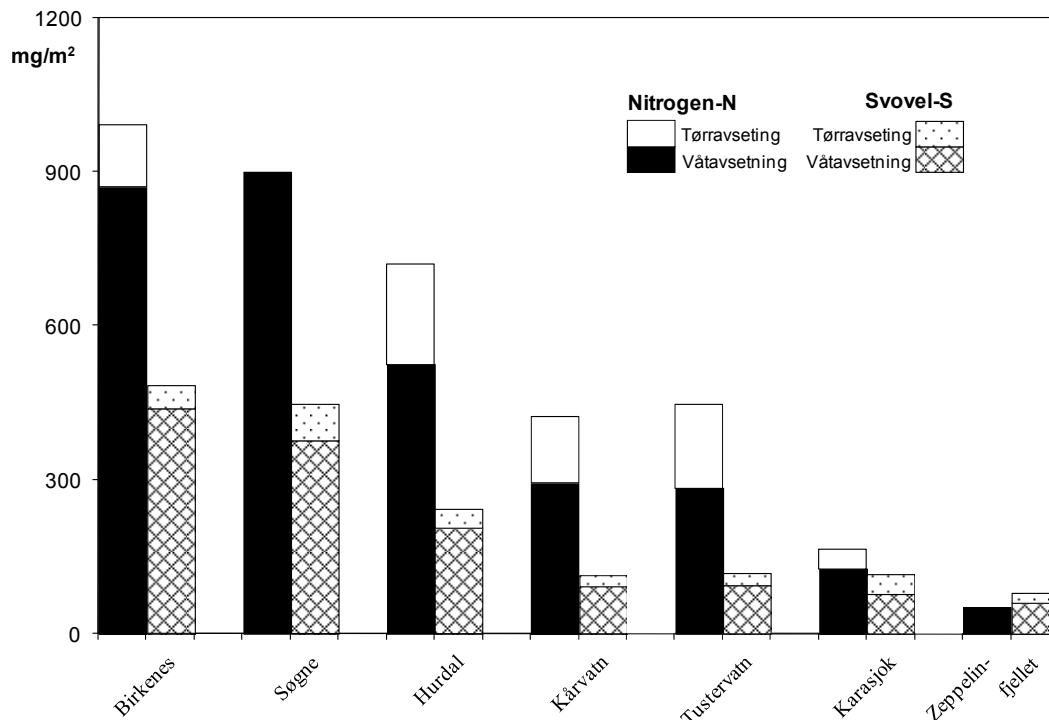


*Figur 5. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ( $\text{SO}_2+\text{SO}_4^-$ ), oksidert nitrogen ( $\text{HNO}_3+\text{NO}_3$ ), redusert nitrogen ( $\text{NH}_3+\text{NH}_4$ ) og  $\text{NO}_2$  på fire norske EMEP-stasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn og Karasjok/Jergul).*

*Figure 5. Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at four Norwegian EMEP-sites (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn and Karasjok/Jergul).*

#### 4.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

*Figur 6* viser at våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen i alle landsdeler, unntatt i Finnmark. Tørravsetningsbidragene av nitrogenforbindelser på Tustervatn og Kårvatn skyldes delvis lokale ammoniakkutslipp. Tørravsetningsbidraget er kun beregnet for stasjonene med fullt måleprogram. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 12–27% om sommeren og 5–11% om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. På Karasjok er det hhv. 31% tørravsetning om sommeren og 40% om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.



Figur 6. Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakgrunnstasjoner i 2007.

Figure 6. Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2007.

#### 4.5 Bakkenær ozon

De høyeste maksimumsverdiene i 2007 ble registrert på Birkenes ( $139 \mu\text{g m}^{-3}$ ) og Karasjok ( $139 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Dette er laveste årsmaksimum for landet som helhet, siden målingene startet på 1980-tallet. Generelt viser ozonmålingene lave nivåer i 2007 sammenlignet med tidligere år, noe som viser betydningen av variasjoner fra et år til et annet i storskala meteorologiske forhold. Året før, i 2006, var ozonnivået uvanlig høyt i hele landet, *Tabell 1*.

Timemiddelverdier over  $100 \mu\text{g m}^{-3}$  ble målt på alle målestasjonene, og grenseverdien for helse med 8-timers middel på  $80 \mu\text{g m}^{-3}$  (SFTs grenseverdi) ble overskredet hyppig på alle stasjonene. Grenseverdien på  $120 \mu\text{g m}^{-3}$  for løpende 8-timers middel (EUs ozondirektiv) ble imidlertid overskredet på 5 av 8 stasjoner i 2007.

Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996) og EUs ozondirektiv. Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong. Grenseverdien på  $50 \mu\text{g m}^{-3}$  som 7-timers middel for kl. 09-16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2007. Middelveien var størst på Birkenes ( $76 \mu\text{g m}^{-3}$ ). *Figur 7* viser 7-timers middelveien for Birkenes i perioden 1985-2007. Figuren viser at det er en del variasjon fra år til år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden.

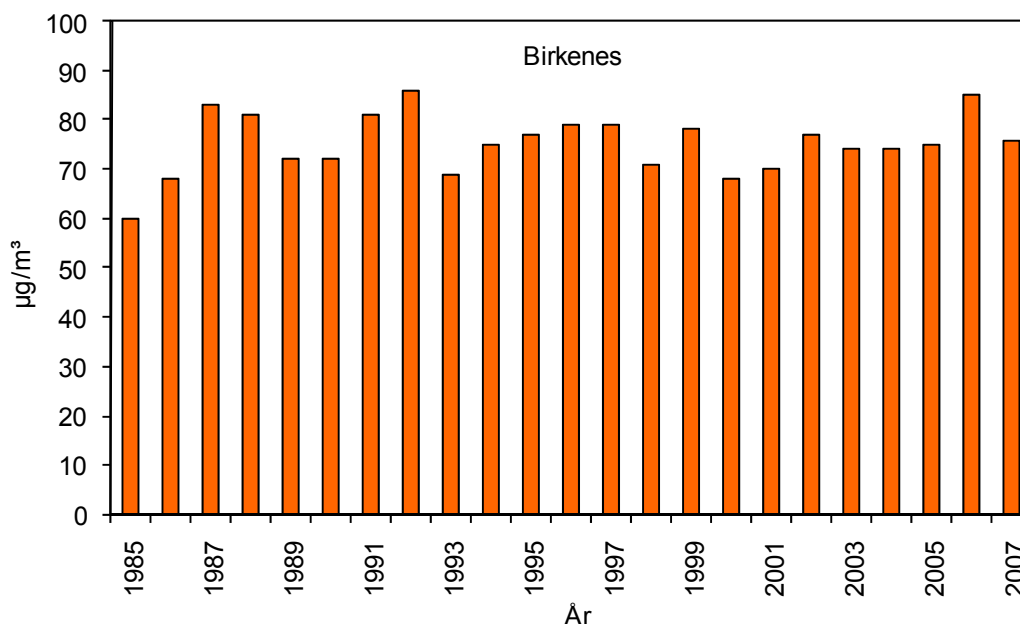
Grenseverdien for beskyttelse av vegetasjon er basert på parameteren AOT40, som betegner summen av ozonverdiene som overstiger 40 ppb gjennom vekstsesongen. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer, ble ikke overskredet på noen av målestasjonene i 2007.

Høyest var verdien på Prestebakke med 2462 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble heller ikke overskredet på noen stasjoner i 2007.

*Tabell 1. Overskridelser av grenseverdier for helse. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100, 160 og 180  $\mu\text{g m}^{-3}$  i 2007. I 2007 var det ingen perioder med timemiddelverdier av ozon større 160 og 180  $\mu\text{g m}^{-3}$ .*

*Table 1. Exceedance of guidelines for protection of human health. Number of hours (h) and days (d) with hourly mean values of ozone exceeding 100, 160 and 180  $\mu\text{g m}^{-3}$ , 2007. In 2007 there were no periods with hourly mean values of ozone exceeding 160 and 180  $\mu\text{g m}^{-3}$ .*

Målested	Totalt antall		100 $\mu\text{g m}^{-3}$		160 $\mu\text{g m}^{-3}$		180 $\mu\text{g m}^{-3}$		Høyeste timemiddelverdi	Dato
	Timer	Døgn	h	d	h	d	h	d	$\mu\text{g/m}^3$	
Prestebakke	8651	363	184	32					132.0	2007-06-08
Hurdal	8740	365	126	23					124.3	2007-03-30
Birkenes	8727	365	248	39					138.8	2007-03-30
Sandve	7739	328	117	19					126.1	2007-03-29
Kårvatn	8694	365	78	17					114.2	2007-04-15
Tustervatn	8702	365	163	20					126.8	2007-03-27
Karasjok	8743	365	152	16					138.6	2007-03-28
Zeppelinfjellet	8274	361	4	1					100.7	2007-04-13
Sum datoer		365		67						



*Figur 7. Middelskonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1985-2007.*

*Figure 7. Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1985-2007.*

#### 4.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP)

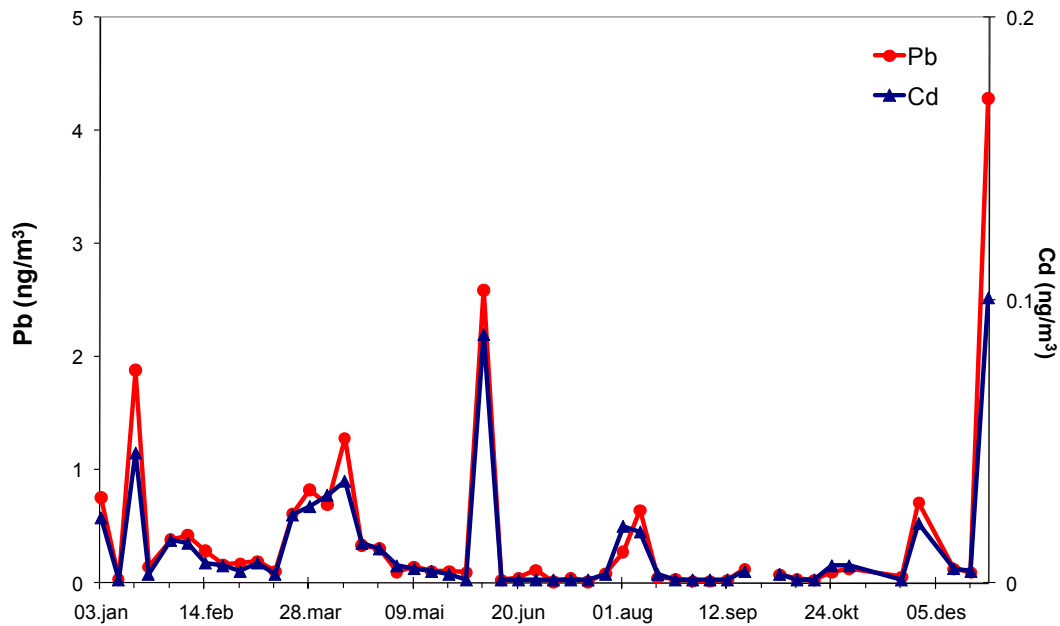
AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) startet i 1994. I AMAP deltar: Norge, Sverige, Danmark, Island, Finland, Canada, USA og Russland. Programmet omfatter både kartlegging, overvåking og utredning av miljøgiftbelastningen i nordområdet. CAMP, Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme er en av aktivitetene innen Oslo og Paris Kommisjonens (OSPAR) studier av transport av landbasert forurensning til havområdene i tilknytning til OSPAR-landene. Det er 17 forurensningskomponenter i måleprogrammet under CAMP og målingene utføres ved 28 stasjoner i 10 OSPAR-land. Tungmetaller og POP'er har vært målt på Lista siden 1991, disse aktivitetene ble flyttet til Birkenes januar 2004.

For tungmetaller har det ikke vært observert noen trend i luftkonsentrasjonene, utenom for Ni, i motsetning til hva som er observert i nedbør (se *Figur 4*). Dette har bl.a. sammenheng med at nedbørmålingene har vært utført mye lenger, og de har fanget opp reduksjonene på 1970-80 tallet. Måned- og årsmiddelkonsentrasjoner av Pb, Cd, Cu, Zn, Cr, Ni, Co, Mn, V, As og Hg i luft på Zeppelinfjellet er 25-50% av det som måles ved Birkenes, med unntak for Hg som viser omtrent samme konsentrasjoner på de to stasjonene. Forskjellen mellom Hg og de andre tungmetallene skyldes at Hg eksisterer i atmosfæren hovedsakelig i elementær form, mens andre tungmetaller er knyttet til partikler. Kvikksølvet får dermed en bedre spredning enn andre tungmetaller. De fleste elementene har høyest konsentrasjon om vinteren og lavest konsentrasjon om sommeren (*Figur 8*). Dette skyldes plasseringen av storskala værsystemer: Et høytrykkssystem over Sibir presser den arktiske front lenger sør vinter og vår, slik at viktige forurensningsområder kommer innenfor de arktiske luftmasser i denne perioden.

2007 er det tredje året med målinger av organiske miljøgifter på Birkenes etter at prøvetakeren ble flyttet fra Lista. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen for summen av  $\alpha$ - og  $\gamma$ -heksaklorsyκλοheksan (HCH) i år 2007 var 12,7 pg/m<sup>3</sup>. Dette er noe lavere verdi enn den som ble observert året før. Ofte har man observert en tydelig økning av HCH-konsentrasjonen om våren og sommeren. Denne sesongvariasjonen kan tilskrives bruk av pesticidet lindan som fortsatt er i bruk i en del europeiske land, og består av minst 99%  $\gamma$ -HCH. Dette bekreftes på Birkenes i 2007.

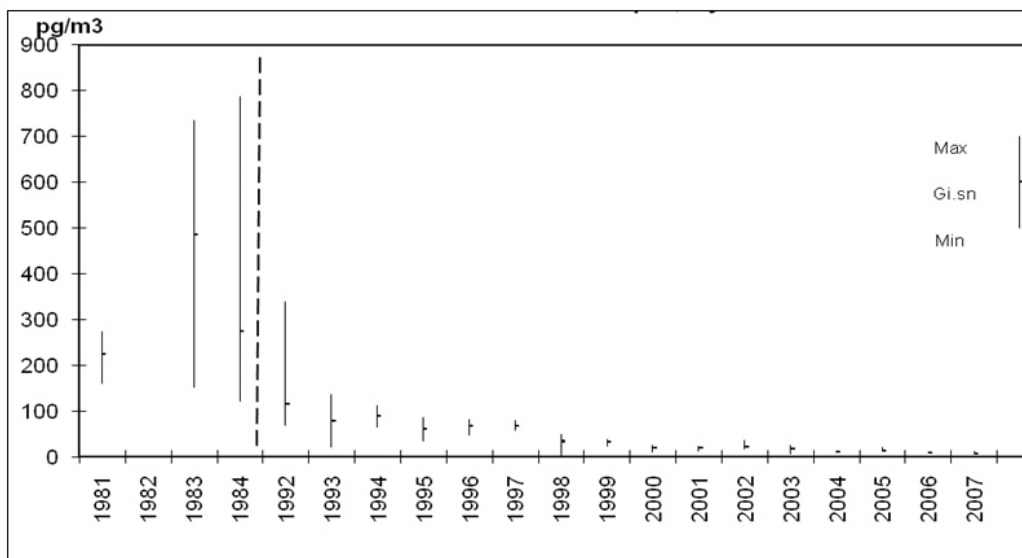
I 2005 ble måleprogrammet på Birkenes utvidet til også å omfatte syv enkeltforbindelser (kongenerer) fra gruppen polyklorerte bifenyler (PCB). Middelerdien for sum PCB på Birkenes for 2007 var 4,55 pg/m<sup>3</sup>. Dette er det laveste nivået av PCB som er målt på denne stasjonen (2004: 5,26 pg/m<sup>3</sup>, 2005: 6,97 pg/m<sup>3</sup>, 2006: 6,80 pg/m<sup>3</sup>). For de samme kongenerer var den tilsvarende sum PCB 5,89 pg/m<sup>3</sup> på Zeppelinfjellet i 2007.

På Zeppelinfjellet utføres også målinger av heksaklorsyκλοheksaner (HCH), heksaklorbenzen (HCB), klordaner, DDT med metabolitter, polyklorerte bifenyler (PCB) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i luft. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen av HCH (sum  $\alpha$ - og  $\gamma$ -HCH) på Zeppelinfjellet i 2007 var 11,2 pg m<sup>-3</sup>. Som på Lista/Birkenes, observeres en nedgang i konsentrasjonen av  $\alpha$ -HCH i luft på Zeppelin/Ny-Ålesund (*Figur 9*). Dette gjenspeiler redusert bruk av teknisk blanding av lindan.



Figur 8. Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2007.

Figure 8. Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2007.



Figur 9.  $\alpha$ -HCH i luft i perioden mars-april på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund.

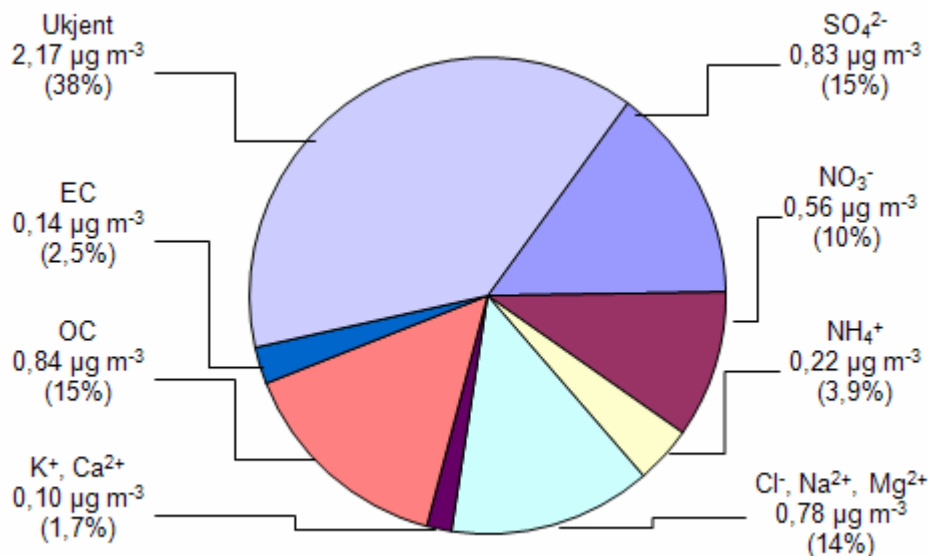
Figure 9.  $\alpha$ -HCH in air in the period March-April at Zeppelin, Ny-Ålesund.

#### 4.7 Partikler (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> og PM<sub>1</sub>) i luft på Birkenes

Partikler har vært et fokusområde de siste årene pga effekter både på helse og klima. Partikler i luft har en kompleks sammensetning bestående av mange ulike kjemiske forbindelser fordelt på et stort antall forskjellige partikkelstørrelser. Partiklens kjemiske sammensetning gir informasjon om utslippskilder samt fysiske og kjemiske prosesser som finner sted i atmosfæren.

For 2007 var årsmidlet for  $PM_{10}$   $5,6 \mu\text{g m}^{-3}$ . Dette er det nest laveste årsmidlet som har vært registrert siden målingene startet i 2000, og er kun  $0,2 \mu\text{g m}^{-3}$  høyere enn det laveste årsmidlet, som ble registrert i 2004. Årsmidlet for 2007 er over 30% lavere sammenlignet med foregående år som har det høyeste årsmidlet for perioden 2000-2007. Årsmidlet for  $PM_{10}$  ligger langt under den årlige grenseverdien satt av EU ( $40 \mu\text{g m}^{-3}$ ), samt de reviderte retningslinjene fra WHO ( $20 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Det høyeste månedsmidlet ble rapportert for mars ( $9,0 \mu\text{g m}^{-3}$ ) og det laveste for november ( $2,8 \mu\text{g m}^{-3}$ ). Det høye månedsmidlet for mars skyldes en episode med langtransportert forurensning. For  $PM_{2.5}$  var årsmidlet  $3,3 \mu\text{g m}^{-3}$ . Dette er en tangering av årsmidlet for 2004 som er det laveste som hittil er registrert for Birkenes. Årsmidlet for  $PM_{2.5}$  ligger lang under den årlige grenseverdien satt av EU ( $25 \mu\text{g m}^{-3}$ ), og utgjør kun en tredjedel av årsmidlet i de reviderte retningslinjene fra WHO som er på  $10 \mu\text{g m}^{-3}$ . Årsmidlet for  $PM_1$  var  $2,7 \mu\text{g m}^{-3}$ .

Det er estimert at de uorganiske forbindelsene og de karbonholdige fraksjonene, som er analysert, til sammen utgjorde i overkant av 70% av  $PM_{10}$ . Den gjennomsnittlige kjemiske sammensetning (massebalanse) av  $PM_{10}$  på Birkenes for 2007 er illustrert i Figur 10.



Figur 10. Gjennomsnittlig kjemisk sammensetning (massebalanse) av  $PM_{10}$  på Birkenes for 2007.

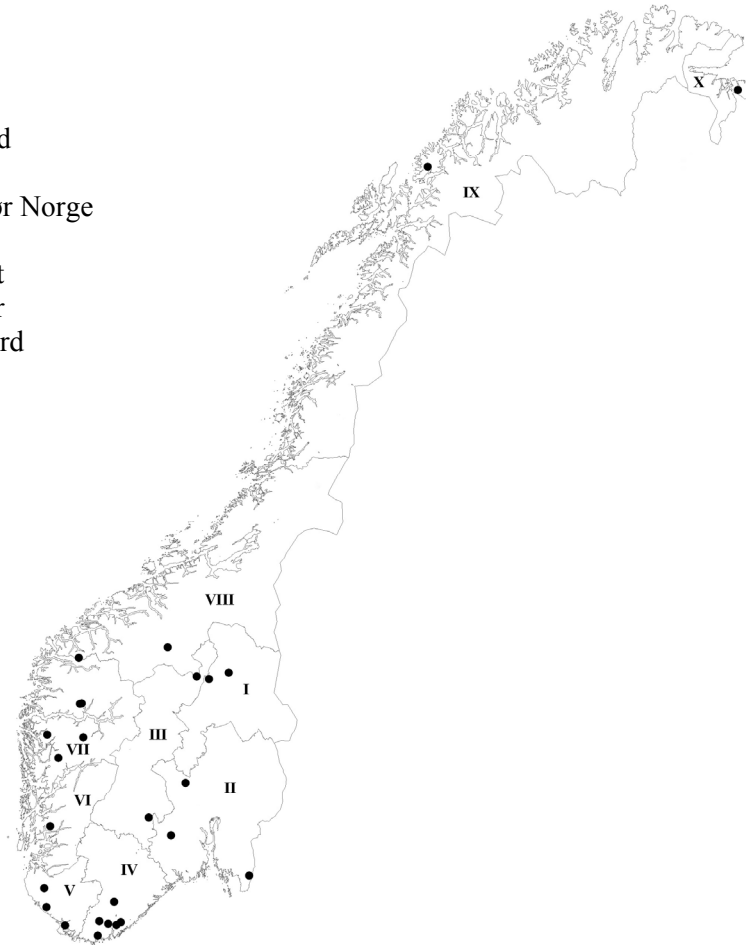
Figure 10. Mean chemical composition of  $PM_{10}$  at Birkenes in 2007.

## 5. Det akvatiske miljøet

Overvåking av det akvatiske miljøet dekkes i sin helhet gjennom programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør".

I overvåkingsprogrammet for effekter i vann er Norge delt inn i 10 regioner. Inndelingen er basert på en relativt lik forurensningsbelastning innen hver region, samt biogeografiske og meteorologiske forhold. Hovedhensikten med inndelingen er å kunne vise utviklingen av forurensningssituasjonen i ulike deler av Norge. De 10 regionene er vist i *Figur 11*, og er som følger:

- I. Østlandet - Nord
- II. Østlandet - Sør
- III. Fjellregion – Sør Norge
- IV. Sørlandet - Øst
- V. Sørlandet - Vest
- VI. Vestlandet - Sør
- VII. Vestlandet - Nord
- VIII. Midt-Norge
- IX. Nord-Norge
- X. Øst-Finnmark



*Figur 11. Inndeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2007.*

*Figure 11. Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2007.*

### Vannkjemisk overvåking

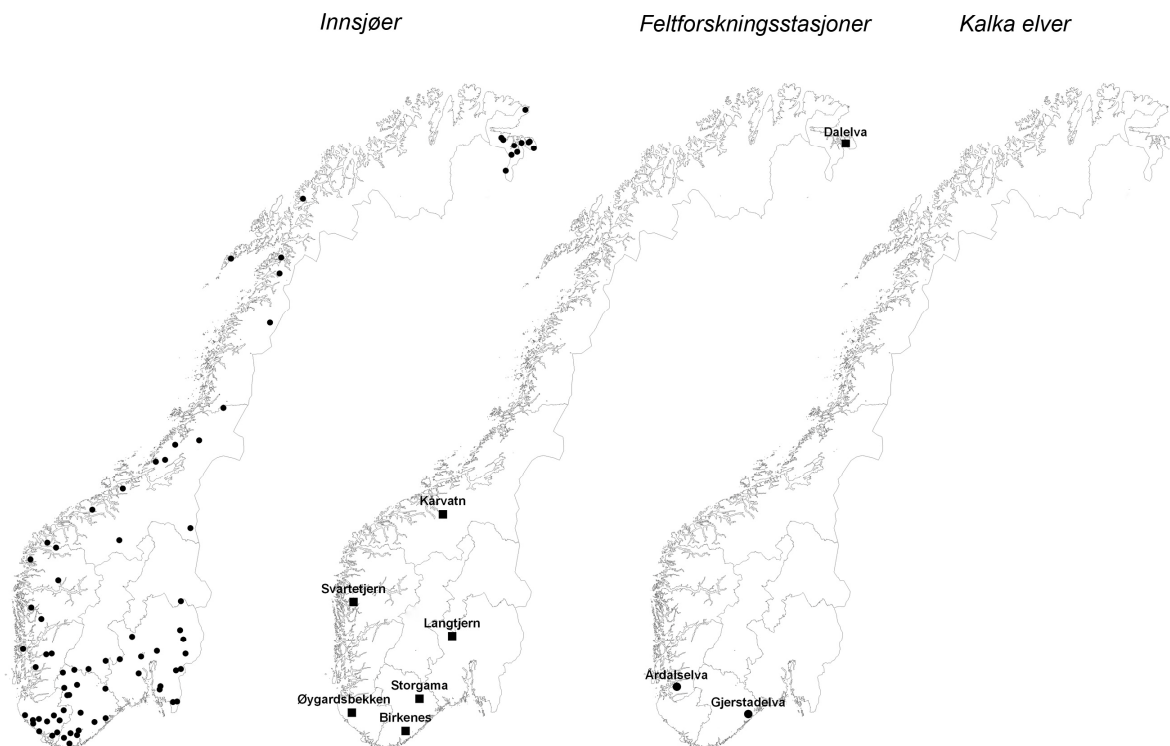
De kjemiske forholdene i vann og vassdrag overvåkes ved måling av kjemiske hovedkomponenter i vann. Programmet omfatter undersøkelser i innsjøer og feltforskningsområder, samt i to elver (*Figur 12*). Målet for overvåkingen er å registrere konsentrasjonsnivåer og eventuelle kjemiske endringer som et direkte resultat av endringer i

tilførsler av langtransporterte forurensninger. Resultatene brukes som underlag for å forstå de biologiske responsene.

De årlige regionale innsjøundersøkelsene gir informasjon om den generelle regionale vannkjemiske utviklingen i innsjøer i hele Norge. 78 innsjøer fordelt over hele landet er prøvetatt årlig siden 1986.

Elveundersøkelsene var opprinnelig konsentrert om lakseførende elver. I 1980 ble det valgt ut 20 elver som egnede overvåkingsobjekter. De fleste av disse er kalket og kun to elver inngår nå i overvåkingen.

Overvåking i feltforskningsområdene registrerer endringer i kjemisk sammensetning i avrenningsvannet fra små nedbørfelt med forskjellig atmosfærisk tilførsel, geologi og vegetasjon. Her kan vi også beregne materialbalanse for de enkelte kjemiske komponenter. I syv små nedbørfelt blir det tatt ukentlige vannprøver og nedbørprøver (NILU) samt at det daglig blir målt vannføring (dette utføres av NVE, Norges vassdrags- og energidirektorat).



Figur 12. Lokalteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2007.

Figure 12. Locations in the surface water monitoring programme 2007.

### Biologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter undersøkelser av:

- Bunndyr i innsjøer og elver
- Planktoniske og litorale krepsdyr (småkreps) i innsjøer
- Fiskebestander i innsjøer og elver



Den biologiske overvåkingen gir informasjon om korttidseffekter og akkumulerte effekter av forsurening på vannlevende organismer, og er dessuten nødvendig for å kunne evaluere effekten av forsureningsreducerende tiltak over tid. Utvalget av overvåkingslokaliteter for biologiske undersøkelser er mindre egnet for å studere regionale forskjeller i forsureningsskader og -utvikling.

Innsjøprogrammet omfatter omkring 100 innsjøer, hvorav 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. både bunndyr, krepsdyr og eventuelt fisk der dette finnes (Gruppe 1-sjøer), 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. bunndyr og krepsdyr (Gruppe 2-sjøer), mens de øvrige innsjøene undersøkes hvert 4-5 år (Gruppe 3-sjøer). Aktiviteten ble redusert fra 2002 og etter dette er antall Gruppe 3-sjøer gradvis halvert. I 2007 ble totalt 26 innsjøer undersøkt (*Figur 11*). Hovedvekt ble lagt på region IV (Sørlandet - Øst) og region VII (Vestlandet - Nord) i tillegg til årlige innsjøer fordelt på de øvrige åtte regionene. Innsjøovervåkingen har pågått siden 1996, og for en del av innsjøene foreligger det data på bunndyr og krepsdyr fra alle 12 årene. Det gjennomføres dessuten bunndyrundersøkelser i seks vassdrag fordelt på regionene V - VII (tre av disse overvåkes hvert andre år) hvorav to av vassdragene også undersøkes mhp. fiskebestander.

For bunndyr, krepsdyr og fisk er det gjort en vurdering av tilstand mht. forsurening/ forsureningsskader. Forsuringstilstanden er inndelt i fem klasser basert på avvik fra forventet biologisk mangfold i ikke-forsurete lokaliteter: ingen/ubetydelig endring (klasse 1), liten endring (klasse 2), moderat endring (klasse 3), stor endring (klasse 4), svært stor endring (klasse 5). Disse betegnelsene er endret i 2004 i forhold til tidligere år og er nå mer tilpasset terminologien i Vannrammedirektivet (VRD) slik at klasse 1 – 5 tilsvarer VRDs fem klasser for økologisk tilstand. For å kunne gjøre en vurdering av forsureningstilstanden er kunnskap om naturgitte kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Slike kunnskaper er i mange tilfeller mangelfulle og vår klassifisering vil derfor kun i begrenset grad kunne skille mellom naturlig sure og forsurede lokaliteter. For å kunne gjøre en vurdering av forsureningsskader (biologi) må man i tillegg kjenne til og ta høyde for eventuelt andre skadeårsaker (reguleringer, overfiske, andre forurensninger med mer). Andre skadeårsaker enn forsurening er forsøkt begrenset gjennom utvalget av overvåkingslokaliteter. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget for vurdering av forsureningstilstanden i Norge og dessuten tilpasse en slik klassifisering til kriteriene gitt for vurdering av økologisk tilstand i hht. Vannrammedirektivet.

For bunndyr bestemmes forsureningstilstand ut fra den registrerte artssammensetningen. Basert på forekomst/fravær av forsureningsfølsomme arter beregnes en forsureningsindeks (verdi: 0-1) for hver lokalitet. Når det gjelder krepsdyrene er det en total vurdering av samfunnene, basert på artsrikdom, forekomst av indikatorarter og mengdefordelinger (dominansforhold) som ligger til grunn for å klassifisere lokalitetene. Den totale invertebratfaunaen (bunndyr og krepsdyr samlet) gir i mange tilfeller et bedre grunnlag for å vurdere forsureningsskadene enn en vurdering basert på bunndyrene eller krepsdyrene alene.

Eventuelle forsureningsskader vil være avhengig av en kombinasjon av ulike kjemiske, fysiske og biologiske forhold. Den kjemiske overvåkingen kan derfor kun gi indikasjoner om biologiske skader. En tidsforskyvning mellom kjemisk gjenhenting ("recovery") og biologisk gjenhenting i tidligere forsurede lokaliteter må dessuten forventes.

## 5.1 Effekter på vannkjemi

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i vann og vassdrag (*Figur 13*). Nedgangen i sulfat varierer fra 37 % for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 70 % for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2007, mens enkeltlokaliteter (feltforskningsstasjoner) i Sør-Norge viser reduksjoner > 70 % for perioden 1980-2007 (*Tabell 2*). I perioden 2001 til 2006 flatet nedgangen i sulfat i nedbør noe ut, men 2007 viser de hittil laveste konsentrasjonene av sulfat i luft og nedbør (kapittel 4.2). I samme periode så vi også en tendens til utflating av sulfat i overvåkingslokalitetene, men 2007 viser igjen de laveste konsentrasjonen i sulfat som er registrert gjennom hele overvåkingsperioden og viser at det fortsatt er en nedadgående trend.

Deposisjon av nitrat og ammonium viser signifikant nedgang på flere av overvåkingsstasjonene (kapittel 4.2). Innsjøovervåkingen viser generelt høyere nitrat-konsentrasjoner i årene før 1996 enn årene fra 1997 og frem til i dag (*Figur 13*). Fra 2005 til 2006 var det en kraftig nedgang i nitrat i flere av regionene i Sør-Norge, men det har økt litt igjen i 2007. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles i de områdene av Norge der nitrogen-deposisjonen er høyest (region V Sørlandet-Vest).

*Tabell 2. Endring i ikke-marin sulfat per år i  $\mu\text{ekv L}^{-1}$  for perioden 1980 til 2007 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2007 for innsjøene. Tallene er basert på lineær regresjon.*

*Table 2. Changes in non-marine sulphate per year in  $\mu\text{eq L}^{-1}$ . Time period 1980 to 2007 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2006 for lakes. The results are based on linear regression.*

### Innsjøer

Region	Antall innsjøer	1986 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2007 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% endring fra 1986-2007
I. Østlandet - Nord	1	56	24	-58
II. Østlandet - Sør	15	99	30	-70
III. Fjellregion - Sør-Norge	3	36	12	-68
IV. Sørlandet - Øst	14	63	21	-67
V. Sørlandet - Vest	11	59	20	-67
VI. Vestlandet - Sør	3	34	11	-68
VII. Vestlandet - Nord	5	19	8	-59
VIII. Midt-Norge	10	18	9	-46
IX. Nord-Norge	5	19	9	-53
X. Øst-Finnmark	11	73	46	-37

### Elver

	Region	1980 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2007 SO <sub>4</sub> * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% endring 1980-2006
Gjerstad	IV	113	43	62
Årdalselva	VI	36	18	51

### Feltforskningsstasjoner

Langtjern	II	78	19	76
Storgama	II	82	15	81
Birkenes	IV	130	40	69
Kårvatn	VIII	14	6	58

Nedgangen i sulfat gjennom overvåkingsperioden har hatt en tydelig innvirkning på vannkjemien i alle lokalitetene innen overvåkingsprogrammet. Hele landet sett under ett (*Figur 13*) har vist en klar økning i pH (se også *Figur 14*), syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og alkalitet, mens labilt aluminium (uorganisk ”giftig” aluminium) har avtatt. Nedgangen i labilt aluminium har flatet helt ut siden 2001.

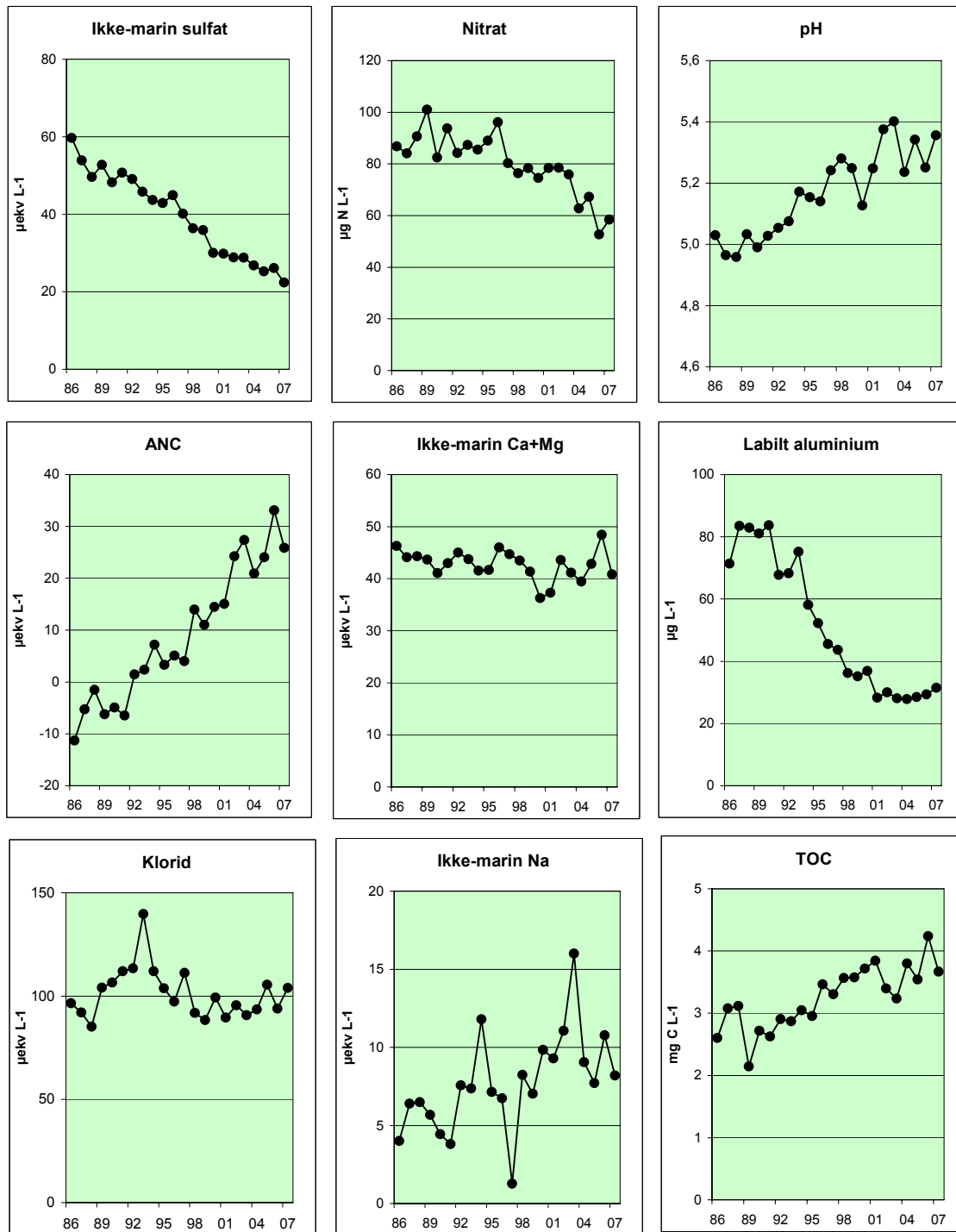
Statistisk beregning av trender for viktige forsureningsparametere fordelt på regioner (*Tabell 3*) viser at endringene vi observerer er signifikante. Sulfat og ANC har store årlige endringer, mens nitrat,  $H^+$  og alkalitet viser små årlige endringer. Basekationene (kalsium og magnesium) viser ingen systematiske regionale trender. Organisk karbon (TOC) som er fulgt med interesse de siste årene pga økende trend, viser statistisk signifikant økning i 7 av 10 regioner, med årlig økning fra 0,05 - 0,20 mg C L<sup>-1</sup> per år fra 1990 til 2007.

*Tabell 3. Tosidig regional Kendall test og estimert trend for perioden 1990-2007. Verdiene angir estimert trend for de enkelte regioner. Signifikante resultater ( $p < 0,05$ ) vises i gult (avtagende) og blått (økende). Enheter for  $SO_4^*$ ,  $NO_3$ ,  $H^+$ , ikke marine basekationer, alkalitet og ANC er  $\mu eq L^{-1} yr^{-1}$ , labilt Al  $\mu g L^{-1} yr^{-1}$ , TOC mg C L<sup>-1</sup> år<sup>-1</sup>. n er totalt antall observasjoner i innsjøene i perioden (bare høstprøver).*

*Table 3. Two-sided regional Kendall tests for trends for the period 1990-2007. Values are estimated trends. Significant results ( $p < 0,05$ ) shown in yellow (decreasing) and blue (increasing). Units for  $SO_4^*$ ,  $NO_3$ ,  $H^+$ , Ca+Mg\*, alkalinity and ANC are  $\mu eq L^{-1} yr^{-1}$ , labile Al  $\mu g L^{-1} yr^{-1}$ , TOC mg C L<sup>-1</sup> yr<sup>-1</sup>. n is the total number of observations in the period (only autumn samples)*

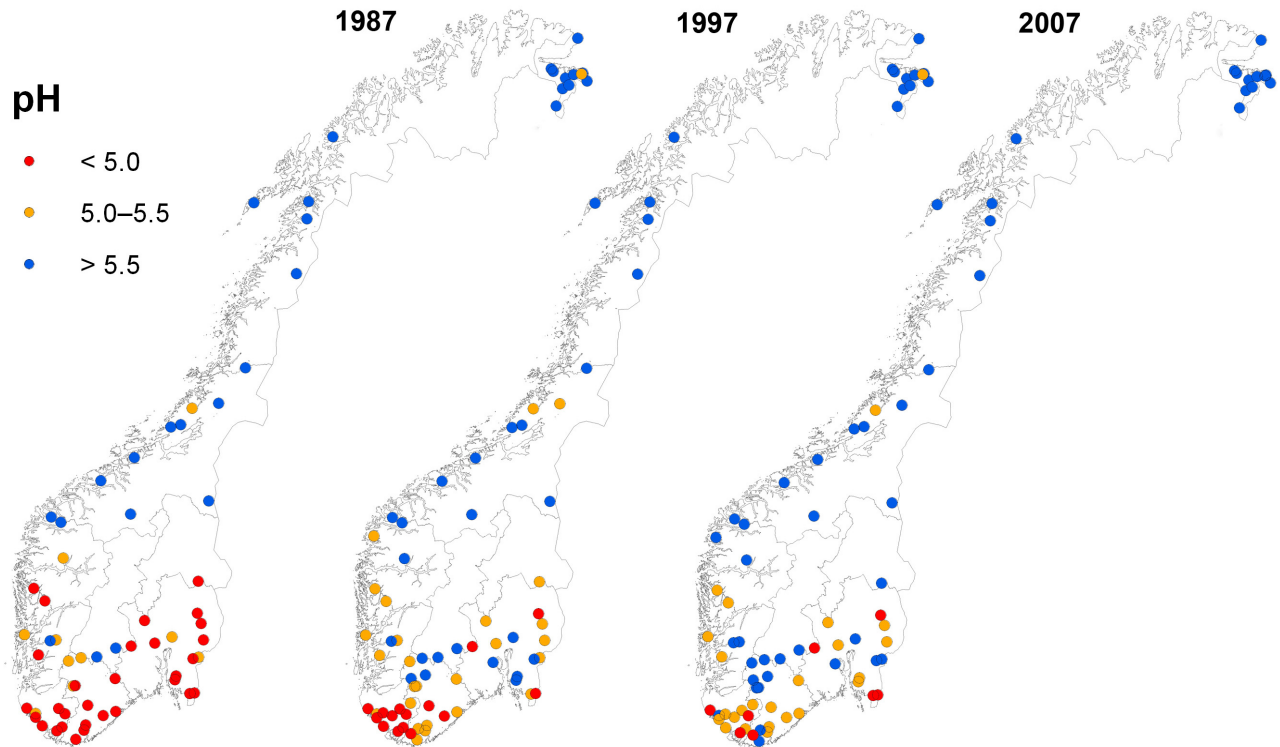
Region	n	SO <sub>4</sub> *	NO <sub>3</sub>	H <sup>+</sup>	Ca+Mg*	Alkalitet	ANC	Labilt Al	TOC
I. Østlandet - Nord	18	-1,77	-0,03	-0,21	0,57	0,73	2,65	-0,33	0,20
II. Østlandet - Sør	261	-3,19	-0,09	-0,18	-0,83	0,00	2,70	-3,00	0,18
III. Fjellr. - Sør-Norge	51	-1,08	-0,24	-0,10	0,10	0,27	1,80	-1,25	0,02
IV. Sørlandet - Øst	249	-1,63	-0,21	-0,38	-0,12	0,00	1,98	-3,63	0,05
V. Sørlandet - Vest	195	-1,83	-0,28	-0,74	-0,06	0,00	2,72	-7,33	0,05
VI. Vestlandet - Sør	195	-1,83	-0,28	-0,74	-0,06	0,00	2,72	-7,33	0,05
VII. Vestlandet - Nord	53	-0,96	-0,14	-0,26	0,37	0,00	1,48	-1,29	0,01
VIII. Midt-Norge	90	-0,49	-0,07	-0,15	0,16	0,00	0,87	-0,82	0,00
IX. Nord-Norge	175	-0,36	-0,04	-0,03	0,50	0,49	1,13	0,00	0,01
X. Øst-Finnmark	89	-0,49	-0,02	-0,04	0,40	0,71	1,34	0,00	0,01

**Gjennomsnittlig endring i 78 innsjøer fra hele landet**



Figur 13. Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 78 innsjøer fra 1986-2007 fordelt over hele landet (se Figur 12).

Figure 13. Trends in average concentrations of a selection of components in 78 lakes from 1986-2007 all over Norway (see Figure 12 for locations).



Figur 14. pH i overvåkingsinnsjøene i 1987, 1997 og 2007. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forurensingssituasjonen, ved at sjøene blir mindre sure (får høyere pH)

Figure 14. pH in the monitoring lakes in 1987, 1997 and 2007. The figures clearly illustrate the improvement in surface water acidification, with increasing pH in the lakes.

Trender for perioden fra 1986 til 2007 for de 10 ulike regionene er framstilt i Figur 15- Figur 20. Hvert punkt på disse kurvene representerer gjennomsnittsverdier for et antall innsjøer (se Tabell 2 for antall innsjøer). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år, siden 1986.

### Østlandet – Nord (region I)

Regionen Østlandet-Nord strekker seg fra skogkledde områder i sør til trebare og alpine områder i nord. Forurensningsbelastningen er lav, likevel ser vi en stabil nedgang i sulfat fra år til år, samtidig med en klar bedring i vannkvalitet mhp forurensning. I denne regionen har vi bare en lokalitet, men den er typisk for forurensningsfølsomme sjøer i denne regionen. Siden 2001 har konsentrasjonen av ikke-marin sulfat flatet ut på et nivå mellom 26-28  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ , men 2007 viser den laveste konsentrasjonen av sulfat hittil på 25  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . pH viser økende trend fra pH < 5,3 før 1993 til > 5,5 etter 2002. I 2006 raste pH ned til 4,89. Dette kan trolig forklares med en dobling i TOC fra 7,5  $\text{mg L}^{-1}$  i 2005 til 13,5  $\text{mg C L}^{-1}$  i 2006. ANC, som er et mål på vannets syrenøytraliserende effekt, har relativt høye verdier i denne lokaliteten. Fram til 1992 var ANC < 20  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Siden 2002 har verdien vært > 50  $\mu\text{ekv L}^{-1}$ . Årsaken til dette er nedgangen i sulfat sammen med en liten økning i kalsium. Labilt Al (den formen som er antatt giftig for fisk) var i perioden frem til 1990 opp til 37  $\mu\text{g L}^{-1}$ , men har siden 1991 (med unntak av 2005) vært < 10  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Nitrat viser en svak nedgang i perioden, mens organisk karbon (TOC) viser signifikant økning.

### Østlandet - Sør (region II)

Region Østlandet-Sør er skogdekket og har det høyeste nivået av TOC av alle regionene. Flere av sjøene har TOC fra 15 til 20 mg C L<sup>-1</sup>. I denne regionen finner vi også det høyeste sulfatnivået. Dette skyldes en kombinasjon av høy belastning og relativt lite nedbør og lange oppholdstider i sjøene. Innsjøene i denne regionen har vist en kraftig forbedring i forsurenings-situasjonen gjennom overvåkingsperioden. Ikke-marin sulfat er redusert med gjennomsnittlig 70% fra 1986 til 2007 i de 15 sjøene som representerer denne regionen og sulfatkonsentrasjonene i 2007 (33 µekv L<sup>-1</sup>) er den laveste som er registrert. Gjennomsnittsverdien for pH var < 5,0 fram til 1993, og har økt til 5,0 - 5,2 i perioden 1994 til 2007, med unntak av høsten 2000 (pH 4,87) som var preget av flom. ANC viser en jevnt økende trend. Fra 1986 til 1991 var gjennomsnittlig ANC ca. 0 µekv L<sup>-1</sup>, i perioden 1992-1997 15-20 µekv L<sup>-1</sup>, 1998-2003 25-40 µekv L<sup>-1</sup> og siden 2003 > 40 µekv L<sup>-1</sup>. Målingene i 2006 (gjennomsnittsverdi 57 µekv L<sup>-1</sup>) er den høyeste registrert så langt. Innsjøene som representerer denne regionen, hadde ikke alkalitet fram til 1993 (< 1 µekv L<sup>-1</sup>). Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp og nivået er nå omkring 10 µekv L<sup>-1</sup>. Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994 > 90 µg L<sup>-1</sup>, men har siden avtatt markert. Fra 2001 til 2007 har labilt Al vært < 65 µg L<sup>-1</sup>. Det er nedgang i nitrat (signifikant for perioden 1990-2007), mens TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet; fra < 9 mg C L<sup>-1</sup> fram til 1997, til foreløpig høyeste registrerte gjennomsnittsverdi på 11 mg C L<sup>-1</sup> i 2006.

### Fjellregion - Sør-Norge (region III)

Alle de tre lokalitetene i fjellregionen i Sør-Norge ligger over tregrensa og regionen er dominert av fjellområder med skrin jord og lite vegetasjon. Dette reflekteres blant annet i lave nivåer av TOC i innsjøene (< 1 mg C L<sup>-1</sup>) og generelt lavt innhold av basekationer (Ca < 0,6 mg L<sup>-1</sup>). Forurensningsbelastningen er relativ lav, og sulfatnivået i innsjøene er i dag på nivå med det en finner i de minst belastede regionene i Norge. Likevel finner vi også her en markert nedgang i sulfat på 68 % fra 1986-2007. De siste årene 2000-2006 har gjennomsnittsnivået for sulfat vært tilnærmet uforandret (15-17 µekv L<sup>-1</sup>), men 2007 viser det laveste nivået registrert så langt (13 µekv L<sup>-1</sup>). ANC har vist en jevn økning i hele perioden fra < 10 µekv L<sup>-1</sup> fram til 1998 og > 20 µekv L<sup>-1</sup> siden 2004. I 2006 var gjennomsnittsverdien på 29 µekv L<sup>-1</sup> den høyeste som er registrert så langt. ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy i dette området pga. det generelt ionefattige vannet. Labilt Al viser nedgang fra et gjennomsnittsnivå på > 30 µg L<sup>-1</sup> i perioden 1986-1990 til konsentrasjoner < 15 µg L<sup>-1</sup> etter 1997. Nitrat viser nedgang fra nivåer > 80 µg N L<sup>-1</sup> før 1999 og < 55 µg N L<sup>-1</sup> siden 2004. Gjennomsnittskonsentrasjonen i 2007 på 40 µg N L<sup>-1</sup> er den laveste som er registrert så langt. TOC viser en svak økning på gjennomsnittlig 0,02 mg C L<sup>-1</sup> per år (Tabell 2).

### Sørlandet – Øst (region IV)

Regionen Sørlandet-Øst strekker seg fra kysten, gjennom skogbeltet til heiområdene. Forurensningsbelastningen er høy, og sulfatnivået i innsjøene i denne regionen er også høyt. I sør-Norge er det bare region II som har høyere sulfatnivå enn denne regionen. Nedgangen i sulfat i de 14 innsjøene som representerer denne regionen har vært 67 % fra 1986-2007. Nedgangen i sulfat har flatet noe ut de siste årene, men den laveste verdien så langt er registrert i 2007 (21 µekv L<sup>-1</sup>). Regionen har vært sterkt forsuret, men det er nå klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH har vært < 5 fram til 1993 og > 5,1 siden 2001. GjennomsnittspH i 2007 er 5,38. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner < -20 µekv L<sup>-1</sup> fram til 1991. Siden 2002 har gjennomsnittsnivået vært > 10 µekv L<sup>-1</sup>. Tilsvarende gjelder for alkalitet som fram til 1993 var < 0 µekv L<sup>-1</sup>. Fra 1994 til 2007 har alkaliteten økt gradvis til 7 µekv L<sup>-1</sup>.

Labilt Al har avtatt fra nivåer  $> 100 \mu\text{g L}^{-1}$  fra 1986-1993 til  $< 45 \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2001. Konsentrasjonsnivået av LAI har imidlertid holdt seg på samme nivå siden 2001. Det er en avtagende trend i nitrat fra konsentrasjoner  $> 130 \mu\text{g N L}^{-1}$  fram til 1996 til  $< 100 \mu\text{g N L}^{-1}$  siden 2003. TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå  $< 3 \text{ mg C L}^{-1}$  fra 1986-1995 til  $> 3 \text{ mg C L}^{-1}$  siden 1996.

### **Sørlandet – Vest (region V)**

Regionen Sørlandet-Vest er dominert av heiområder med lite jordsmonn og lite vegetasjon. Denne regionen har den høyeste forurensningsbelastningen. Det er også i denne regionen vi finner de mest forsurede innsjøene. De 11 innsjøene som representerer denne regionen, har i 2007 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (5,03) og alkalitet ( $1 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ) av alle de ti regionene. Denne regionen har til nå også hatt de den høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al, men nedgangen av LAI i denne regionen har vært kraftigere enn i region II, slik at det nå er region II som har den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonen av LAI. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjon av nitrat ( $164 \mu\text{g N L}^{-1}$ ) som en konsekvens av høy N-deposisjon. Regionen må karakteriseres som betydelig forsuret, men situasjonen er i ferd med å bedres. På samme måte som i de andre regionene, ser vi en kraftig nedgang i sulfat (67 %) fra 1986 til 2007, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. pH viser i 2007, som i 2003 en gjennomsnittsverdi  $> 5,0$ . ANC har økt fra konsentrasjonsnivåer  $< -50 \mu\text{ekv L}^{-1}$  til nivåer opp mot  $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , og var i 2003 for første gang positiv ( $4 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Labilt Al viser nedgang fra konsentrasjoner  $> 165 \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1986-1994 til  $< 75 \mu\text{g L}^{-1}$  fra 2002. Den laveste gjennomsnittsverdien av labilt Al ( $50 \mu\text{g L}^{-1}$ ) ble registrert i 2006. Nitrat viser nedgang og gjennomsnittskonsentrasjonen i 2007 ( $164 \mu\text{g N L}^{-1}$ ) er den laveste som er registrert i overvåkingsperioden. TOC viser en svakt økende trend med lavere konsentrasjoner før 1994 ( $< 2,3 \text{ mg C L}^{-1}$ ), enn perioden 1995-2004 ( $2,3-3,2 \text{ mg C L}^{-1}$ ).

### **Vestlandet – Sør (region VI)**

Regionen Vestlandet-Sør er preget av lite skog og mye åpne heiområder med til dels lite vegetasjon og skrint jordsmonn. Forurensningsbelastningen er moderat. Nedbørmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortykning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig  $\text{Ca } 0,4-0,5 \text{ mg L}^{-1}$ ) og TOC ( $1,5 \text{ mg C L}^{-1}$ ). Sulfatnivået i innsjøene i regionen er lavt, og innsjøene er moderat forsuret. Nedgangen i sulfat i de tre innsjøene, som representerer denne regionen, er 68 % fra 1986 til 2007. Den laveste gjennomsnittsverdien for sulfat så langt er registrert i 2007 ( $10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ ). Denne regionen viste for første gang i 1996 en gjennomsnittlig positiv ANC, men ANC varierer en del fra år til år. I 2006 var gjennomsnitt ANC  $21 \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Den relativt kraftige økningen i ANC fra 2005 til 2006 skyldes en økning i kalsium, som i 2006 hadde en gjennomsnittskonsentrasjon på  $0,76 \text{ mg L}^{-1}$ . Dette medførte at ikke-marine basekationer økte fra 24 til  $42 \mu\text{ekv L}^{-1}$  fra 2005 til 2006, men det har i 2007 gått ned igjen til  $20 \mu\text{ekv L}^{-1}$ , og følgelig har det også vært en nedgang i ANC fra 2006 til 2007. Siden 1996 har pH vært  $> 5,4$ , og 2003 har den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien så langt (pH 5,73). Sammenfallende med dette viser labilt Al en nedadgående trend. Gjennomsnittsverdien var  $> 30 \mu\text{g L}^{-1}$  før 1993 og  $< 15 \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2000. Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig  $83 \mu\text{g N L}^{-1}$  i 2006) av samme grunn som i regionen Vestlandet-Sør (høy N-deposisjon og lite kapasitet for retensjon av nitrogen i jorda). Det er en svak nedgang i nitrat i denne regionen, men TOC viser ingen trend.

### **Vestlandet – Nord (region VII)**

Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensningsbelastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i

denne regionen er den laveste av alle regionene ( $\text{Ca} < 0,3 \text{ mg L}^{-1}$ ). Nedgangen i sulfat har vært markert i overvåkingsperioden (59 %) og gjennomsnittskonsentrasjonen av ikke-marin sulfat i de 5 sjøene som representerer denne regionen, var  $7 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  i 2007. Dette har resultert i endringer i forsuringsskjemien. ANC har økt fra  $< -10 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  før 1991 til  $10 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  i 2006, mens pH har økt fra  $< 5,2$  før 1991 til  $> 5,4$  etter 2002. Gjennomsnittskonsentrasjonen for pH var 5,54 i 2007, som er den nesthøyeste verdien som er registrert så langt. Labilt Al har avtatt fra nivåer  $> 25 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  til  $< 10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  siden 2001. Nitrat viser en svakt nedadgående trend, mens TOC ikke viser noen trend i denne regionen.

### **Midt-Norge (region VIII) og Nord-Norge (region IX)**

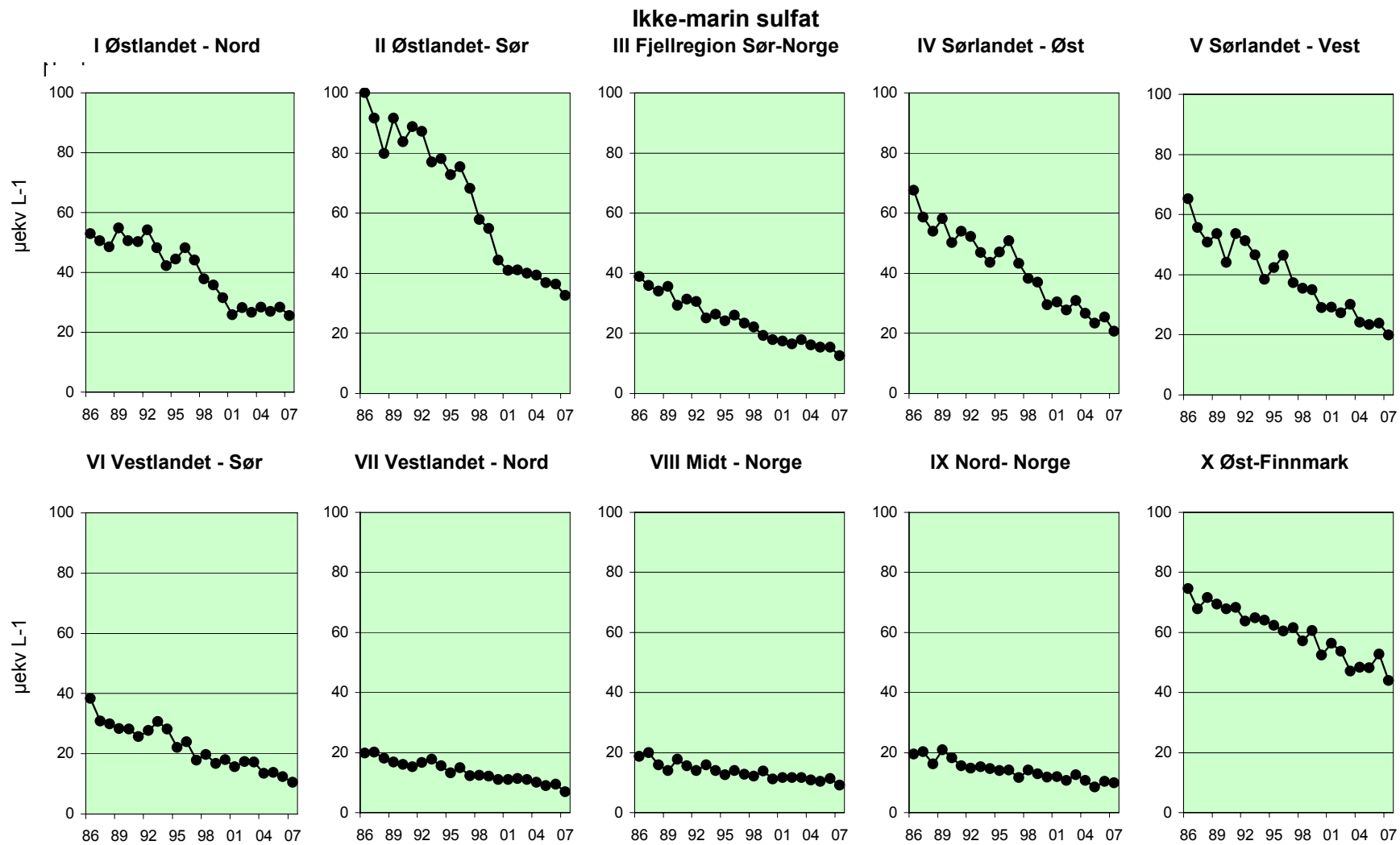
Disse to regionene spenner over store områder med svært variert natur fra vegetasjonsfattig kystlandskap til høyfjell og skogkledte innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfatnivået i innsjøene i disse regionene er nå  $7\text{-}11 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$ . Region VI, VII, VIII og IX har nå omtrent samme konsentrasjonsnivå av sulfat og men region VII har det laveste nivået av de 10 regionene. Nivået begynner å nærme seg antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat. De 15 innsjøene, som representerer disse to regionene, må likevel karakteriseres som svakt sure. Selv i disse regionene med svært lav forurensningsbelastning, ser vi en nedgang i sulfat (hhv 49% og 53% fra 1986 – 2007), økning i alkalitet, ANC og pH og nedgang i labilt Al. Gjennomsnittsverdien av ANC har vært i intervallet  $25\text{-}40 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  siden ca 2000. Begge regionene har vist en svak økning i pH fra starten av overvåkingen, og gjennomsnittsverdien for pH er i 2007 hhv. 5,8 i region VIII og 6,1 i region IX. Nitrat viser en svak nedgang selv i disse regionene som i utgangspunktet har veldig lave konsentrasjoner. Gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå av nitrat er i 2007 hhv.  $16$  og  $18 \text{ } \mu\text{g N L}^{-1}$  i region VIII og IX. TOC viser en svak økning i region VIII, men ikke i IX.

### **Øst-Finnmark (region X)**

Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kola-halvøya og er påvirket av svovel, kobber og nikkel fra utslipp fra smelteverksindustrien. Forurensningsbelastningen av svovel er relativt stor, mens N-deposisjonen er lav. Utslippene av  $\text{SO}_2$  fra Ni-verket er redusert med 75% fra 400.000 tonn i 1979 til 100.000 tonn i 2006. De siste årene har NILU målt økte konsentrasjoner av tungmetaller i nedbør, særlig nikkel og kobber, men også andre komponenter som kobolt. Undersøkelser i 1986 viste at for innsjøene i Øst-Finnmark var konsentrasjonene av sulfat i innsjøene mer enn fordoblet siden 1966 og var på samme nivå som de mest utsatte innsjøene på Sørlandet. Selv større innsjøer hadde lite igjen av sin opprinnelige motstandskraft mot forsuring. Undersøkelser i 1987-1989 viste at store områder i Sør-Varanger ville få omfattende skader og tap av fiskebestander hvis belastningen med sur nedbør fra smelteverkene på Kola-halvøya økte ytterligere. Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at forsuringsutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået. I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere. Siden 1993 har gjennomsnittlig pH for disse sjøene vært  $> 6$ . I 2007 var gjennomsnittlig pH 6,29, som er den høyeste verdien som er registrert så langt innen overvåkingen. Samtidig ser vi en økende trend i alkalitet og ANC. Sulfat har vist nedgang på 37 % fra 1986 til 2007, og gjennomsnittskonsentrasjonen for 2007 på  $44 \text{ } \mu\text{ekv L}^{-1}$  er den laveste som er registrert så langt innen overvåkingen i denne regionen. Konsentrasjonen av labilt Al har helt siden 1991 vært  $< 10 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ .

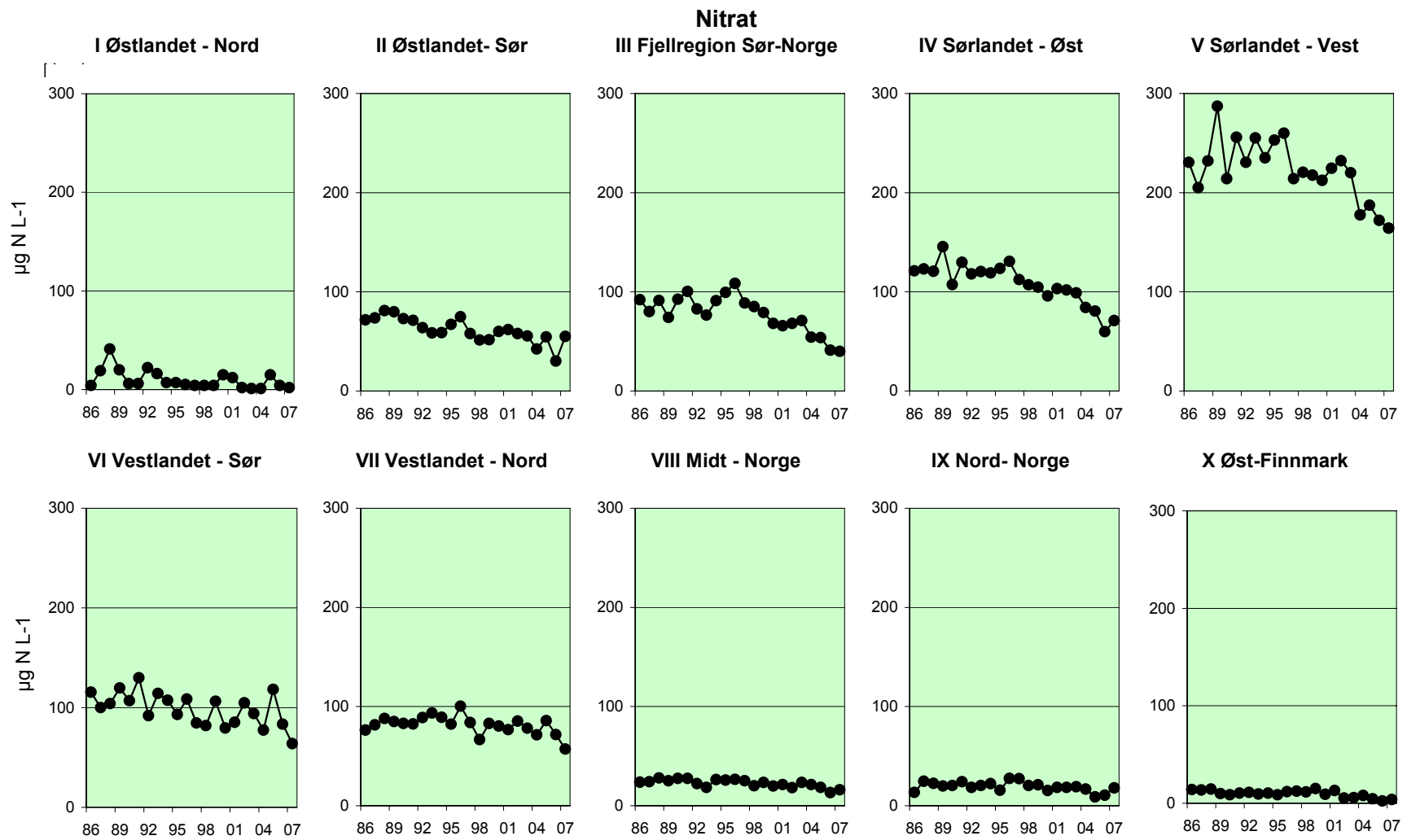
I Øst-Finnmark er det også overvåking av seks små innsjøer på Jarfjordfjellet. I disse innsjøene måles det på metaller. Overvåkingen viser at Ni-konsentrasjonene i disse sjøene har økt fra gjennomsnittlig  $8\text{-}11 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 1990 – 2003, til  $12\text{-}16 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$  i perioden 2004-2007. Dette er mest sannsynlig en respons på den økte deposisjonen av Ni i området.





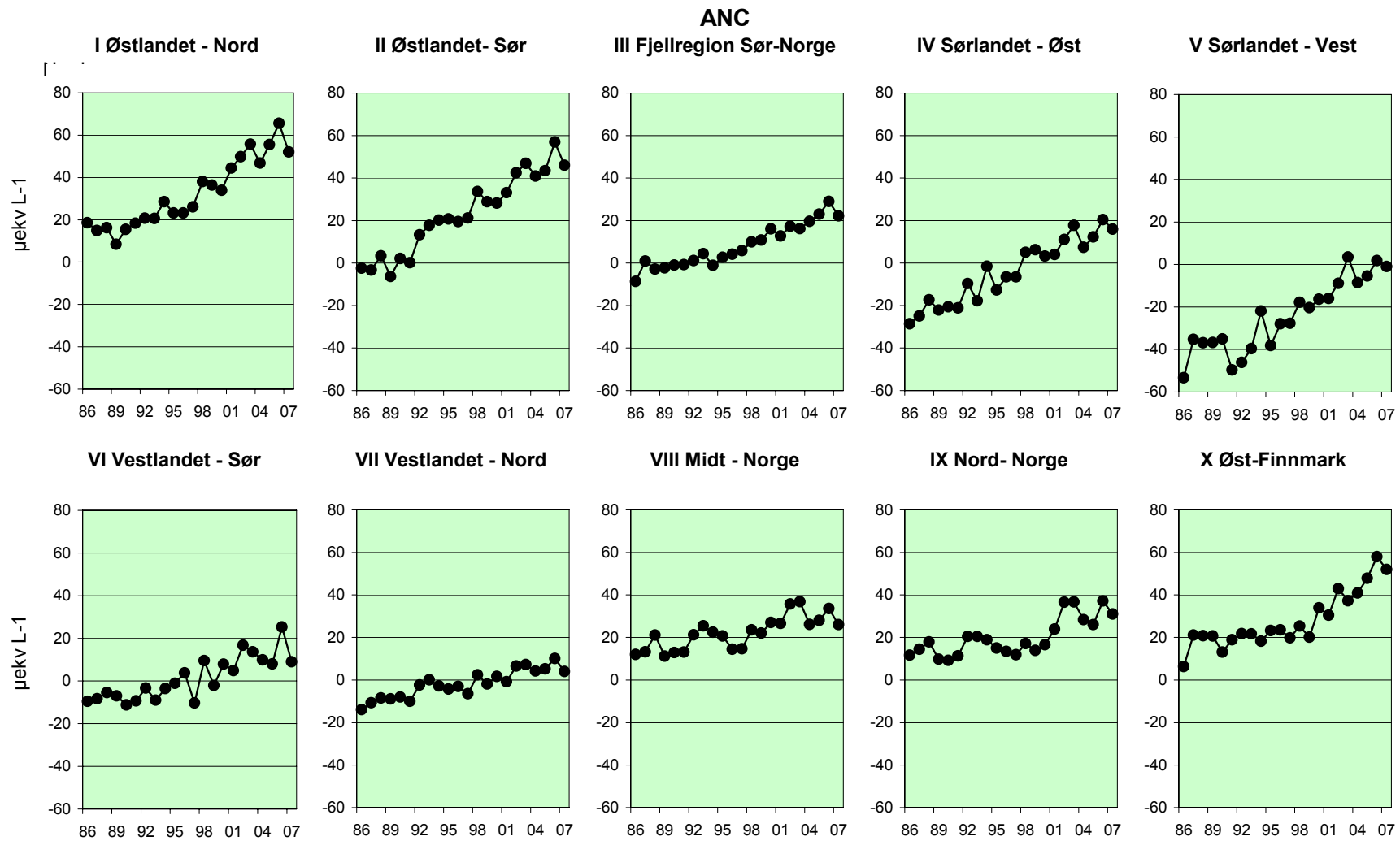
Figur 15. Trender for perioden 1986-2007 for ikke-marin sulfat for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 15. Trends for 1986-2007 in non-marine sulphate in lakes in the 10 regions.



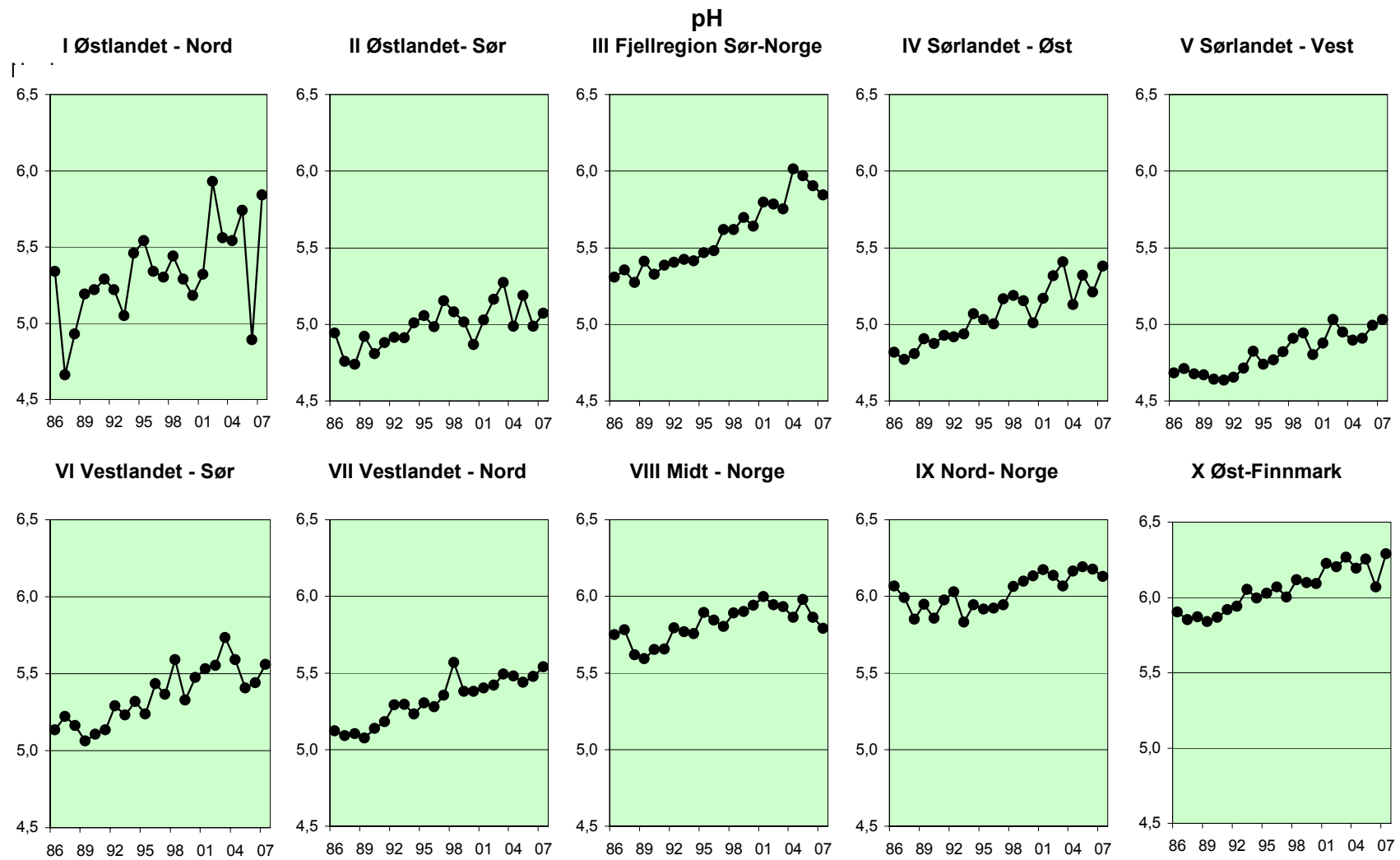
Figur 16. Trender for perioden 1986-2007 for nitrat for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 16. Trends for 1986-2007 in nitrate in lakes in the 10 regions.



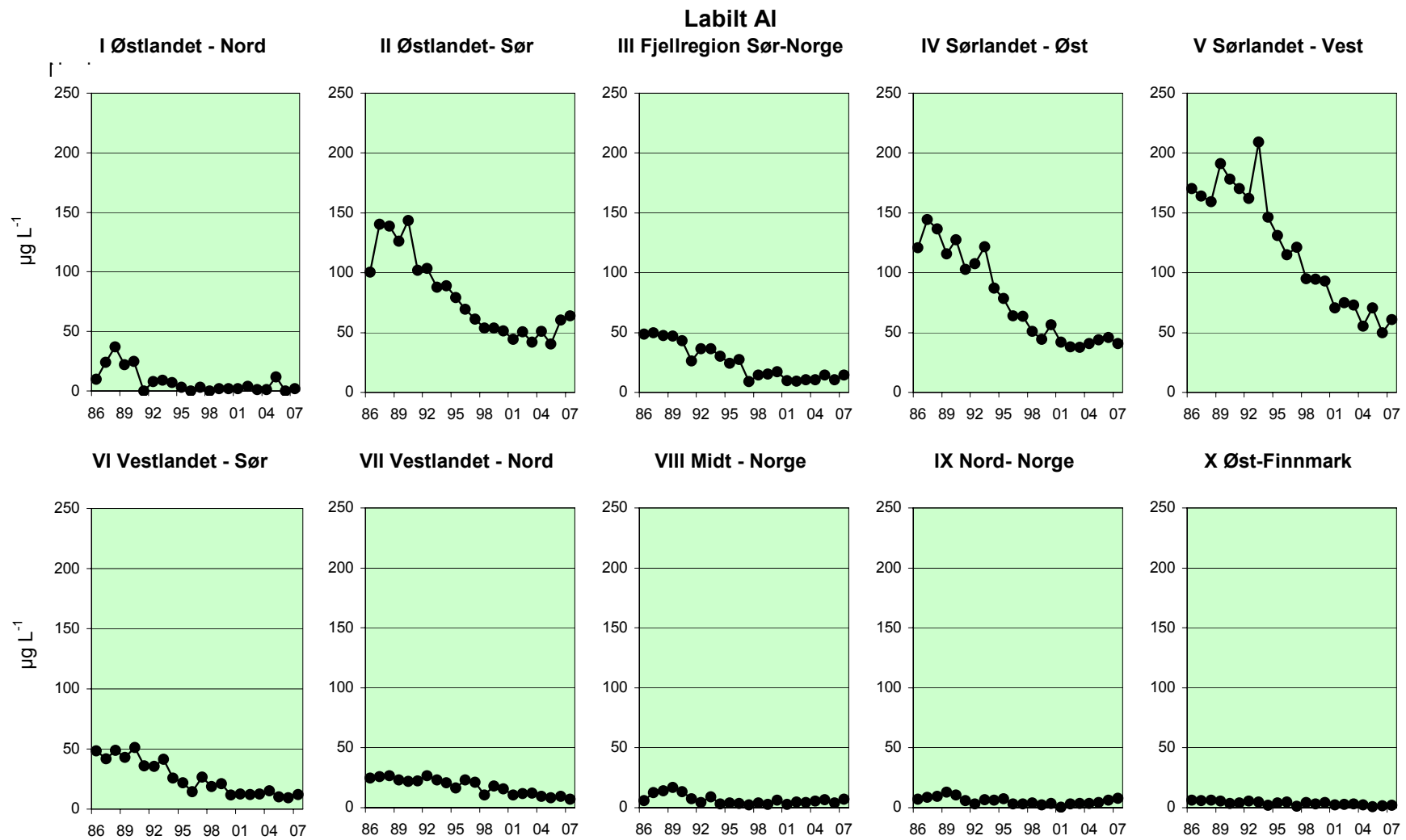
Figur 17. Trender for perioden 1986-2007 for ANC (syrenøytraliserende kapasitet) for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 17. Trends for 1986-2007 in ANC (Acid Neutralizing Capacity) in lakes in the 10 regions.



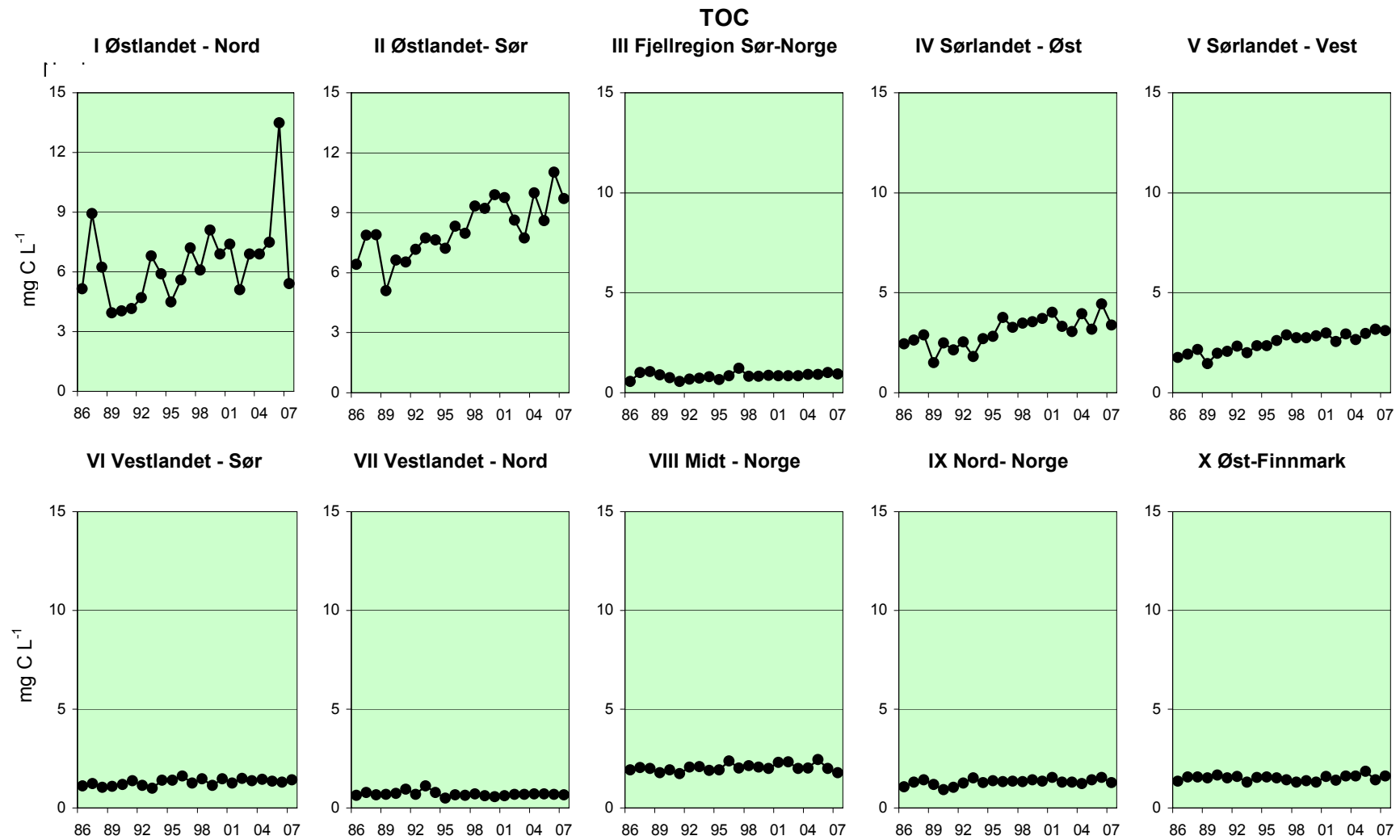
Figur 18. Trender for perioden 1986-2007 for pH for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 18. Trends for 1986-2007 in pH in lakes in the 10 regions.



Figur 19. Trender i LAl (labilt uorganisk (bundet) aluminium) for perioden 1986-2007 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 19. Trends for 1986-2007 in labile Al in lakes in the 10 regions.



Figur 20. Trender i TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2007 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 20. Trends in TOC (Total Organic Carbon) for the period 1986-2007 in lakes in the 10 regions.

## 5.2 Effekter på akvatisk fauna

### 5.2.1 Effekter på bunndyr

#### ***Regionale bunndyrundersøkelser i elver***

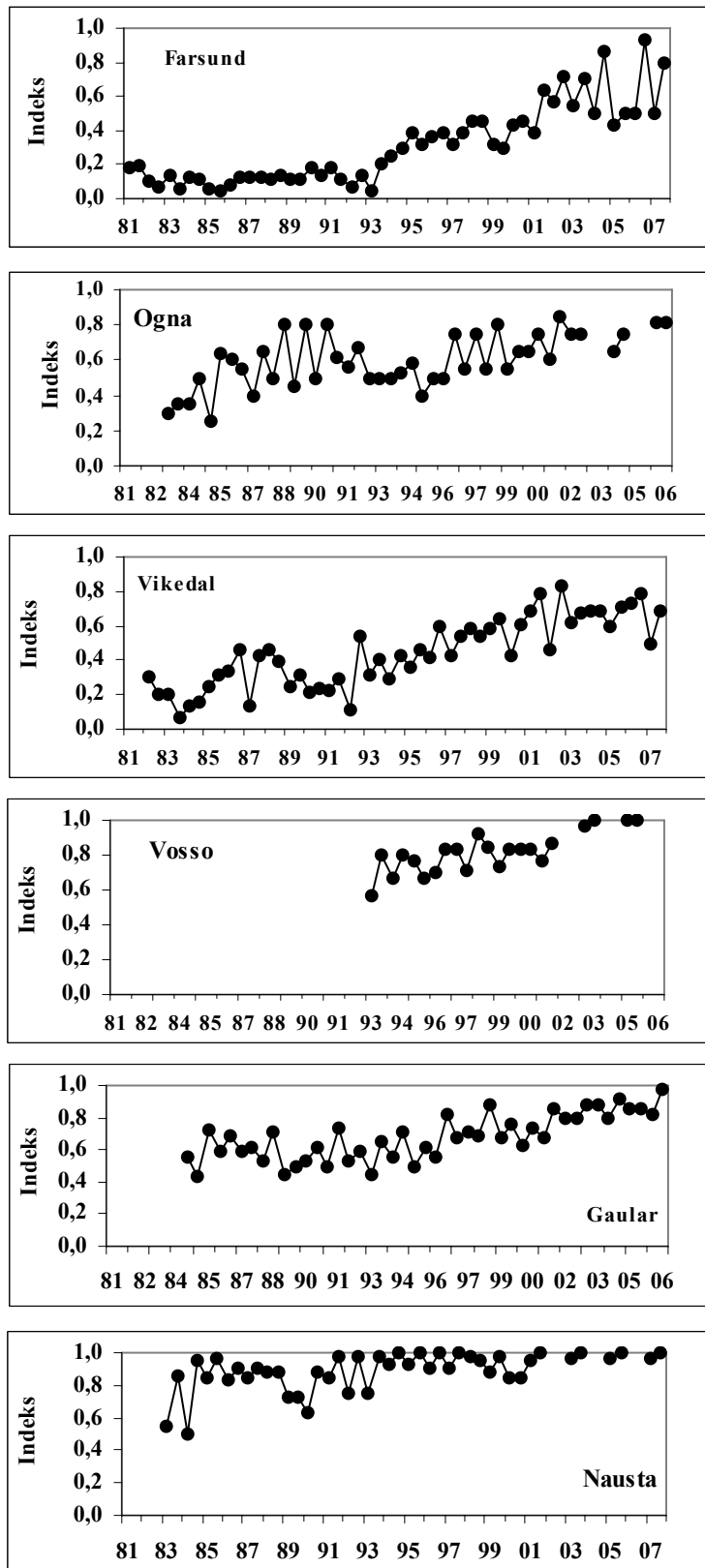
De regionale bunndyrundersøkelsene i elver omfatter overvåking av seks vassdrag. Fra og med 2002 blir tre av vassdragene prøvetatt annet hvert år. I 2007 ble det samlet inn prøver fra fire vassdrag. Onga og Vosso ble ikke prøvetatt. Skadeomfanget i overvåkingsvassdragene var signifikant større i perioden fram til 1990-tallet. I perioden 1990 – 2000 skjedde det en markert gjenhenting av faunaen. Forsuringssensitive bunndyr koloniserte mange tidligere sterkt skadete lokaliteter. Dette resulterte i økt biologisk mangfold. I de senere år har den positive utviklingen stagnert noe. Forskjellene i skadeomfang mellom de undersøkte vassdragene er også blitt mindre i de senere år. Resultatene fra 2007 viser at skadene i Vikedalsvassdraget var blitt markert større enn forrige undersøkelse. Situasjonen i de andre undersøkte vassdragene var noenlunde lik forrige undersøkelse.

#### **Sørlandet - Vest (region V)**

Lokalitetene ved Farsund var sterkt forsuringsskadd i perioden 1981-1993. I de senere år har skadene på bunndyrfaunaen avtatt, men området må fortsatt karakteriseres som markert forsuringsskadet. Det er spesielt situasjonen om våren som viser at bunndyrfaunaen er forsuringsskadet. I de senere år har bestander av den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* bygget seg opp i Farsund. Disse er ennå ustabile, og i 2005 ble arten slått ut i hele området, sannsynligvis som en følge av sterke sjøsaltepisoder vinteren 2005. *Baetis rhodani* var tilbake igjen i lokalitetene både høsten 2006 og 2007. Forsuringsindeksen i 2006 var den høyeste verdien som er registrert i vassdraget (0,93), se *Figur 21*. Sammenlignet med perioden fram til tidlig på 1990-tallet har også flere moderat følsomme arter etablert bestander i lokalitetene. Dette gjelder spesielt forsuringssensitive vårfluer og igler. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forsuringsindeksen i Farsundområdet i de årene overvåkingen har pågått.

#### **Vestlandet - Sør (region VI)**

Bunndyrundersøkelsene i de ukalkede delene av Vikedalsvassdraget viste at det er markerte forsuringsskader i deler av nedbørfeltet, og at situasjonen hadde forverret seg sammenlignet med de senere år. Våren 2007 var forsuringsindeksen 0,50, den laveste verdien som er målt etter 2002 (*Figur 21*). Forsuringsindeksen har i de senere år vært ustabil med store svingninger mellom vår og høst. En forklaring på dette kan være at bunndyrsamfunnet blir påvirket av sure episoder som følge av langtransporterte forurensninger eventuelt i kombinasjon med sjøsaltepisoder om vinteren.. Situasjonen er likevel langt fra mørk. Sett over et lengre perspektiv har det vært en sterkt positiv utvikling som startet rundt 1990 (*Figur 21*). Vassdraget har refuger med god vannkvalitet og med en rik bunndyrfauna. Disse lokalitetene inneholder forsuringfølsomme bunndyr og har stor betydning som kilder for rekolonisering etter sure episoder. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ( $p < 0,001$ ) av forsuringsindeksen i Vikedalvassdraget.



Figur 21. Forsuringindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.

Figure 21. Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The index is explained in the main report.



### **Vestlandet - Nord (region VII)**

Gaularvassdraget har fortsatt forsureningskader i Eldalen, men de har avtatt betydelig i de senere år. I 2006 var forsuringindeksen 0,82 om våren og 0,97 om høsten (*Figur 21*). Sistnevnte verdi er den høyeste som er registrert i vassdraget. Det gjenstår foreløpig noen prøver fra 2007 og resultatene vil først foreligge i hovedrapporten. Hovedelva nedstrøms Viksdalsvatnet har i de senere år hatt et rikt bunndyrsamfunn, med gode innslag av forsuringssensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i de lakseførende deler av vassdraget er god.

Naustavassdraget har hatt en tilfredsstillende utvikling med hensyn på forsureningskader på bunndyrfaunaen fra overvåkingen startet i 1983, og kan betegnes som det minst forsurete av overvåkingsvassdragene (*Figur 21*). Med unntak av en sidebekk som er moderat forsuret, er det registrert sterkt forsuringssensitive bunndyr på alle overvåkingstasjonene i 2007. Bunndyrsamfunnene i de lakseførende deler av vassdraget hadde en normal sammensetning uten tegn på forsureningskade.

### **Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer**

Fra og med 2007 utgår alle innløpsprøver fra overvåkingsinnsjøene. Dette får betydning for det totale biologiske mangfold i prøvene og for trendanalyser og sammenligning med tidligere år. Vi har tatt hensyn til dette i rapporten.

### **Østlandet – Nord (region I)**

De årlige innsjøene Atnsjøen og Stortjørna ble undersøkt i 2007. I Atnsjøen ble det registrert en snegleart og 5 arter av døgnfluer hvorav fire er følsomme for surt vann. Tettheten av den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* var god på lokalitetene som egnet seg for arten. Dette indikerer en uskadet fauna. Videre ble det registrert 7 arter av steinfluer. Blant disse var det tre følsomme arter. Det ble videre påvist 7 arter av vårfluer, det samme som foregående år. To av disse er kjent for å være sensitive for surt vann. I Atnsjøen er også polyppdyret *Hydra sp.* registrert, en dyregruppe som regnes som følsom. Videre ble det registrert følsomme Flimmermark, *Otomesostoma auditivum* og følsomme krepsdyr, *Daphnia sp.*, i roteprøvene. Resultatet i Atnsjøen varierer litt fra år til år med hensyn på antall arter og mengden av sensitive taksa. Forskjellene tolkes som naturlige variasjoner og ikke at samfunnene endrer seg grunnet endret forsuringbelastning.

Stortjørna har vist moderat til liten forsureningskade tidligere. *B. rhodani*, som har hatt sporadisk forekomst i de seneste år, ble ikke registrert i de to senere år. Vekslingen i forekomst indikerer ustabile forhold og varierende surhetstilstand fra år til år. Den moderat følsomme steinfluen *Isoperla grammatica* ble registrert i utløpselva. Blant vårfluene ble det bare påvist tolerante arter. Lokaliteten karakteriseres som moderat skadet av forsuring og tilstanden er ustabil.

### **Østlandet – Sør (region II)**

I region II ble de årlige innsjøene Ø. Jerpetjern, Langtjern og Bredtjern undersøkt. Resultatene fra disse innsjøene viser at tilstanden i Øvre Jerpetjern var forverret fra moderat til sterkt skadet. I Langtjern ble det i likhet med tidligere år påvist småmuslinger, *Pisidium sp.*. Bredtjern hadde en sterkt skadet fauna. Denne situasjonen har vært stabil i overvåkingsperioden.

### **Fjellregion - Sør-Norge (region III)**

I region III ble det samlet inn prøver fra Rondvatn og Heddersvatn. I Rondvatn ble det registrert tre sensitive taksa av bunndyr. Dette er i samsvar med registreringer fra 2006, men den sterkt følsomme døgnfluenslekten *Baetis* ble ikke registrert i utløpsbekken. *Baetis* spp. har vært vanlig i lokaliteten i de senere år. Fraværet kan skyldes at tålegrensen har vært overskredet. Rondvatn har svært lave ionestyrker og er således sensitivt for sure episoder.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

I region IV ble Bjorvatn, Risvatn, Lille Hovvatn, Drivenesvatn, Sognevatn og Kleivsetvatnet undersøkt. I førstnevnte lokalitet er det tidligere bare påvist taksa som er tolerante for surt vatn med unntak av 2002 hvor det ble registrert småmuslinger, *Pisidium* sp. I senere år, inklusive 2007, er ikke muslingene gjenfunnet og innsjøen fremstår som meget sterkt forsuret. I Lille Hovvatn kan tilstedeværelse av småmuslinger i 2006 og 2007 tyde på at vatnet er i ferd med å gjenhente seg fra en tidligere sterkt skadet tilstand. I Sognevatn ble det funnet ni følsomme taksa høsten i 2006. Dette er noe lavere enn 2005, men vatnet er inne i en positiv trend. De vanligste taxa var de sterkt følsomme døgnfluene *Baetis rhodani* og *Heptagenia sulphurea*, steinflueslekten *Isoperla* sp. og vårflueslekten *Hydropsyche* sp.. De fleste registreringene ble gjort i utløpet. I selve vatnet ble det, i likhet med de foregående år påvist svært følsomme døgnfluier. Drivenesvatnet hadde store tettheter av vårfluen *Hydropsyche siltalai* i utløpet og karakteriseres moderat forsuret. Sognevatnet og utløpselva er lite forsuret. Den lave forekomsten av sensitive organismer i innløpet tyder på en moderat skade, men denne viskes ut i innsjøen og i utløpet. Risvatnet hadde mange sensitive bunndyrarter og gode tettheter av *Baetis rhodani* i utløpet viser at vatnet har en god vannkvalitet.

### **Sørlandet - Vest (region V)**

I region V innsjøene Saudlandsvatn, Ljosvatn og Lomstjønni undersøkt. I Saudlandsvatn som undersøkes årlig, ble det i 2007 påvist 8 følsomme taksa, omlag det samme som i årene før. Den sterkt sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* ble registrert i innløpsbekken. Utviklingen av denne døgnfluen har vært positiv fram til og med 2004. I 2005 var arten fraværende, sannsynligvis grunnet sjøaltepisoder tidlig på året. De seneste års resultater viser at de mest følsomme taksaene fortsatt er meget ustabile og at små vannkjemiske endringer kan slå disse ut igjen. Den økende andelen av sensitive organismer er positiv og viser at det biologiske mangfoldet utvikler seg i positiv retning. Av arter som har etablert seg i Saudlandsvatnet i de seneste årene kan foruten *Baetis*, nevnes døgnfluene *Cloeon dipterum* og *Siphonurus alternatus* samt vårfluene *Tinodes waeneri* og *Oecetis testacea*. Alle artene som har kommet tilbake er forventet, men fortsatt mangler det mange som finnes i uforsurede lokaliteter. I Ljosvatn ble det ikke registrert følsomme bunndyr i 2007. Lokaliteten vurderes fortsatt som meget sterkt forsuret slik situasjonen har vært i hele overvåkingsperioden. Lomstjønni fremstår nå som lite forsuret. Resultatene fra innsjøene som undersøkes årlig i region V indikerer en økning i biologisk mangfold.

### **Vestlandet - Sør (region VI)**

I region VI ble Røyrvatnet undersøkt i 2007. Etter mange år med sterk forsuret har Røyrvatnet vist tegn til en begynnende gjenhenting av bunndyrfaunaen i de siste årene. I 2007 ble det registrert ett individ av den moderat sensitive steinfluen *Diura nanseni*. Resultatene fra 2007 representerer et tilbakeskritt sammenlignet med foregående år, da det ble registrert flere sensitive bunndyrtaksa i lokaliteten, blant annet den sterkt sensitive døgnfluen *Baetis rhodani*. Resultatene fra 2007 tyder på at lokaliteten er i en ustabil fase. For ytterligere kommentarer henvises til elveundersøkelsene.

### **Vestlandet - Nord (region VII)**

I region VII ble de årlige innsjøene Markusdalsvatn, Nystølvatn og Svartetjern undersøkt. Bunnfaunaen i Markusdalsvatn viste meget sterk forurensningsskaded fauna frem til 1999. Fra dette året er det sporadisk registrert moderat sensitive bunndyrarter i lokaliteten. I 2007 ble det registrert to følsomme taksa, døgnfluen *Siphonurus lacustris* og steinfluen *Isoperla grammatica*. I Svartetjern ble det bare påvist tolerante arter. Forekomst av enkelte følsomme arter fra år til annet tyder på at vatnet er i positiv utvikling. Nystølvatn hadde en periode med sterk skade i årene 2000 og 2001. Etter dette har vatnet vist tegn til forbedring, med årlige registreringer av moderat sensitive bunndyr. Ved undersøkelsene i 2006 ble døgnfluen *Baetis rhodani* for første gang registrert i utløpselva fra Nystølvatnet. I løpet av den perioden vassdraget har vært overvåket har denne arten spredd seg oppover denne sidegreina av Gaularvassdraget, i samsvar med redusert nedfall av forurensningskomponenter og med forbedret vannkvalitet. Nystølvatn er svært ionefattig og er følgelig følsom for forurensning. Den stabile forekomsten av følsomme taksa de siste årene indikerer en positiv utvikling.

### **Midt-Norge (region VIII)**

I region VIII undersøkes Svartdalsvatn årlig. Den svært sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* er tidligere registrert i innløpselva. Denne lokaliteten utgår fra og med 2007. Prøven fra utløpselva inneholdt den moderat sensitive steinfluen *Diura nanseni*. Andelen av følsomme taksa er viser at vatnet er moderat forurensningsskaded.

### **Nord-Norge (region IX)**

Det ble ikke samlet inn prøver fra region IX i 2007.

### **Øst-Finnmark (region X)**

Det ble innsamlet bunndyrmateriale fra Dalvatn, region X i 2006. I Dalvatnet, er det tidligere tatt årlige prøver. Den sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* har vist sporadisk forekomst i utløpselva. Den ble ikke registrert i 2007. Dette viser at vannkvaliteten i lokaliteten foreløpig er for marginal.

### **Trender i bunndyrobbservasjoner**

En del av elvene og innsjøene som inngår i innsjøovervåkingen har vært undersøkt over lange tidsrom. Lille Hovvatn (region IV) har vært undersøkt over 17 år (referanse til det nærliggende kalkete Store Hovvatn). Innsjøen var meget sterkt forurensningsskaded i perioden 1977 til 1980. I siste halvdel av nittitallet ble det sporadisk registrert småmuslinger samt døgnfluen *Siphonurus* sp. Senere var begge arter fraværende til 2005. *Siphonurus* ble registrert i 2005 og 2006, men ikke i 2007. Småmuslingen *Pisidium* sp. ble registrert i 2006 og 2007. Sporadiske forekomster av de to gruppene i Lille Hovvatn viser at vannkvaliteten fortsatt er marginal. Rekrutteringen av sensitive bunndyr skjer fra Store Hovvatn, der de har blitt tallrike etter kalking.

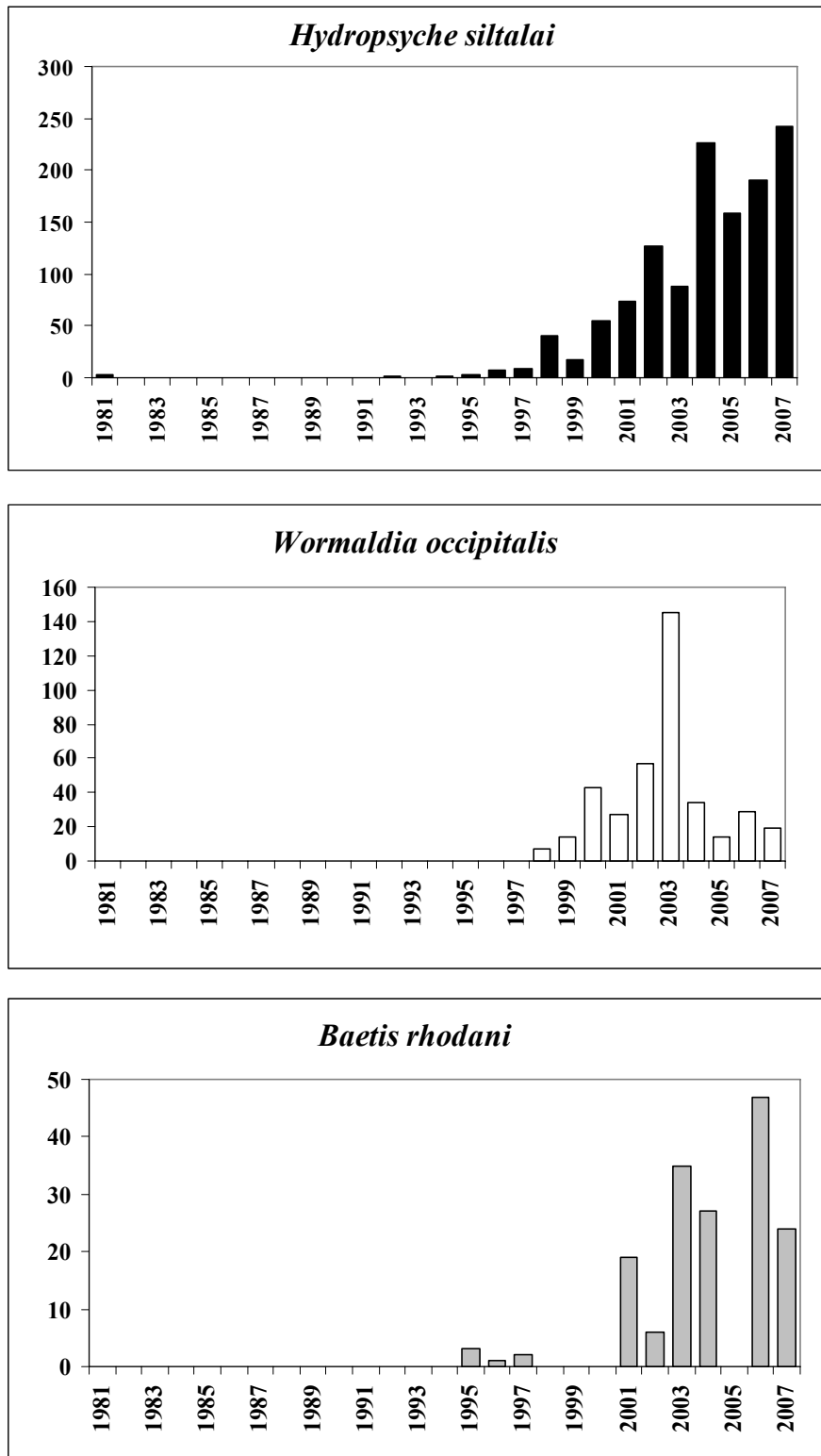
Saudlandsvatn som ligger i region V har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende områder har vært meget positiv fra 1990. Både antall taksa og individer har økt etter 2000. I 2007 ble det registrert 8 følsomme taksa i Saudlandsvatn, omtrent som i de to foregående år. Dette viser at det biologiske mangfold i lokaliteten er økende. Vårfluene *H. siltalai* og *Wormaldia occipitalis* er eksempler på følsomme arter som kom tilbake i siste halvdel av nittitallet i bekkelokaliteter nær Saudlandsvatn (Figur 22). Et annet eksempel finner vi i den sterkt forurensningssensitive døgnfluen *B. rhodani* (Figur 22). Denne arten dannet en midlertidig bestand i perioden 1995 – 1997, for så å forsvinne i 1998. Den ble registrert på nytt i årene 2001 - 2004. I 2005 ble *B.*

*rhodani* ikke funnet i prøvene. Dette kan være forårsaket av sure episoder i forbindelse med sjøsaltepisoder i januar dette året. Tilbakekomsten av arten er positiv, men vannkvaliteten er foreløpig ustabil for en permanent etablering av arten. Moderat følsomme arter viser derimot stabile bestander.

I tidligere rapporter er det påpekt at det er blitt registrert flere igler i lokaliteter på Sørlandet. Dette er en region hvor kun en igle, blodigle, er oppført som sikker for regionen, mens andre iglene er angitt med usikker forekomst i Fauna Norvegica (Aagaard & Dolmen 1996). Dyregruppen har trolig vært sparsomt utbredt i regionen tidligere noe som kan skyldes forsurening. Vi har indikasjoner på at iglene er moderat følsomme for surt vann, mens noen av deres viktigste næringsorganismer, som f. eks. snegl, er meget følsomme. Overvåkingen har tidligere vist at iglene *H. stagnalis*, *E. octoculata* og *T. tessulatum* har blitt mer vanlige i flere lokaliteter på Sørlandet. I 2007 ble de to førstnevnte registrert i Saudlandsvatnet. Utviklingen tolkes som en positiv effekt av redusert forsurening både på iglene og på viktige næringsdyr.

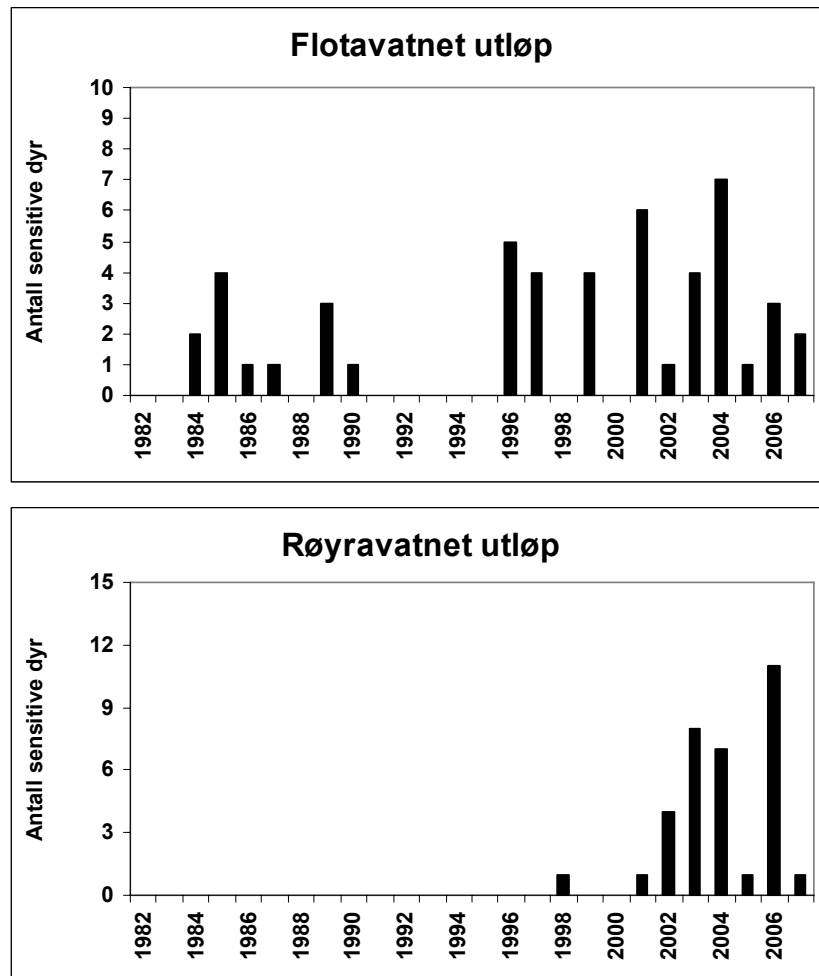
I region VI har utløpselvene fra Flotavatn og Røyrvatn inngått i overvåkingen siden 1982. Elva fra Flotavatn har gjennom hele perioden hatt sporadiske innslag av den moderat forsureningsfølsomme steinfluen *Diura nanseni* (Figur 23). Døgnfluen *B. rhodani* ble påvist i lokaliteten i 2001. Forsurningsnivået i lokaliteten er ennå ikke akseptabelt. Det biologiske mangfoldet i lokaliteten vil øke dersom vannkvaliteten bedres. Bunndyrfaunaen i elva fra Røyrvatn har vist at lokaliteten var sterkt forsuret i perioden 1982 – 1997. Situasjonen i de senere årene viser en endring i positiv retning (Figur 23), med en redusert forsureningsskade og økning i biologisk mangfold. Det observeres årlig ulike moderat sensitive arter her. I 2007 ble det registrert færre sensitive bunndyr i begge lokaliteter. Dette samsvarer med et generelt inntrykk av at Vikedalsvassdraget hadde større skader i 2007 enn de foregående år.

I region VII har vi overvåket utløpselva fra Ø. Botnatjønn og Markusdalsvatn siden 1991 og innløp og utløpselv fra Nystølvatn siden 1984. De to førstnevnte lokalitetene har vært meget sterkt forsureningsskadet i mesteparten av perioden, men i 1999 ble det funnet moderat forsureningsfølsomme taksa. Prøvene fra de siste årene indikerer ustabil vannkjemi, men at det er en positiv tendens i utviklingen av følsom fauna og biologisk mangfold. Nystølvatn, som viste en negativ utvikling i 2000 og 2001, har bedret seg betydelig i de siste årene.



Figur 22. Antall registrerte individer av vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Wormaldia occipitalis* samt døgnfluen *Baetis rhodani* Saudlandsområdet, Farsund i perioden 1981 – 2007.

Figure 22. Total number of the caddisflies *Hydropsyche siltalai* and *Wormaldia occipitalis* and the mayfly *Baetis rhodani* in the Saudland area, Farsund during 1981 – 2007.



Figur 23. Forekomst av forurensningssensitive bunndyr i utløpselvene fra Flotvatnet og Røyrvatnet, Vikedal, i perioden 1982-2007.

Figure 23. Numbers of acid-sensitive benthic animals in the outlet rivers from Lake Flotvatnet and Lake Røyrvatnet, Vikedal, in the period 1982-2007.

### 5.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2007 registrert 62 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 40 arter vannlopper (Cladocera) og 22 arter hoppekreps (Copepoda; cyclopoide og calanoide). De fleste av disse har en vid geografisk utbredelse og er tolerante mht. de fleste miljøforhold, inklusive forurensning. Eksempler på forurensningsfølsomme arter er *Daphnia longiremis*, *D. longispina*, *Eucyclops macrurus* og *E. speratus*. Arter innen slekten *Daphnia* spp. har en sentral funksjon som surhetsindikatorer, både for dagens innsjøer og i historisk sammenheng. Allerede ved pH 6,0 begynner artene å opptre med avtagende frekvens, og de mangler med få unntak i lokaliteter med pH lavere enn 5,4.

Artsantallet for den enkelte lokalitet varierte mellom 9 og 40. Antall arter i en lokalitet er avhengig av vannkvaliteten, geografisk beliggenhet, klimaforhold og biologiske forhold for øvrig. Lavest artsrikdom finnes i sure lokaliteter og da spesielt i kombinasjon med ugunstige klimatiske forhold (kort vekstsesong og lave sommertemperaturer), og hvor innholdet av TOC er lavt. I de mest forurensningsskadede lokalitetene vil det være få forurensningsfølsomme arter. To av de mest vanlige forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops*

*scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forsurening, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longispina* og *Chydorus sphaericus*. Forholdet mellom de tre gruppene av krepsdyr (vannlopper, calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps) brukes derfor for å identifisere innsjøer med store forsureningsskader fra de som er mindre forsuret.

Fordi forekomsten av mange av de forsureningssensitive artene er bestemt av andre miljøfaktorer (klima, kalsiumkonsentrasjon og fiskepredasjon) i tillegg til forsurening, finnes det også uforsurete innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forsureningsfølsomme arter og dominans av arter som er karakteristisk for forsurete lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forsureningsskadet krepsdyrsamfunnet er.

### **Østlandet – Nord (region I)**

Region I ble undersøkt i 1998 og det ble registrert 47 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 innsjøer. Basert på krepsdyrfaunaen ble enkeltsjøene i regionen den gang vurdert å være ubetydelig/lite til sterkt forsureningsskadet (svært god/god - dårlig økologisk tilstand). Siden er kun noen få av innsjøene i denne regionen undersøkt. To av innsjøene undersøkes årlig. Atnsjøen (Stor-Elvdal) er en referansesjø med ingen eller kun ubetydelige forsureningsskader. Andelen forsureningsfølsomme individer har i de siste fire årene likevel vært noe høyere enn i tidligere år. Stortjøna (Engerdal) er moderat forsuret og viser relativt store mellom-år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Ytterligere to innsjøer i region I er undersøkt både i 1998, 2002 og 2006. Undersøkelsene gir så langt ingen eller kun svake tegn på en positiv utvikling i forsureningssituasjonen i region I.

### **Østlandet – Sør (region II)**

Totalt er det registrert 68 arter i region II basert på overvåkingen i perioden 1996-2007. For enkeltlokaliteter i region II vurderes forsureningsskadene som liten til meget stor basert på krepsdyrfaunaen (god - svært dårlig økologisk tilstand). Et flertall av overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 1998 og på nytt i 2002 og i 2006. Antall arter var hhv. 50 (12 lok.), 60 (11 lok.) og 51 (8 lok.). Antall arter og andel forsureningsfølsomme arter var høyere i 2002 sammenlignet med 1998 for de fleste av lokalitetene. Det blir antatt at forskjellene mellom 1998 og 2002 skyldes andre forhold enn forsurening. Tidlig start på vekstsesongen og en varm sommer på Østlandet gjør at 2002 skiller seg fra de øvrige årene i overvåkingsperioden. Totalt 8 innsjøer er undersøkt ved minimum tre tidspunkt (1998, 2002, 2006). Andel forsureningsfølsomme arter varierer mellom år, men med unntak av Bredtjern (Aremark), er andelen generelt noe høyere eller på samme nivå i 2006 sammenlignet med 1998. I Storbørja (Kongsvinger) ble det for første gang registrert *Daphnia cristata* i 2006. Innsjøen hører til de mindre forsurete innsjøene, og en annen dafnie, *Daphnia longiremis*, er funnet i alle undersøkelsesår. For tre av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra ni til 12 år i løpet av perioden 1996-2007. I Bredtjern, en av de mest forsureningsskadede innsjøene i denne regionen, indikerte sammensetningen i planktonet, med dominans av hoppekrepsen *Eudiatomus gracilis* og den svært forsureningstolerante vannloppen *Bosmina longispina* og ellers få arter, at innsjøen er sterkt forsureningsskadet. Fra Langtjern (Flå) fins det, i tillegg til nyere krepsdyrundersøkelser, planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den forsureningsfølsomme arten *Daphnia longispina* i planktonet har i alle år vært lav, men noe høyere i perioden 2003-2006, og på samme nivå som i 1977, sammenlignet med perioden 1998-2002. Mengden av den moderat følsomme hoppekrepsen *Acanthodiatomus denticornis* har økt i løpet av overvåkingsperioden. I 2007 var tettheten av begge disse artene imidlertid svært lav. I Øvre Jerpetjern (Notodden) har andel forsureningsfølsomme arter vært noe høyere de tre siste årene sammenlignet med tidligere år. I Langvatn (Oslo), som er undersøkt årlig i

perioden 1996-1999 og siden hvert 4. år, er det registrert relativt høy andel forsuringsfølsomme arter. Vannkvaliteten synes imidlertid å være ustabil, og *Daphnia longispina* er kun registrert i 1997 og i 2006. For øvrig er det ingen generelle endringer i krepsdyrfaunaen i undersøkelsesperioden. Resultatene fra region II indikerer likevel at en gradvis bedring av vannkvaliteten nå følges av en svak men positiv utvikling i krepsdyrfaunaen. Relativt store år til år variasjoner tyder imidlertid på at vannkvaliteten er marginal i forhold til de krav som stilles for reetablering av forsuringsfølsomme arter av småkreps.

### **Fjellregion - Sør-Norge (region III)**

Totalt er det registrert 41 arter i region III basert på overvåkingen i perioden 1996-2007. Andel forsuringsfølsomme arter varierer omkring 20%. Lavest andel forsuringsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Rondvatn og Fremre Illmannstjern. Innsjøene i region II er vurdert som ubetydelig/lite til sterkt foruringssskadet (svært god/god – dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Flertallet av overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2000 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 33 (11 lok.) og 29 (6 lok.). Fra to av lokalitetene fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2007. I Heddersvatn (Hjartdal), som i tillegg ble undersøkt i 1978, ble *Cyclops scutifer* registrert for første gang i 1999 og er funnet i små mengder i alle de påfølgende årene. Det ser ut til at arten har erstattet den mer foruringsstolerante *Acanthocyclops vernalis*, og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Andel forsuringsfølsomme arter er imidlertid lav og sammen med svært lave tettheter av *Cyclops scutifer* ved siste undersøkelse vurderes tilstanden, basert på krepsdyrfaunaen, å være noe dårligere i 2007 enn de forutgående årene. Rondvatn (Otta) er svært artsfattig, men dette har mest sannsynlig naturlige årsaker som dårlig utviklet litoralsone og lave ione-konsentrasjoner. Kun mindre år til år variasjoner i krepsdyrfaunaen er registrert og andel forsuringsfølsomme arter er relativt høyt (20-33%). Fire av lokalitetene i Kvennavassdraget (Hardangervidda) ble undersøkt i 1978 og 1995 i tillegg til 2000. Tre av innsjøene inngikk også i overvåkingen i 2005. Andelen forsuringsfølsomme arter var lav i 2005 sammenlignet med tidligere år. Innsjøene vurderes ikke som foruringssskadet og forskjeller i krepsdyrfaunaen mellom år skyldes høyst sannsynlig variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel klima.

### **Sørlandet - Øst (region IV)**

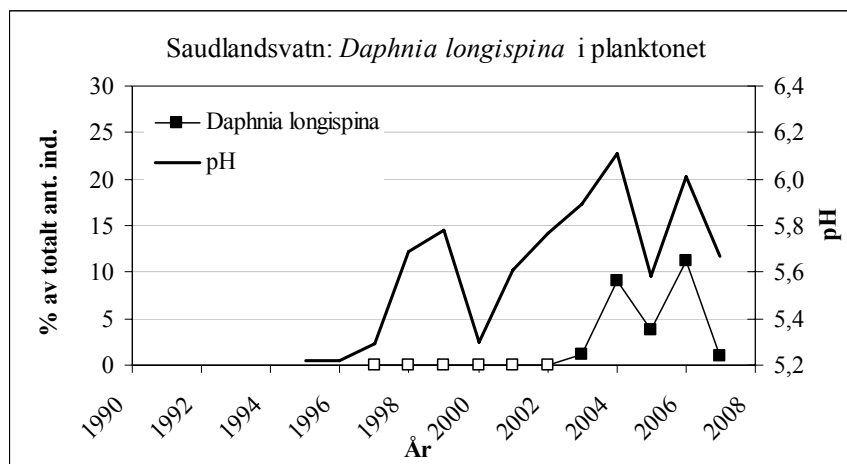
Totalt er det registrert 63 krepsdyrarter i region IV i perioden 1996-2007. Krepsdyrsamfunnene viser stor variasjon og foruringssskadene er vurdert som liten til meget stor (god – svært dårlig økologisk tilstand) for enkeltjøene i region IV. Et utvalg av overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003 og i 2007. Antall arter var hhv. 55 (10 lok.), 53 (9 lok.) og 51 (6 lok.). Tre av innsjøene overvåkes årlig. Bjorvatn (Birkenes) er moderat foruringssskadet. De siste årene, særlig fra 2003, er det kommet inn flere moderat forsuringsfølsomme arter av småkreps som tidligere ikke er registrert i innsjøen. I 2007 ble det registrert to nye arter, *Alona intermedia* og *Pseudochydorus globosus*, begge anses som moderat forsuringsfølsomme. Tettheten av disse er imidlertid lave og andelen forsuringsfølsomme arter er svært lav enkelte år. Dette viser at forholdene i Bjorvatn er ustabile. Dersom de vannkjemiske forbedringene fortsetter vil vi imidlertid kunne forvente en positiv utvikling i foruringsstilstanden i Bjorvatn i løpet av få år. Lille Hovvatn (Birkenes) hører til de mest foruringssskadete av overvåkingssjøene våre og krepsdyrsamfunnet gir ingen tegn på endringer i foruringsstilstand. I 2007 ble det kun registrert foruringsstolerante arter. I Sognevatn (Songdalen/Vennesla) er andelen forsuringsfølsomme krepsdyrarter mer enn fordoblet for perioden 1997-2007 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet, men datagrunnlaget fra de tidlige undersøkelsene er noe mangelfullt. Andelen *Daphnia*



*longispina* i planktonet fram mot 2005, fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997. Lave tettheter av *Daphnia longispina* i 2005-2007 kan indikere mindre gunstige forhold sammenlignet med tidlig på 2000-tallet. Økt predasjon fra fisk kan være en annen forklaring. Vi mangler imidlertid fiskedata for å kunne underbygge dette. For de øvrige tre innsjøene som ble undersøkt i 2007 har mengden av moderat forsuringfølsomme arter økt siden forrige undersøkelse (2003). Samtidig er det ikke registrert dafnier i de to sjøene Risvatn (Birkenes) og Drivnesvatn (Vennesla) som tidligere har hatt en bestand av *Daphnia longispina*. Hoppekrepsen *Cyclops scutifer*, som tidligere har vært en dominerende art, mangler også i to av innsjøene. For de fem innsjøene med 3-4 år med krepsdyrdata er det ingen indikasjoner på endringer i forsuringstilstanden over overvåkingsperioden.

### Sørlandet - Vest (region V)

Totalt er det registrert 58 arter (14 lok.) i overvåkingsperioden 1996-2007. Innsjøene i region V er klassifisert som litt/moderat til sterkt forsuringsskadet (god – svært dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Fra åtte av sjøene foreligger det krepsdyrdata fra både 1997 og 2001 og seks av disse er også undersøkt i 2005. Ytterligere to innsjøer er undersøkt kun i 2001 og 2005. Samlet sett er det en liten økning i relativ forekomst av forsuringfølsomme arter fra 1997 til 2001 og videre til 2005. Tre av innsjøene i region V blir undersøkt årlig. I Saudlandsvatn (Farsund) ble det i 2002, for første gang, funnet individer av *Daphnia longispina* i planktonet. Andelen av *D. longispina* har siden økt og denne har enkelte år vært en av de dominerende planktonartene (Figur 24). I 2007 var andelen dafnier derimot svært lav; noe som kan skyldes at vannkjemien fremdeles er ustabil og periodevis ugunstig. Andelen forsuringfølsomme arter har imidlertid økt de siste årene og ligger nå i underkant av 25%. Samlet indikerer resultatene en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen i innsjøen.



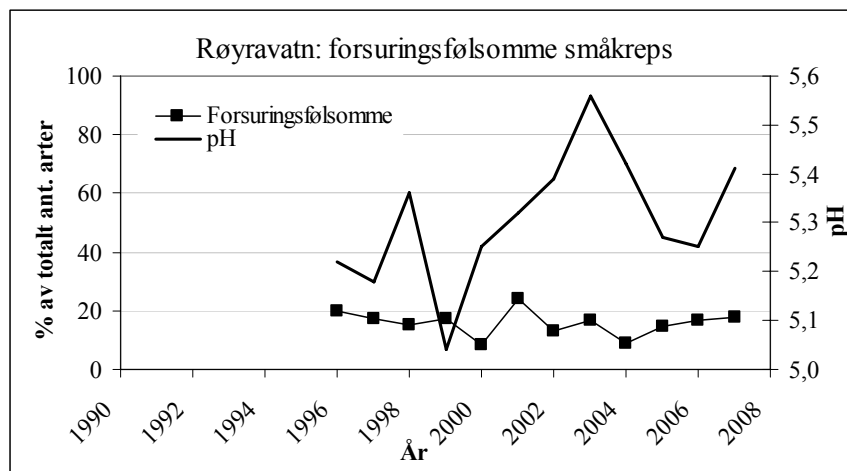
Figur 24. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longispina* i Saudlandsvatn (region V, Sørlandet - Vest) i 1997-2007. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH er fra høstprøver (unntak 2004: gjennomsnitt av prøver tatt vår og sommer).

Figure 24. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera *Daphnia longispina* recorded in Lake Saudlandsvatn (Reg. V, Southwestern coast of Norway) in 1997-2007. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken in the autumn or mean value based on samples taken in spring and summer.

Ljosvatn (Sokndal) hører til de mest forurensningsskadete av overvåkingssjøene våre. De siste tre årene har det imidlertid blitt registrert totalt fire nye moderat forurensningsfølsomme arter i Ljosvatn. Mengden av disse er generelt lave og varierer dessuten mellom år. Selv om resultatene kan indikere en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen i Ljosvatn så er forholdene foreløpig for ustabile og ugunstige til at forurensningsfølsomme arter etablerer seg med stabile bestander. Lomstjørni (Bjerkreim) vurderes som moderat forurensningsskadet med høye andeler forurensningsfølsomme arter.

### Vestlandet - Sør (region VI)

Totalt er det registrert 43 krepsdyrarter i region VI i perioden 1996-2007. Forurensningsskadene basert på krepsdyrfaunaen er vurdert som moderat til stor (moderat – dårlig økologisk tilstand) for enkeltjøene i region VI. Overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2000 og fire av innsjøene ble undersøkt på nytt i 2004. Det ble registrert hhv. 32 (7 lok.) og 29 arter av krepsdyr (4 lok.). Kun en av lokalitetene (Røyrvatn i Vindafjord) blir undersøkt årlig. I forbindelse med bunndyrundersøkelsene i 2000 ble det registrert individer av *Daphnia* sp. i utløpselva. Arten er så langt ikke funnet i planktonet, og dersom dafnier fremdeles finnes i innsjøen så antas det at populasjonen er svært liten. Krepsdyr-undersøkelsene gir ellers ingen tegn på endringer i forurensningssituasjonen i Røyrvatn (Figur 25). For de øvrige innsjøene som ble undersøkt både i 2000 og i 2004 antyder resultatene en noe mer positiv situasjon i 2004 for Risvatn og Flotavatn (begge Vindafjord), mens datagrunnlaget ikke er egnet for å vurdere Inste Sørlivatn (Stord). Litlevikvatn og Krokavatn i Hjelmeland ble undersøkt i 1997 og 2000, førstnevnte også i 1992, men resultatene gir ingen indikasjon på endringer i forurensningstilstand i denne perioden. Samlet sett vurderes forurensningstilstanden for region VI å være uforandret.



Figur 25. Andel (% arter) av forurensningsfølsomme småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) i Røyrvatn (Reg. VI, Vestlandet - Sør) i 1996-2007. pH er fra høstprøver.

Figure 25. Relative occurrence (% of total species numbers) of acid sensitive microcrustaceans (*Cladocera* + *Copepoda*) in Lake Røyrvatn (Reg. VI, Western Norway - South) in 1997-2007. pH is from samples taken in the autumn.

### Vestlandet - Nord (region VII)

Region VII ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003 og i 2007. Antall arter var hhv. 35 (12 lok.), 31 (7 lok.) og 38 (6 lok.). Totalt er det registrert 50 krepsdyrarter i region VII i perioden 1996-2007. Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon og innsjøene i region VII er klassifisert som ubetydelig/litt til sterkt/svært sterkt forurensningsskadet (svært god/god – dårlig/svært dårlig

økologisk tilstand). Overvåkingssjøene i regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner ( $0,1 - 1,0 \text{ mg Ca L}^{-1}$ ). Det er sannsynlig at forsurenings-situasjonen er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. For tre av innsjøene i regionen fins det årlige krepsdyrdata; Markusdalsvatn og Svartetjern (begge Masfjorden) og Nystølsvatn (Gaular). Andelen forsureningsfølsomme arter er lav i alle innsjøene som for øvrig viser relativt store år til år variasjoner mhp. krepsdyrfaunaen. I Svartetjern har både antall arter og andelen forsureningsfølsomme arter økt siden 2004. Også i Nystølsvatn har det vært en økning i antall arter i denne perioden. Markusdalsvatn viser ingen trend verken mht. artsantall eller andel forsureningsfølsomme krepsdyr. For de øvrige tre innsjøene som ble undersøkt i 2007 synes tilstanden å være uforandret siden forrige undersøkelse (2003) med unntak av Movatn (Eid). Her er det nå registrert flere moderat forsureningsfølsomme arter.

### **Midt-Norge (region VIII)**

Totalt er det registrert 54 arter i region VIII basert på overvåkingen i 1996-2007. Andel forsureningsfølsomme arter varierer omkring 20%. Lavest andel forsureningsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Svartdalsvatn, Øvre Neådalsvatn og Skjerivatn. Innsjøene i region VIII er vurdert som lite til sterkt forsureningsskadet (svært god – dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Innsjøene i denne regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner ( $0,3 - 1,1 \text{ mg Ca L}^{-1}$ ). Det er derfor også her sannsynlig at forsurenings-situasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. Overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2001 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 42 (10 lok.) og 48 (7 lok.). Undersøkelser av høyfjellslokaliteten Svartdalsvatn (Lesja) viser årlige forekomster av den forsureningsfølsomme vannloppen *Daphnia longispina*. Med unntak av 1999 og 2000 har andelen imidlertid vært lave eller moderate. Tilsvarende forhold er også registrert for andre ionefattige klarvannssjøer (Schartau et al. 2006). Andelen forsureningsfølsomme arter var lavere i 2005 enn i 2001 for samtlige lokaliteter som er undersøkt begge år. Dette skyldes sannsynligvis mellom-års variasjoner i klimatiske forhold. Songsjøen (Orkdal) har vært relativt grundig undersøkt i perioden 1991-97 og det er her funnet 8 arter i tillegg til de registreringene som er gjort i forbindelse med undersøkelsene i 2001 og 2005. I de fleste innsjøer vil mange arter opptre i så lave tettheter at de ikke fanges opp ved vanlig overvåkingmetodikk (Schartau et al. 2006, Walseng et al. 2006). Noen arter blir dessuten kun registrert i enkelte år uten at de klarer å etablere en fast bestand i innsjøen. År til år variasjoner i artsantall og sammensetning forventes derfor å være større for en uforsuret referansesjø enn for en forsuret innsjø.

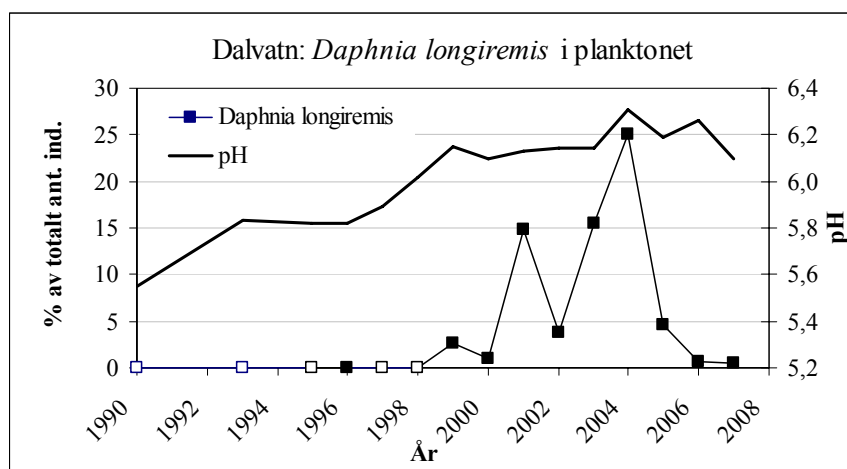
### **Nord-Norge (region IX)**

I 1999 ble seks innsjøer i region IX undersøkt. Totalt ble det registrert 35 arter av planktoniske og litorale krepsdyr. Innsjøene i region IX ble den gang vurdert som ubetydelig/litt til moderat forsureningsskadet (svært god/god – moderat økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Det er sannsynlig at forsurenings-situasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. Artsantall og diversitet er naturlig lav i næringsfattige innsjøer. En lokalitet (Nedre Kaperdalsvatn i Tranøy kommune) er undersøkt årlig siden 1999. Krepsdyrfaunaen er artsfattig med dominans av moderat forsureningstolerante arter. For øvrig varierer krepsdyrfaunaen relativt mye, og det er lite som tyder på en generell endring i forsureningstilstanden.

### **Øst-Finnmark (region X)**

Totalt er det funnet 40 arter av krepsdyr i region X i perioden 1996-2007. Innsjøene i region X er klassifisert som litt/moderat til sterkt forsureningsskadet (god/moderat – dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2000, og fire

av innsjøene ble undersøkt på nytt i 2004. I disse undersøkelsene ble det registrert hhv. 31 (6 lok.) og 24 arter (4 lok.). Kun Dalvatn blir undersøkt årlig. Fra denne lokaliteten fins det data fra de fleste år i perioden 1991-2007. Andelen av den forsuringsfølsomme vannloppen *Daphnia longiremis* i planktonet har økt siden den første gang ble registrert i 1996 og fram til 2004. Mengden av dafnier var imidlertid svært lav i 2006 og 2007 (Figur 26). Mengden av andre forsuringsfølsomme arter varierer over år, men var spesielt høy i 2004 og blant de laveste i de to siste årene. Krepsdyrfaunaen i Dalvatn indikerer ustabile forhold med betydelig år til år variasjoner i vannkvaliteten, men tette bestander av krepsdyrspisende røye kan også være en medvirkende årsak til variasjonene i krepsdyrfaunaen. For de øvrige tre innsjøene hvor det foreligger data fra tidlig på 1990-tallet og senere, er datagrunnlaget enten for dårlig til å vurdere hvorvidt det har skjedd endringer i forureningstilstanden (Første Høgfjellsvatn og Otervatn), eller krepsdyrfaunaen viser store år til år variasjoner (Store Skardvatn). I Store Skardvatn er det en tett røyebestand som kan ha betydning for krepsdyrfaunaen.



Figur 26. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longiremis* i Dalvatn (Reg. X, Øst-Finnmark) i 1990-2007. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH fra høstprøver i samme periode.

Figure 26. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera *Daphnia longiremis* recorded in Dalvatn (Reg. X, Eastern Finnmark) in 1990-2007. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken during autumn.

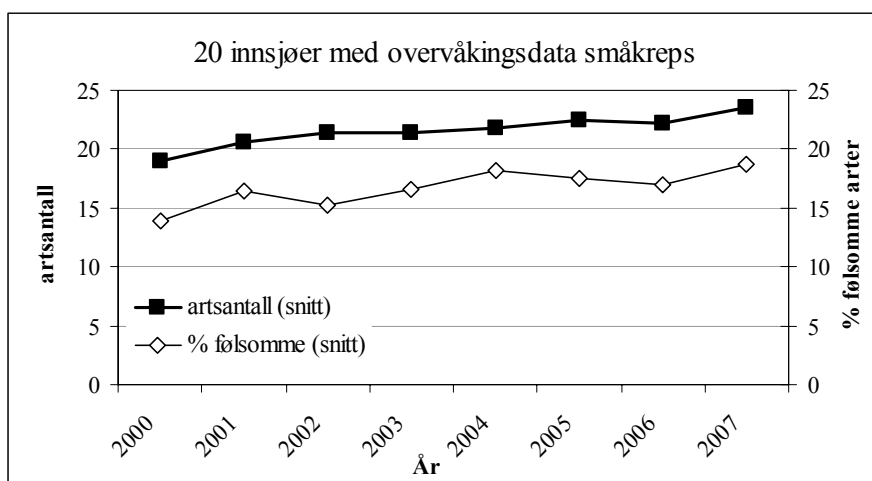
### Trender i krepsdyrobservasjoner

Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2007 var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer) inkludert tre referansesjøer; 17 av disse er undersøkt siden 1997 eller tidligere. Fra og med 2000 finnes det årlige krepsdyrdata fra alle de 20 innsjøene. Basert på snittverdier har det vært en liten økning i antall arter og også i andel forsuringsfølsomme småkreps i perioden 2000-2007 (Figur 27). Endringen er knyttet til syv innsjøer som viser en positiv utvikling i en eller begge parametre. Av de forsurede innsjøene har i underkant av halvparten vist enkelte indikasjoner på endringer i positiv retning, særlig fra og med 2001. For tre av innsjøene (Langtjern i Østlandet - Sør, Saudlandsvatn i Sørlandet - Vest og Dalvatn i Øst-Finnmark) er endringen så entydige at vi nå kan snakke om en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen. Artssammensetningen av krepsdyr i Langtjern og Dalvatn indikerer imidlertid at miljøforholdene er ustabile, og at forholdene er mindre gunstige de tre siste årene sammenlignet med foregående år. Disse variasjonene kan også ha andre årsaker enn forurening,

for eksempel variasjoner i beitetrykket fra fisk. For flertallet av innsjøene er mengden av forsureningsfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile.

For et flertall av innsjøene på Østlandet og Sørlandet indikerte krepsdyrfaunaen noe bedre forhold i 1998-1999 og i 2003-2004 sammenlignet med de øvrige årene i overvåkingsperioden. Med unntak av innsjøene i region V (Sørlandet – Vest) synes forholdene å være relativt dårlige for krepsdyrfaunaen i 2005-2006. Det er imidlertid en relativt dårlig samvariasjon mellom artsantall og pH for flere av innsjøene. Variasjoner i artsrikdom kan skyldes variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel år til år variasjoner i klima.

Samlet sett er endringene i krepsdyrfaunaen så små at forureningstilstanden vurderes som uforandret basert på utvalget av overvåkings sjøer.



Figur 27. Gjennomsnittlig antall arter av småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) og andel forsureningsfølsomme småkreps (% av totalt antall arter) for 20 innsjøer med årlige undersøkelser i perioden 2000-2007.

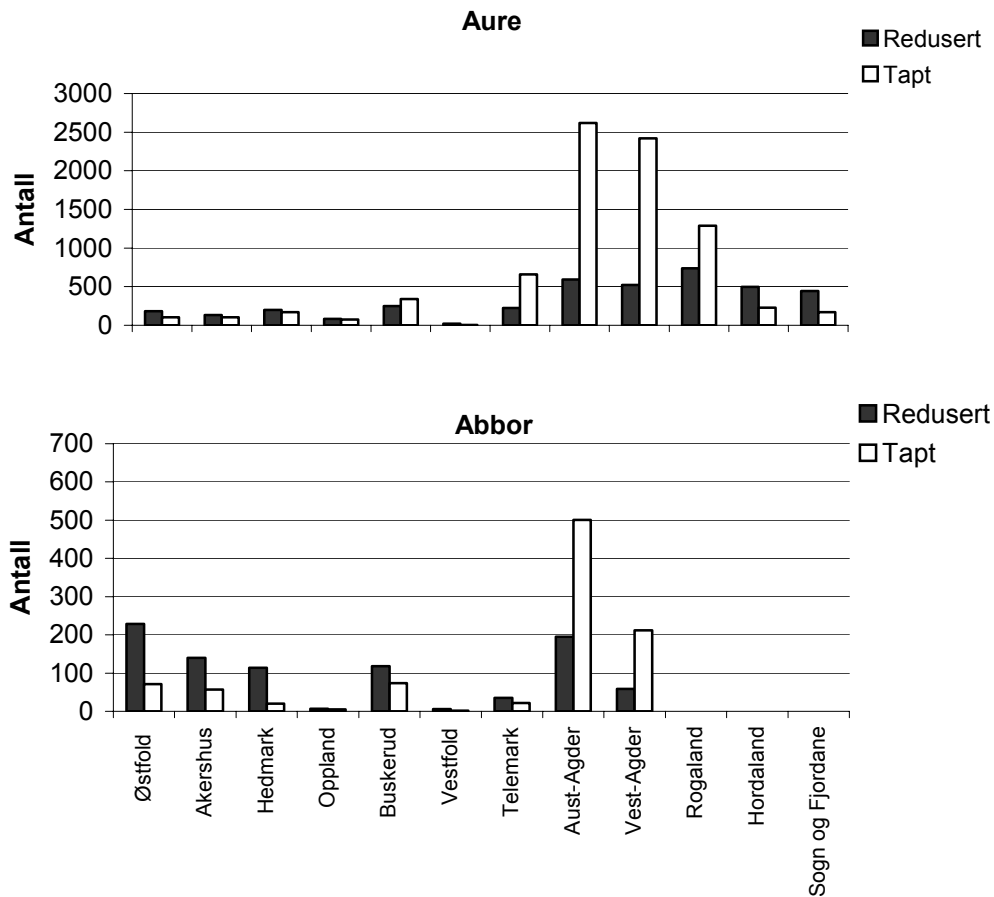
Figure 27. Average numbers of microcrustacean species (*Cladocera* + *Copepoda*) and relative number of acid sensitive species (% of total number of species) for 20 lakes with yearly studies in the period 2000-2007.

### 5.2.3 Effekter på fisk

#### **Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadede bestander**

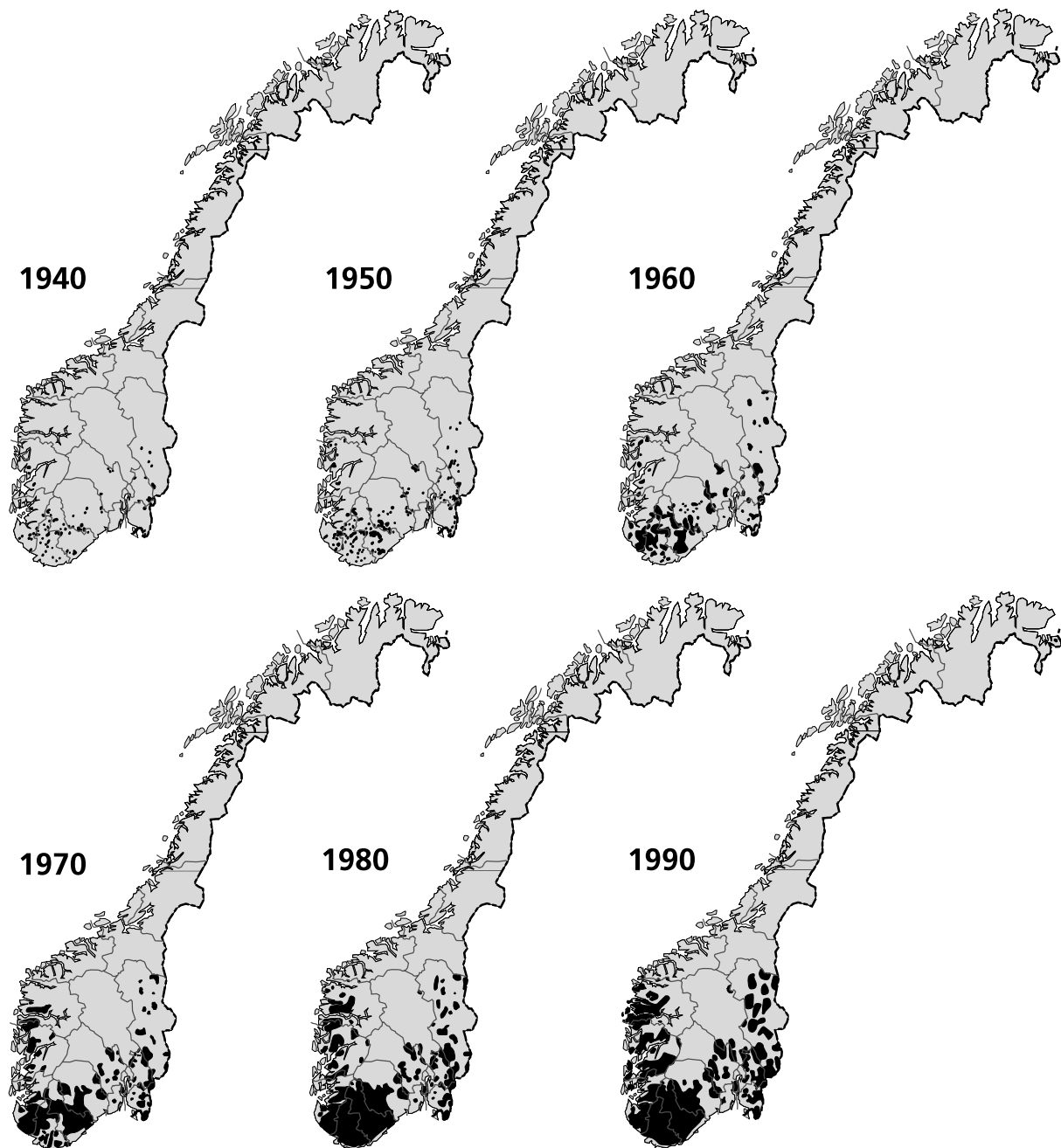
Rundt 8.200 innsjølevende aurebestander har gått tapt som følge av forurening her i landet. Agderfylkene har blitt påført de største fiskeskadene, med rundt 5.000 tapte aurebestander (Figur 28). I Telemark og Rogaland har skadene også vært omfattende, med henholdsvis rundt 660 og 1.300 tapte aurebestander. I tillegg har det vært betydelige reduksjoner i nærmere 4.000 aurebestander i Sør-Norge. Forureningen har også forårsaket betydelige effekter på abbor, med rundt 1.900 skadede eller tapte bestander. Innsjøer med disse bestandene er hovedsakelig lokalisert i Aust-Agder (n=502), Vest-Agder (n=212) og Østfold/Buskerud (n=145) (Figur 28). I tillegg er nærmere 1.110 bestander av røye, mort, ørekyt og gjedde enten tapt eller skadet pga forurening. Forureningsskadene på fiskebestander i Sør-Norge ble spesielt tydelige på 1960- og 70-tallet. På begynnelsen av 1990-tallet ble landarealet med tapte og skadede fiskebestander beregnet til rundt 51.500 km<sup>2</sup> (Figur 29). I de siste åra har

mange fiskebestander enten blitt reetablert eller økt etter at vannkvaliteten har bedret seg pga kalking eller naturlig gjenhenting. I mange innsjøer har fiskebestandene også blitt styrket gjennom utsetninger. Fiskeskadene pga forsuring er derfor ikke så omfattende nå som tallene ovenfor viser.



Figur 28. Antall tapte og reduserte aure- og abborbestander pga forsuring fordelt på enkelte fylker.

Figure 28. Number of lost (white bars) and damaged (black bars) populations of brown trout and perch due to acidification in different counties of Norway.



*Figur 29. Areal (land- og innsjøareal) med tapte og skadede fiskebestander relatert til forurensning pr. 1940 og fram til pr. 1990. Skadeareal på 1990-tallet var 51.500 km<sup>2</sup>.*

*Figure 29. Areas (land and surface water area) with damaged fish populations in Norway from the 1940s to the 1990s, due to acidification. Damaged area in the 1990s was 51.500 km<sup>2</sup>.*

### **Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer**

Hensikten med undersøkelsene av fiskebestander i innsjøer er å (i) dokumentere effekter av forurensning, (ii) hvordan forurensningen påvirker ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2007 ble ni lokaliteter prøvofisket fordelt på tre regioner (region IV, V, VII). I tillegg blir Atnsjøen (Lok. I-1) prøvofisket hvert år som en del av "Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann".

Da den biologiske overvåkingen ble satt i gang tidlig på 1980-tallet, ble prøvofisket gjennomført med SNSF-garnserier. En slik serie består av 8 enkeltgarn (27 x 1,5 m), med maskevidder fra 10 til 45 mm. Disse garn ble satt enkeltvis fra land, og dekte vanligvis dybdeintervallet 0-6 m. Siden tidlig på 1990-tallet har Nordiske oversiktsgarn (30 m x 1,5 m) med 12 maskevidder fra 5 til 55 mm vært benyttet. Disse garn blir satt på standard dyp: 0-3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-35, 35-50 og > 50 m, avhengig av dybdeforholdene i den enkelte innsjø. For å kunne sammenlikne fangstutbyttet på de to garnseriene, er det fisket med begge seriene i en del innsjøer. Denne sammenlikningen omfatter bare fangstene på 0-6 m dyp og på maskeviddene 10-45 mm på Nordiske oversiktsgarn. Fangstutbyttet blir uttrykt som antall individ fanget pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal pr. natt, dvs ca. 12 timers fiske (CPUE).

Vi benytter en forsuringsindeks (FI) for å sammenlikne fangstutbyttet hos aure og abbor i en lokalitet eller region over tid ut fra en bestemt forventning. Indeksen varierer mellom 0 og  $\geq 1$  og fangstutbyttet i ikke-skadede bestander av aure (n=79) og abbor (n=35) er satt lik 50 percentilen. Denne verdien tilsvarer et fangstutbytte (CPUE) på  $\geq 20$  for aure og  $\geq 40$  for abbor, som for begge arter gir en forsuringsindeks på 1,0. FI er inndelt i fem klasser etter graden av skader (*Tabell 4*).

*Tabell 4. Klassifisering av fiskebestander i fem klasser på basis av en forsuringsindeks (FI), der verdier på  $< 0,25$  og  $\geq 1,0$  representerer henholdsvis meget sterkt skadede (Klasse 5) og ikke-skadede bestander (Klasse 1).*

*Table 4. Classification of acidification damage of fish populations assessed by test-fishing, based on five different classes: Class 1: no damage, Class 2: slightly to moderately damaged, Class 3: markedly damaged, Class 4: severely damaged and Class 5: very severely damaged.*

Klasse	Indeksverdi	Tilstand
1	$\geq 1,0$	Meget god bestand: Ingen skader
2	0,75-0,99	God bestand: Eventuelt små til moderat skadet
3	0,50-0,74	Relativ tynn bestand: mulig markert skadet
4	0,25-0,49	Tynn bestand: mulig sterkt skadet
5	$< 0,25$	Svært tynn bestand: mulig meget sterkt skadet

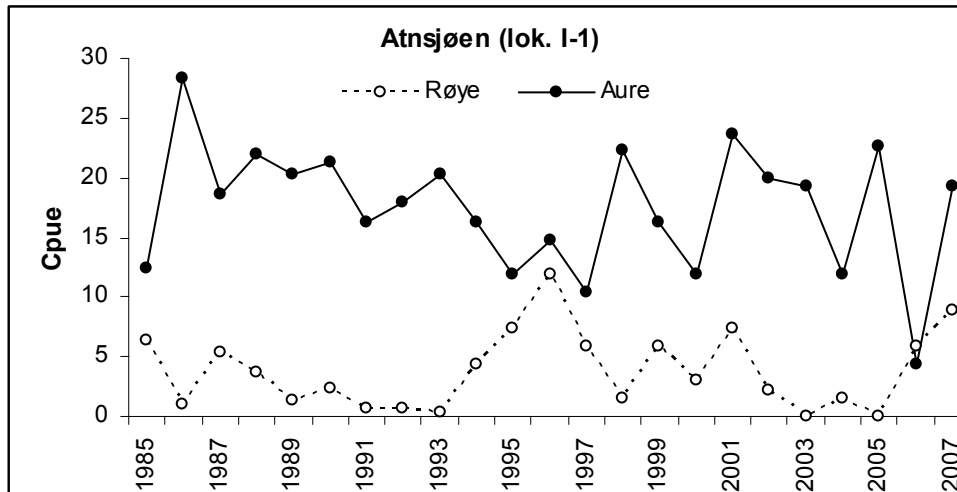
Ved beregninger av indeksverdier har vi bare inkludert data fra lokaliteter som har vært prøvofisket. Vi har ekskludert innsjøer med tapte bestander fordi en reetablering ofte er avhengig av en aktiv introduksjon (utsettinger). Sjø om vannkvaliteten har blitt tilfredsstillende for fisk, kan ofte fysiske barrierer hindre en naturlig reetablering. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle regionale forskjeller i naturtilstanden mht bestandsstørrelsen (tetthet) hos ulike fiskebestander. Men en forsuringsindeks (FI) under 1,0 trenger ikke å bety at en fiskebestand er påvirket av forsurening. Dette skyldes at f. eks en aurebestand kan være rekrutteringsbegrenset fordi tilløpsbekker har lite eller uegnet gytesubstrat, påvirket av ugunstige klimatiske forhold (tørke eller flom) eller påvirket av konkurranse fra andre arter som f eks abbor. Slike bestander er derfor ekskludert.

### **Østlandet – Nord (region I)**

Det ble ikke prøvofisket i region I i 2007, med unntak av Atnsjøen som er inkludert i ”Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann.” Generelt sett har fiskebestandene i regionen hatt en positiv utvikling i løpet av de siste åra (1996-2006). En lokalitet har imidlertid fortsatt en tynn aurebestand (Måsåbutjern, Lok I-3) til tross for at vannkvaliteten er god. Manglende



bestandsøkning hos aure i denne lokaliteten skyldes mest sannsynlig svært dårlige gytebekker. Denne aurebestanden er derfor tatt ut når forsuringsskader for regionen ble beregnet. De fleste innsjøene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, ørekyt og steinsmett er registrert i én eller flere innsjøer. Atnsjøen har gode bestander av både aure og røye. Fangstutbyttet for aure og røye i bunnære områder (0-12 m dyp) har i perioden 1985-2007 variert mellom henholdsvis 4-28 og 0-12 individ (*Figur 30*). Tettheten av røye er imidlertid størst på 12-35 m dyp, med 2-31 individ pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal.



*Figur 30. Fangst av aure og røye pr. 100 m<sup>2</sup> garnareal (Cpue) på 0-12 m dyp av Atnsjøen i perioden 1985-2007.*

*Figure 30. Catches (Cpue) of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Atnsjøen from 1985 to 2007. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area (Cpue) at 0-12 m depths.*

### Østlandet – Sør (region II)

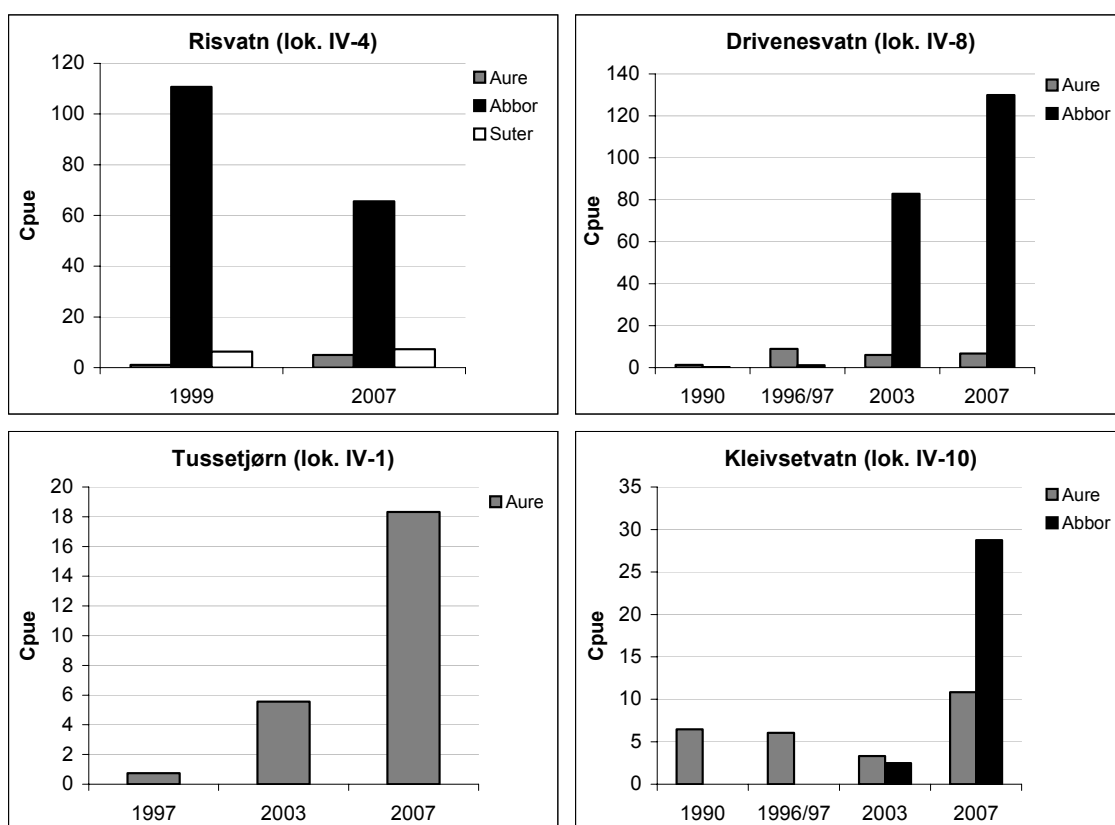
Det ble ikke prøvofisket i noen innsjøer i region II i 2007. Lokalitetene i denne regionen har lave tettheter av aure. Alle de undersøkte abborbestandene er imidlertid nå svært tette (n=8), og de vurderes ikke lenger som skadet. Bestandene av aure og røye har vært små gjennom hele undersøkelsesperioden, som trolig skyldes sterk konkurranse fra abbor. I Ø. Jerpetjern og i N. Furuvatn er det satt ut aure, men undersøkelsene i 2006 tyder ikke på at det forekommer naturlig rekruttering. Generelt er forsuringsskadene på fiskebestander i regionen avtakende, sjøl om noen lokaliteter fortsatt har lave fisketettheter.

### Fjellregionen – Sør-Norge (region III)

Det ble ikke prøvofisket i noen lokaliteter i region III i 2007. Alle de undersøkte innsjøene ligger over 1000 m o.h., og de fleste har forholdsvis tynne eller middels tette aure- og/eller røyebestander. To lokaliteter som ble prøvofisket i 2004 hadde relativt tette røyebestander. Imidlertid hadde fem innsjøer som ble undersøkt i 2004/2005, fortsatt tynne aurebestander. Regionen har en forholdsvis lav forurensningsbelastning, med lavt innhold av labilt aluminium. Vi antar derfor at fiskemengden i disse høyfjellssjøene i stor grad er rekrutteringsbegrenset.

### Sørlandet – Øst (region IV)

I region IV ble fire innsjøer prøvofisket i 2007. Karakteristisk for forsøkslokalitetene i regionen er at de har forholdsvis tynne aurebestander og tette abborbestander (*Figur 31*). Tussetjørn har bare aure, og bestanden har økt kraftig siden 1997. I Kleivsetvatn har det vært en tilsvarende bestandsutvikling hos abbor siden 2003. Denne bestanden ble tidligere vurdert som meget sterkt skadet (Klasse 5), men kan nå klassifiseres som bare markert skadet (Klasse 3). Forsuringssituasjonen i regionen vurderes fortsatt som alvorlig, med mange tapte aure- og abborbestander (*Figur 28* og *Figur 29*).

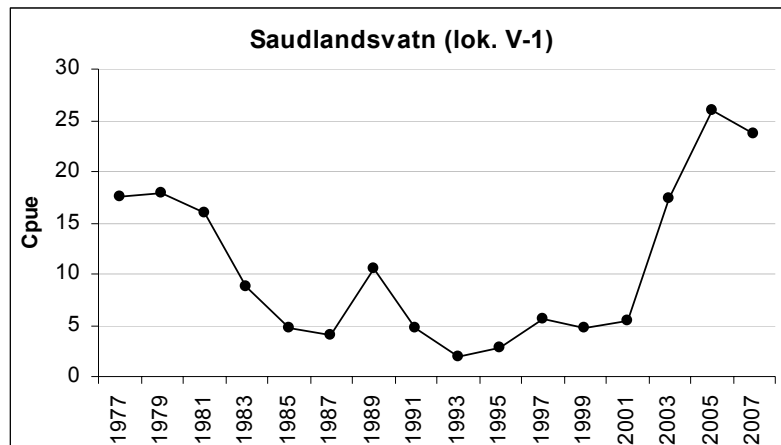


*Figur 31. Fangst av aure, abbor og suter pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal (Cpue) i Risvatn, av aure og abbor i Drivenesvatn og Kleivsetvatn og av aure i Tussetjørn i perioden 1990-2007.*

*Figure 31. Catches of brown trout, perch and tench in the epibenthic zone of Lake Risvatn, of brown trout and perch in Lake Drivenesvatn and Kleivsetvatn and of brown trout in Lake Tussetjørn in different years from 1990 to 2007. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in epibenthic areas.*

### Sørlandet – Vest (region V)

Sørlandet har flest tapte og skadede fiskebestander pga forsuring her i landet (*Figur 28* og *Figur 29*). I 2007 ble en innsjø i region V prøvofisket. Av de fem aurebestandene som inngår i programmet, vurderes nå bare to som spesielt forsuringsskadet; Rundavatn og V. Flogevatn. I Saudlandsvatn ble aurebestanden kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet, og den var fortsatt lav i 2001 (*Figur 32*). Men i løpet av de siste åra har bestanden økt kraftig, og i 2005 var fangstutbyttet rekordhøyt. Prøvofiske i 2007 viser at bestanden fortsatt kan klassifiseres som meget god (Klasse 1). Elfisket på inn- og utløp viser at rekrutteringen til bestanden også er god (*Figur 36*).

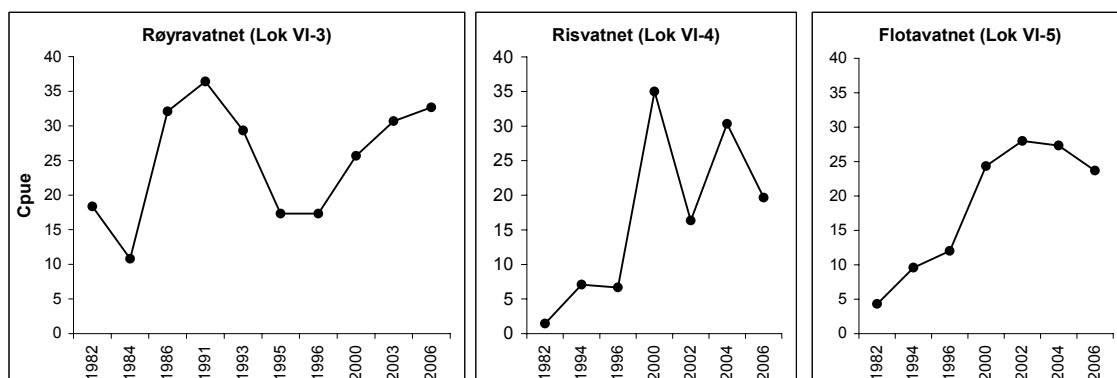


Figur 32. Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal (Cpue) i Saudlandsvatn (Lok. V-1) i perioden 1977-2007.

Figure 32. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn (Lok. V-1) during the period 1977-2007. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in epibenthic areas.

### Vestlandet – Sør (region VI)

Ingen innsjøer i region VI ble prøvofisket i 2007. Det er tre innsjøer med aure i Vikedalsvassdraget (Rogaland) som inngår i disse undersøkelsene; Røyrvatn, Risvatn og Flotavatn. Det har vært en positiv utvikling i alle disse fiskebestandene i løpet av de siste 10-15 åra. Dette har medført en endring av forsuringsindeksen fra sterkt skadet før 1990 (Klasse 4-5) til små eller ingen skader i seinere år (Klasse 1-2). Både Risvatn og Flotavatn hadde tynne aurebestander fram til slutten av 1990-tallet, men seinere har det vært en kraftig økning (Figur 33). I Risvatn har størrelsen på aurebestanden variert noe i det siste tiåret, men den vurderes nå som god med en forsuringsindeks > 0,8 (Klasse 2). I Røyrvatn startet den positive bestandsutviklingen noe tidligere enn i Risvatn og Flotavatn, med en klar økning fra 1982/84 til 1986. Derimot skjedde det en bestandsreduksjon på midten av 1990-tallet. I seinere år har aurebestanden i Røyrvatn igjen økt.

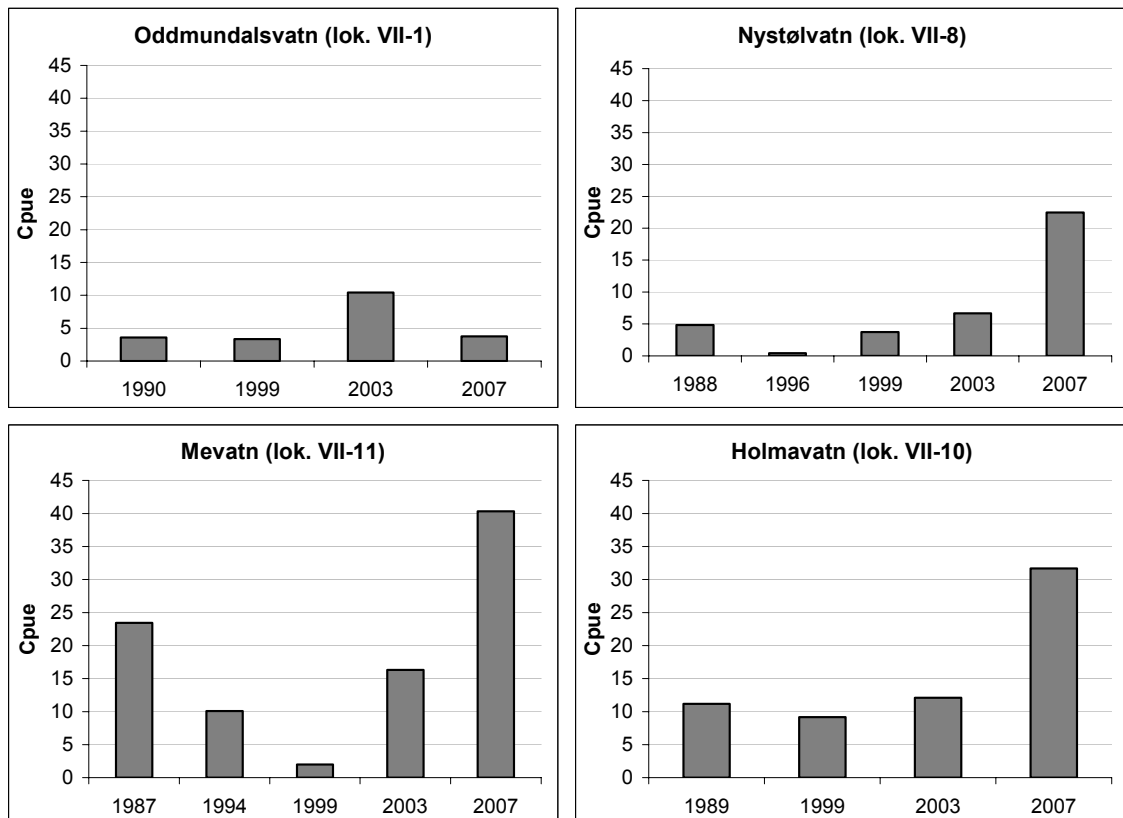


Figur 33. Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal pr. natt (Cpue) i Røyrvatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) og Flotavatn (Lok. VI-5) i Vikedalsvassdraget i perioden 1982-2006.

Figure 33. Catches of brown trout in the epibenthic zone of the lakes Røyrvatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) and Flotavatn (Lok. VI-5) in Vikedal watershed between 1982 and 2006. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in the epibenthic zone.

### Vestlandet-Nord (region VII)

I region VII ble fire lokaliteter prøvofisket i 2007. Forsuringsindeksen for de undersøkte aurebestandene har variert fra tynn (Klasse 4-5) til god (Klasse 1-2). I Nystølsvatn og Holmavatn i Gaularvassdraget har fangstutbyttet blitt fordoblet i løpet av de siste fire åra (Figur 34). Forsuringsindeksen for disse to bestandene har endret seg fra henholdsvis Klasse 3/4 til Klasse 1. Aurebestanden i Mevatn i samme vassdrag hadde en gradvis nedgang fra 1987 til 1999, men har siden økt kraftig. Oddmundalsvatn i Hordaland har fremdeles en tynn aurebestand (Klasse 5). Det er fortsatt en del tapte og reduserte aurebestander i region VII (Figur 28).



Figur 34. Fangst av aure pr. 100 m<sup>2</sup> bunngarnareal pr. natt (Cpue) i Oddmundalsvatn, Nystølsvatn, Mevatn og Holmavatn i perioden 1987-2007.

Figure 34. Catches of brown trout in the epibenthic zone of four lakes in region VII; Oddmundalsvatn, Nystølsvatn, Mevatn and Holmavatn between 1987-2007. The catches are expressed in number of fish per 100 m<sup>2</sup> net area per night (Cpue) in the epibenthic zone.

### Midt-Norge (region VIII)

Ingen innsjøer ble prøvofisket i region VIII i 2007. Aurebestandene i regionen har hatt en varierende utvikling, med stor variasjon i forsuringsindeksen mellom de enkelte lokaliteter. En av innsjøene (lok. VIII-7) har en tett røyebestand. Forsuringsbelastningen for regionen er blant de laveste i landet.

### Nord-Norge (region IX)

Siste prøvofiske i denne regionen ble foretatt i 1999. Alle de undersøkte innsjøene har aure, og de med mer enn ett års data viser små endringer i fangstutbytte. Resultatene gir ingen

indikasjoner på fiskeskader i de aktuelle innsjøene. Region IX har også en lav forsuringbelastning.

### **Øst-Finnmark (region X)**

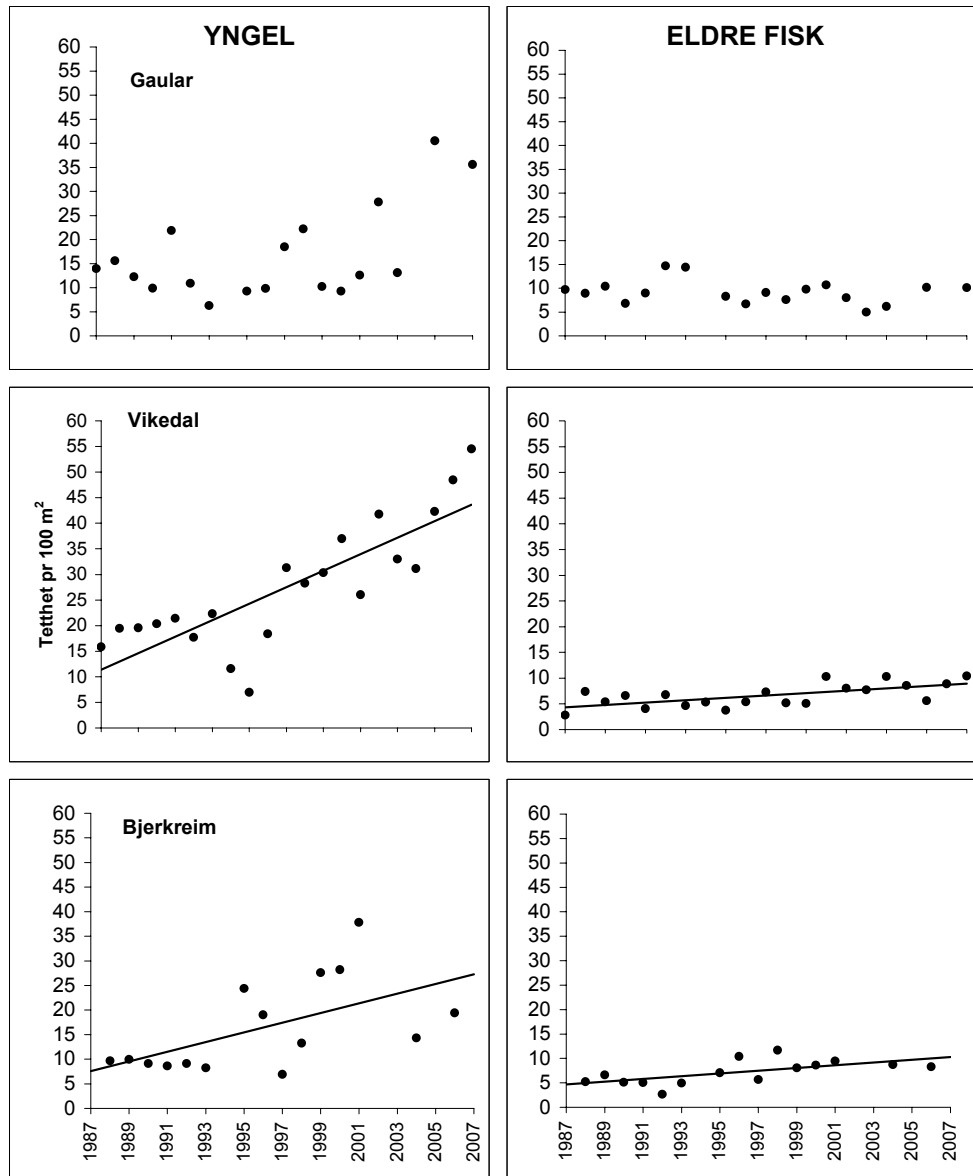
De aktuelle innsjøene i region X ble sist prøvofisket i 2004/2005. Aurebestandene i denne regionen tilhører Klasse 1-2, med unntatt for Første Høyfjellsvatn som har en svært tynn aurebestand pga manglende gytebekker. Denne bestanden blir derfor ikke vurdert mht mulige forsuringsskader. To av innsjøene i regionen har også forholdsvis tette bestander av røye. Regionen har store årlige variasjoner i forsuringbelastning, men vannkvaliteten har bedret seg kraftig i løpet av de siste 10-15 åra.

### ***Rekrutteringen hos aure i bekker***

Hensikten med disse undersøkelsene er å påvise mulige endringer i rekrutteringen hos aure i lokaliteter med forsuringfølsom vannkvalitet, og analysere hvilke vannkjemiske parametre som påvirker tettheten. Innsjølevende aure gyter vanligvis i tilløpselver og bekker, hvor yngelen oppholder seg i ei periode før den vandrer ut i nærmeste innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til at aurebestander i forsuringsskadede områder går tapt. Dette resulterer i at fiskemengden i de innsjølevende bestandene avtar, samtidig med at det blir en dominans av eldre og større individ. Ungfiskundersøkelser i gytebekker kan derfor påvise bestandsendringer på et tidlig stadium.

Disse undersøkelsene satt i gang i 1987/88 og omfatter årlig elfiske på faste stasjoner på inn/utløp og i tilløpsbekker til innsjøer i Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane og Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i Rogaland. I løpet av de siste åra har det bare vært årlige undersøkelser i Vikedalsvassdraget, mens de to andre vassdragene har vært undersøkt annet hvert år. I 2007 ble det elfisket i Vikedal- og Gaularvassdraget, med henholdsvis 23 og 24 lokaliteter. All fisk blir lengdemålt og satt tilbake på bekken etter avsluttet elfiske. På basis av lengdefordelingen blir det skilt mellom årsyngel (alder 0+) og eldre individ (alder  $\geq 1+$ ). Tettheten av fisk i de to aldersgruppene blir beregnet på bakgrunn av suksessiv avfisking, basert på tre omganger siden 1993. I perioden 1987 til 1992 ble hver lokalitet bare avfisket én gang. Fisketettheten i denne perioden blir beregnet ut fra fangstsannsynligheten etter tre omganger for perioden 1993-2007. Vi justerer tetthetene i forhold til vannføringen under elfisket hvert år fordi dette påvirker fangsteffektiviteten. Det blir tatt vannprøver fra hver lokalitet i forbindelse med elfisket hver høst.

I Vikedalsvassdraget har rekrutteringen hos aure vært økende i løpet av de siste 10 åra (*Figur 35*). Her forklarer tid (år) og vannføring henholdsvis 62 og 10 % av den årlige variasjonen i yngeltetthet. Det har også vært en klar økning i tettheten av eldre aureunger i dette vassdraget. I Bjerkreimsvassdraget har også tettheten av både yngel og eldre aureunger økt i seinere år. Her forklarer tid (år) og vannføring henholdsvis 33 og 22 % av variasjonen i yngeltetthet (1988-2006). Det ble ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom yngeltetthet og vannføring i dette vassdraget. I Gaularvassdraget har tettheten av aureunger variert betydelig i løpet av de siste åra. Men resultatene fra 2005 og 2007 tyder også her på en positiv utvikling.

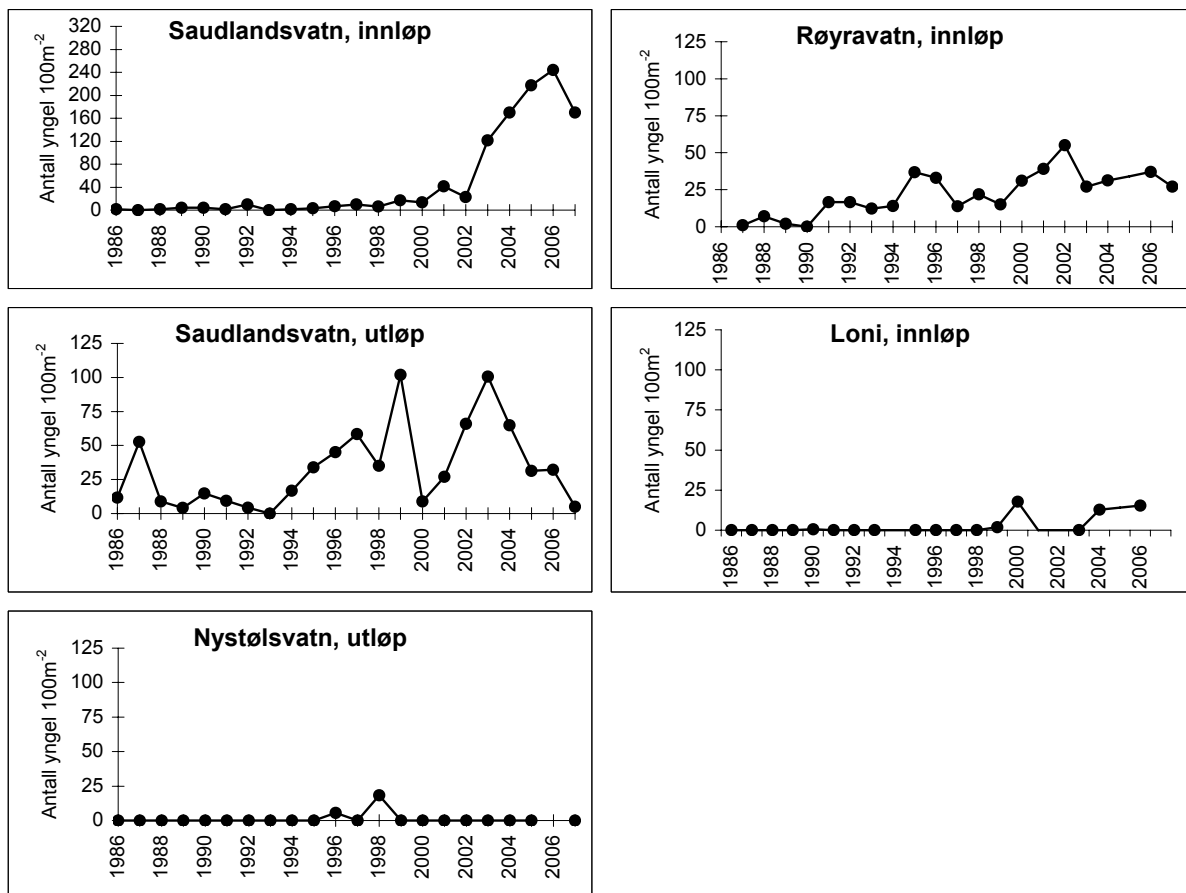


Figur 35. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m<sup>2</sup> i bekker i Gaular-, Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i perioden 1987-2007 (minus 2004 og 2006 for Gaular og minus 2002, 2003, 2005 og 2007 for Bjerkreim). Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

Figure 35. Estimated mean density per 100 m<sup>2</sup> stream area of young-of-the-year (age 0+) and older specimens (age ≥1+) of brown trout in streams in Gaular-, Vikedal- and Bjerkreim catchments from 1987 to 2007 (except for 2004 and 2006 in Gaular and 2002, 2003, 2005 and 2007 in Bjerkreim). Lines are given in cases of a positive statistical relationship ( $p > 0,05$ ) between density and time (year).

På innløpet og utløpet av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) har bestanden av aureunger vært overvåket nesten årlig siden 1986. På innløpet var rekrutteringen svak fram til 2001, da det ble registrert 42 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>. To år seinere var yngeltettheten nesten tre ganger høyere, med 120 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I 2005 og 2006 var det en ytterligere økning i yngeltettheten, til henholdsvis 217 og 307 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I 2007 gikk tettheten noe ned sammenliknet med de to foregående åra, men den var fortsatt god med 170 yngel pr. 100 m<sup>2</sup>

(Figur 36). Økning i rekrutteringen til aurebestanden i Saudlandsvatn skjedde imidlertid først på utløpet, med en yngeltetthet på 34 individ pr. 100 m<sup>2</sup> allerede i 1995. Seinere har det vært store årlige variasjoner i yngeltettheten her. Den var over 100 individ pr. 100 m<sup>2</sup> i både 1999 og 2003, men bare fem individ pr. 100 m<sup>2</sup> i 2007. I innløpselva til Røyrvatn i Vikedalsvassdraget har det vært bra med yngel siden 1995, men med til dels store årlige variasjoner. I både 2004 og 2006 var tettheten av yngel middels høy, med henholdsvis 31 og 37 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. Yngeltettheten var omtrent på samme nivå i 2007, med 27 individ pr. 100 m<sup>2</sup> (Figur 36). Innløpet av Loni i Bjerkreimsvassdraget har vært undersøkt nesten hvert år siden 1987. Fram til 1999 ble det ikke påvist yngel i denne lokaliteten, bortsett fra ett individ i 1990. Det første året med en yngeltetthet av særlig størrelse var i 2000, da det ble registrert 18 individ pr. 100 m<sup>2</sup>. I 2001 ble det derimot ikke fanget yngel på denne lokaliteten, men seinere har rekrutteringen vært økende (Figur 36). På utløpet av Nystølsvatn i Gaularvassdraget har det bare vært påvist aureyngel i 1996 og 1998. I tillegg ble det fanget én yngel på innløpet i 2004. Men prøvofiskefangstene fra Nystølsvatn i seinere år viser at rekrutteringen er betydelig større enn det resultatene fra elfisket viser. Manglende fangst av yngel ved elfisket har trolig sammenheng med lav fangsteffektivitet. Yngelen har nemlig ei lengde på bare rundt 30 mm, og i tillegg foregår elfisket ofte ved en relativt høy vannføring.



Figur 36. Antall aureyngel pr. 100 m<sup>2</sup> på innløp og utløp av Saudlandsvatn (1986-2007), innløp av Røyrvatn (1987-2007), innløp av Loni (1987-2006) og utløp av Nystølsvatn (1986-2007).

Figure 36. Estimated mean density per 100 m<sup>2</sup> stream area of young-of-the-year (age 0+) brown trout in the inlet and outlet of Lake Saudlandsvatn (1986-2007), inlet of Lake Røyrvatn (1987-2007), inlet of Lake Loni (1987-2006) and outlet of Lake Nystølsvatn (1986-2007).

## 6. Det terresteriske miljøet

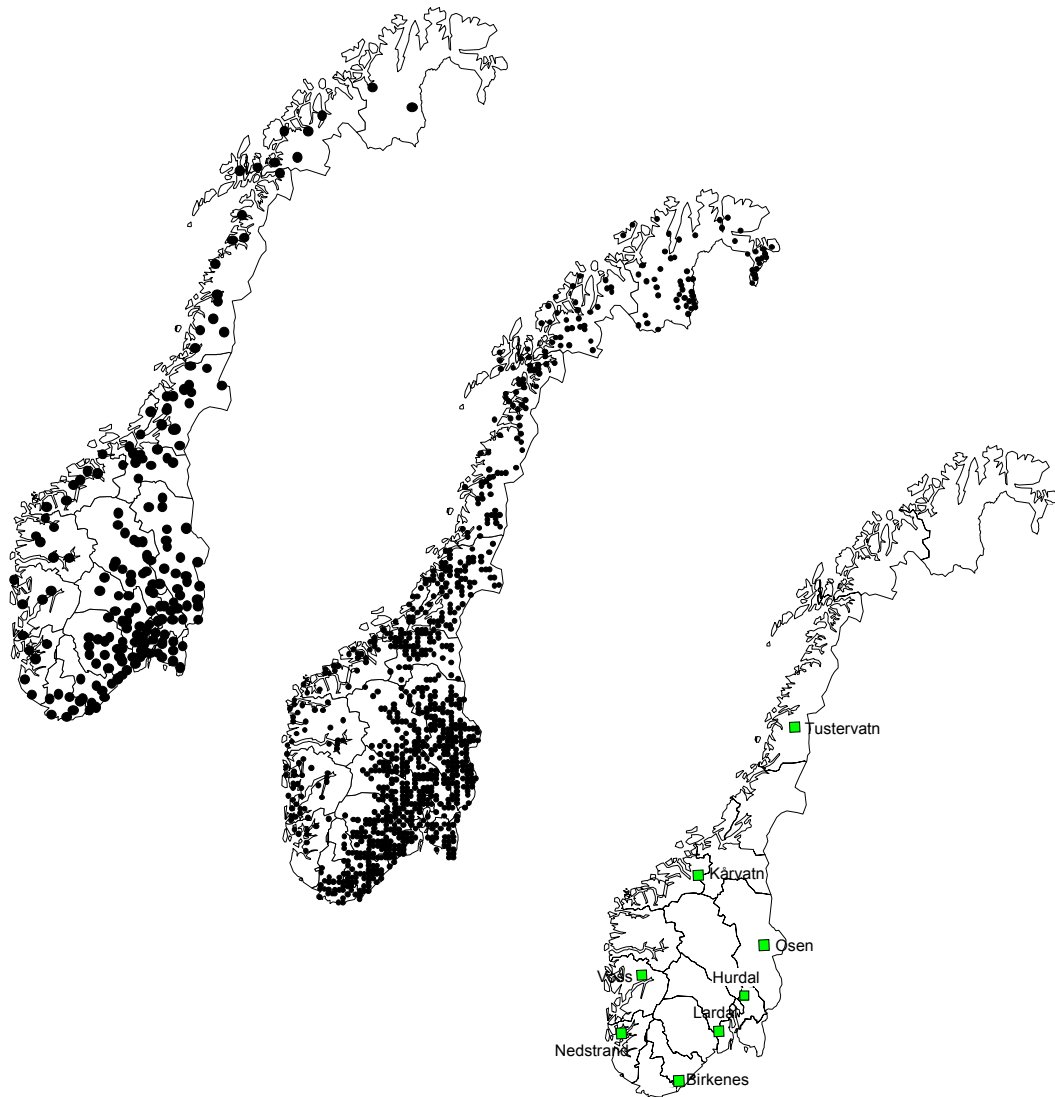
Overvåking av det terrestriske miljøet er en del av to av overvåkingsprogrammene. OPS belyser endringer i skog og skogøkosystemer og TOV belyser endringer i annen vegetasjon og fauna.

### Overvåking av skog

OPS har tre sett av permanente overvåkingsflater; Landsrepresentative flater, Regionale flater (Skogoppsynets flater) og Intensivt overvåkede flater (*Figur 37*). Overvåkingen på de **landsrepresentative flater** startet på midten av 1980-tallet. Fra 1989 til 2000 ble årlige kronetilstandsregistreringer utført for alle gran- og furutrær som stod på flater som lå i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Overvåkingen av bjørk foregikk på flater i et 18x18 km nett fra 1992 til 2001. Fra 2001 har den nasjonale overvåkingen av gran- og furuskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I 2002 ble også bjørkeskogen innlemmet i dette registreringsopplegget. I tillegg kommer registreringer av kronetetthet og kronefarge på observasjonstrær av gran og furu i landsskogtakseringens flatenett (3x3 km) med femårige omdrev. Utvalget av flater er foretatt slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid. Overvåkingen på de **regionale flatene** har pågått siden 1988, med skogbrukssjefene som observatører. På drøyt 500 flater utføres årlig kronebedømmelse på ca 30000 trær i fire typer produksjonsskog (hogstklasse 3, 4 og 5, samt skrantende gammel skog). År 2007 var den 20. og siste feltsesongen, og overvåkingen på det regionale flatesettet er nå innstilt. De **intensivt overvåkede flatene** har et mer omfattende måleprogram der eksempelvis kjemisk analyse av jordvann og barnåler inngår. På 8 flater i eldre barskog utføres detaljerte målinger av kjemisk innhold i nedbør, kronedrypp, jordvann og næringsinnhold i nåler. I tillegg vurderes trærnes kronetilstand og markvegetasjonens dekning. I tilknytning til disse flatene måles det også tilførsel av luftforurensning. På intensivflatene i OPS undersøkes jordvann i tre jorddybder ved hjelp av lysimetre som kontinuerlig suger opp vann i den telefrie tiden av året: Humussjiktet (5 cm dyp), øvre mineraljord (15 cm dyp) og nedre mineraljord (40 cm dyp). For de først etablerte flatene i OPS er tidsserien nå over 20 år. I tillegg ble det tatt jordprøver ved etableringen av flatene, samt fem år etter.

De årlige registreringene fra de **landsrepresentative flatene** og registreringene fra de **intensivt overvåkede flatene** rapporteres til det Europeiske skogskadeprogrammet ICP Forests. Fra to av de intensivt overvåkede flatene rapporteres også data til ICP IM. Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i manualen (UNECE/EC 2006) som brukes av alle de deltagende landene i det internasjonale skogskadesamarbeidet (ICP Forests). Kronetetthet og kronefarge vurderes på alle trær som inngår. Kronetetthet uttrykker en estimert bar- eller løvmasse i % av et tenkt fulltett tre under rådende voksestedsbetingelser. Kronefarge hos bartrær angir graden (% misfarging) av gule, gulgrønne eller brune nåler i kronen og for bjørk ulike nyanser av gult på bladene. Kroneregistreringen reflekterer påvirkningen av biotiske, abiotiske og antropogene stressfaktorer, kombinasjoner og gjensidige påvirkninger av disse på trekronene.





Figur 37. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). Fra venstre mot høyre er det vist de regionale flater, landsrepresentative flater og intensive flater.

Figure 37. Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS).

### Overvåking av markvegetasjon, epifyttisk vegetasjon og fauna

Programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) gjennomføres i hovedsak som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder etablert på fastlandet i 1988-93, henholdsvis ett område i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se Figur 38). Her studeres kjemiske forhold i ulike økosystemkomponenter, foruten endringer i samfunns-, bestands- og reproduksjonsforhold hos dyr og planter. Områdene er valgt ut for å dekke hovedgradientene i belastninger av langtransporterte forurensninger i representative og viktige norske naturtyper, som samtidig er lite påvirket av andre menneskelige aktiviteter. I tillegg til studier i overvåkingsområdene foretas landsomfattende og regionale kartlegginger av miljøgifter i utvalgte dyregrupper og tilstand for epifyttisk vegetasjon. For overvåkingskomponenter i TOV som ikke rapporteres her, henvises til DN (1997) og Framstad et al. (2003) for en redegjørelse av angrepsmåte og metoder for datainnsamling.

Vegetasjonen utgjør basis for næringskjeder i terrestriske økosystemer og integrerer effekter av nedbørskjemi, jordbunnsforhold og lokalklima. De mange artene av karplanter, moser og lav har et bredt spekter av responser på variasjoner i naturgitte og menneskeskapt miljøforhold. I hvert TOV-område registreres *markvegetasjonen* i (minst) 50 faste analyseruter à 1 m<sup>2</sup> lagt ut i forhold til hovedgradienter i lokal miljøvariasjon (jordas fuktighet, surhet og innhold av næringsstoffer), der artsforekomster kvantifiseres som forekomst i 16 småruter à 625 cm<sup>2</sup>. I tilknytning til hver analyserute beskrives også tresjiktet, og det tas jordprøver for analyse av jordstruktur og -kjemi. Dataene analyseres ved hjelp av multivariate numeriske metoder (DCA, LNMDS o.a.) der strukturen i artsforekomstene relateres til miljøvariabler. Vegetasjonsundersøkelsene foregår med en rullerende frekvens på fem år for hvert område. I 2007 ble markvegetasjonen i bjørkeskog i Møsvatnområdet undersøkt etter dette metodiske opplegget for 3. gang.

Vegetasjonsovervåkingen i granskog i regi av Norsk institutt for skog og landskap ble etablert i 10 områder i perioden 1988-1992 (se *Figur 38*). For alle områdene er det lagt opp til vegetasjonsanalyser hvert 5. år, men fra 2002 er kun åtte områder videreført av økonomiske grunner. Vegetasjonsovervåkingen både i granskog og i TOV følger samme standard metoder for feltundersøkelser og dataanalyser. I 2007 ble vegetasjonen i granskog undersøkt for 4. gang i overvåkingsområdet i Urvatnet naturreservat.

*Lav* er mye brukt som bioindikator på luftkvalitet, der tilbakegang av lavarter ofte kan knyttes til luftas innhold av svovelforbindelser eller til gjødslingseffekten av nitrogen. Sur nedbør påvirker også lavene indirekte gjennom forsuring av substratet. Lav har artsspesifikk reaksjon på ulike forurensningstyper. Forekomst og artssammensetning kan derfor gi et mål på luft- og nedbørkvaliteten i et område. I TOVs overvåkingsområder registreres tilstanden for epifyttisk vegetasjon (lav, moser, alger), ved kvantitativ karakterisering av artssammensetning, dekning og synlig skade på lav, på stammen av utvalgte trær (furu i Solhomfjell, bjørk i øvrige områder) i prøvefelt lagt ut i høydegradienter. Det blir også tatt prøver for kjemisk analyse (pH i bark, nitrogen og svovel i vanlig kvistlav). Registreringene foregår med en rullerende frekvens på fem år i hvert område. I 2007 ble epifytter registrert på bjørketrær i Møsvatnområdet.

*Spurvefugler* omfatter en rekke arter med ulike krav til habitat og næring. Som gruppe vil de kunne gi variert respons på ulike endringer i miljøet, inklusive forurensninger. Slike responser vil bl.a. kunne uttrykkes ved endringer i reproduksjon eller bestandsnivåer. I TOV-områdene undersøkes bl.a. endringer i hekkebestanden av spurvefugl ved hjelp av årlige takseringer i 200 faste punkter lagt ut i forhold til hovedgradienter i miljøforholdene i hvert overvåkingsområde. I tillegg foretas årlige undersøkelser av klekkesuksessen hos svarthvit fluesnapper i 50 oppsatte fuglekasser i hvert område (i Lund, Solhomfjell, Gutulia og Åmotsdalen i 2007).

*Rovfugler* befinner seg på toppen av næringskjedene, de integrerer miljøgifter fra et omfattende geografisk område, og de er ansett for å være følsomme for påvirkning fra forurensninger, f.eks. ved redusert reproduksjon. I TOV undersøkes tykkelsen av eggskall og nivået av klororganiske stoffer og tungmetaller i egg hos flere arter av rovfugl, basert på landsomfattende innsamlinger og periodevise analyser. Dette er internasjonalt mye brukte indikatorer på hunnfuglens belastningsstatus ved starten av forplantningssesongen. Mulige effekter av akkumulerte miljøgifter studeres også ved å følge bestandsutvikling og reproduksjonssuksess hos kongeørn og jaktfalk i noen av overvåkingsområdene. Minst 10 territorier i hvert område takseres årlig ved at alle kjente hekkeplasser innenfor et nærmere definert område oppsøkes, og ev. antall produserte unger blir registrert.



*Figur 38. Kart over overvåkingsområdene for markvegetasjon i gran- og bjørkeskog. Lokalitetene som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) omfatter områdene med bjørkeskog samt Solhomfjell.*

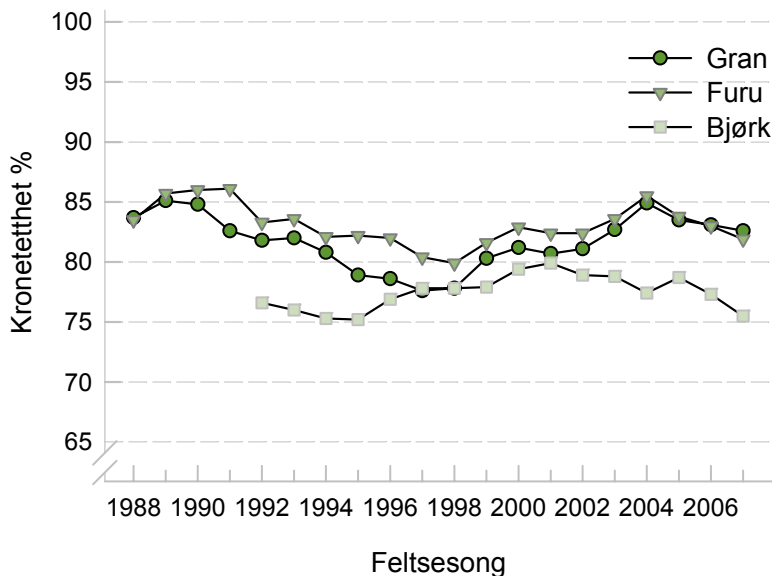
*Figure 38. Map of the monitoring sites for ground vegetation in spruce (gran) and birch (bjørk) forest. Sites covered by the Programme for terrestrial nature monitoring (TOV) include sites with birch forest as well as Solhomfjell.*

## 6.1 Effekter på skog

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2007 viser at for skogens helsetilstand, landet sett under ett, er kronetetthet noe svekket for både gran, furu og bjørk. Hos gran ble det registrert noe økt misfarging, mens kronefarge forbedret seg noe for furu og bjørk fra foregående år (2006).

### Kronevurderinger på landsomfattende flatenett

I 2007 ble 1671 flater og 9161 trær oppsøkt og registrert i den landsrepresentative overvåkingen (Hysten og Larsson 2008). Kronetilstanden ble bedømt på 3979 grantrær, 2967 furutrær og 2215 bjørketrær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2007 var 82,6 % for gran, 81,9 % for furu og 75,5 % for bjørk (Figur 39). For gran og furu representerte dette en nedgang på henholdsvis 0,7 og 1,3 %, mens for bjørk ble nedgangen noe større med 1,8 %, sammenlignet med året før. Fra 1989 til 1997 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu, mens trenden i perioden 1998 til 2004 har vært en økning. De siste tre årene har kronetettheten avtatt igjen. For bjørk har kronetettheten hatt en positiv utvikling i perioden 1994 til 2001, mens den etter dette har hatt en synkende tendens. Andelen trær med fulltette kroner i 2007 var for gran 50,6 %, for furu 31,6 % og for bjørk 22,3 %. Dette representerer en svak nedgang for gran og en svak økning for furu sammenlignet med året før, mens nedgangen for bjørk var svært kraftig (-10,7 %). Som forventet har eldre trær generelt lavere kronetetthet enn yngre trær.

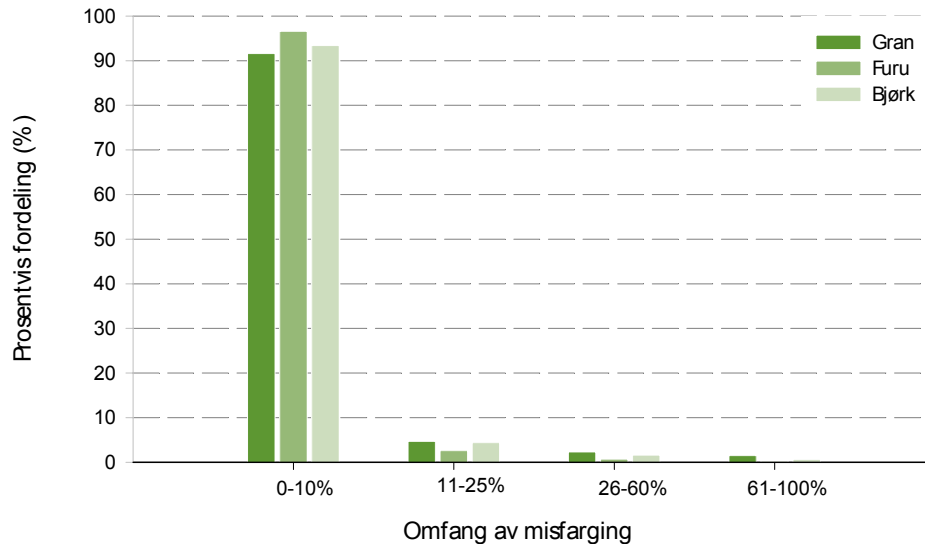


Figur 39. Utvikling i kronetetthet på landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk.

Figure 39. Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch for the national representative plots.

Andelen grantrær med normal grønn kronefarge gikk noe ned fra 2006, og var på 92 % i 2007 (Figur 40). Dette er likevel den nest høyeste andelen som er registrert under hele overvåkingsperioden. Hele 97 % av grantrærne yngre enn 60 år hadde normal grønn farge, mot 85 % av de over 60 år. Hos furu økte andelen trær med normal grønn farge til 97 %. Av

furutrær yngre enn 60 år hadde 99 % normal grønn farge, mens 96 % av de over 60 år hadde normal grønn farge. Også hos bjørk økte andelen normalt grønne trær fra 2006. Andelen i 2007 var på 93 % (Figur 40). Økningen var størst for trærne over 60 år (92 % i 2007 mot 84 % året før), mens bjørk under 60 år hadde samme andel grønne trær som i 2006 (94 %).

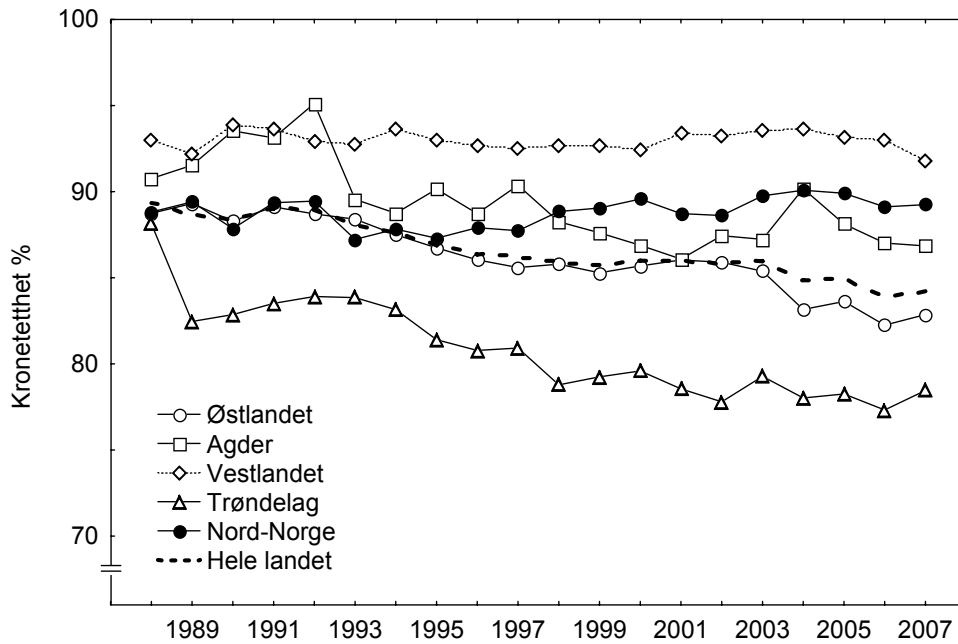


Figur 40. Omfang av misfarging i de forskjellige klassene. i hht. ICP Forests standard metode

Figure 40. Percentage of Norway spruce, Scots pine and birch in discoloration classes for the national representative plots.

Det ble registrert få skader i den landsrepresentative overvåkingen på gran og furu i 2007. 1,4 % av de undersøkte grantrærne var angrepet av granrust, mens 0,5 % hadde skader forårsaket av snø. 2,2 % av furutrærne var skadd av furubarveps, mens 0,6 % var skadet av snø. Hos bjørk var 16 % av trærne skadet av fjellbjørkemåler, 4,1 % av andre insekter og 3,2 % av bjørkerustsopp. Snøskader ble registrert hos 1,8 % og frostskaider hos 1,3 % av de undersøkte bjørketrærne. Dødeligheten var lav for gran og furu (hhv 0,3 og 0,1 %), mens den økte kraftig for bjørk fra 1 % i 2006 til 1,8 % i 2007.

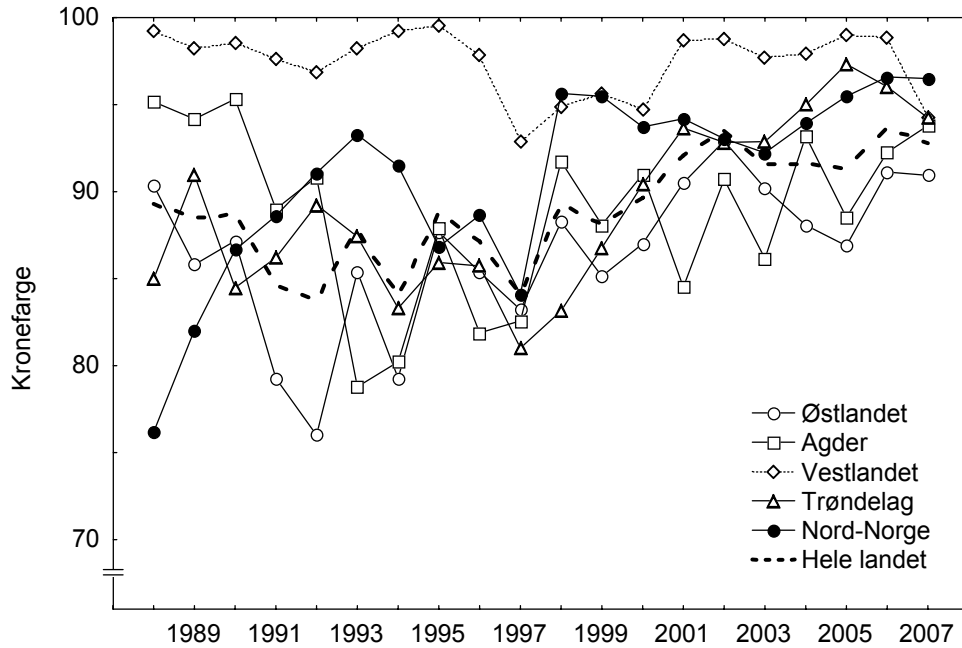
På de regionale skogovervåkingsflatene ble det i 2007 utført registreringer på 499 flater med 26582 trær. Kronetetthet for gran var omtrent uforandret fra 2006, og lå i 2007 på 83,8 % (Timmermann 2008). De fleste fylkene på Østlandet opplevde igjen en nedgang i kronetetthet. Også i Agder fortsatte kronetetthet å synke i 2007. På Vestlandet var kronetetthet fortsatt den høyeste i landet i 2007, til tross for en kraftig nedgang fra 2006. Utviklingen i Trøndelag var positiv med høyere kronetetthet i 2007 i forhold til 2006. Etter en periode med stabil kronetetthet for gran mellom 1999 og 2003, har kronetetthet igjen avtatt deretter (Figur 41). Kronetetthet for furu fortsatte å synke, og landsgjennomsnittet var på 72,8 % i 2007.



Figur 41. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for gran på de regionale flatene fordelt på landsdel.

Figure 41. Crown density for Norway spruce at the regional monitoring plots, by region.

Det var generelt lite misfarging hos gran i hele landet: Til tross for en svak nedgang fra 2006, hadde 92 % av grantrærne normal, grønn farge i 2007. Kronefarge forbedret seg på granflatene i Agder, mens misfargingen økte noe i de andre landsdelene. Østlandet hadde fortsatt lavest andel normalt grønne trær av alle landsdeler, og fylkene Hedmark og Vestfold hadde med hhv 86 og 85 % mest misfarging på gran av alle fylker i 2007. Graden av misfarging har vært relativt liten og stabil de siste årene, og i gjennomsnitt har mer enn 90 % av grantrærne hatt normal grønn farge siden 2001 (Figur 42). Andelen normalt grønne furutrær var også i 2007 veldig høy, 95 %.



Figur 42. Utvikling av kronefarge (prosentandel grønne trær) for gran på de regionale flatene fordelt på landsdel.

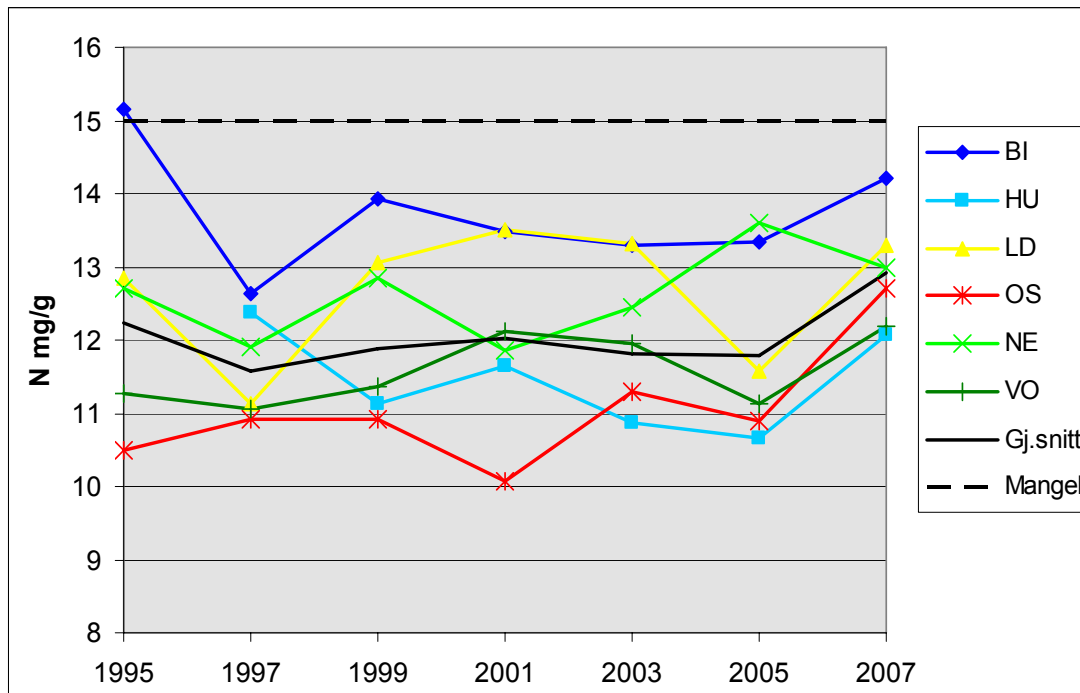
Figure 42. Crown colour (percentage green trees) for Norway spruce at the regional monitoring plots, by region.

Det ble registrert få biotiske skader (sopp- og insektskader) på gran og furu på de regionale overvåkingsflatene i 2007 (0,5 %). Blant de abiotiske skadene var de fleste relatert til klimatiske forhold (tørke, frost, snø- og vindskader, 0,6 %). Dødeligheten lå med 0,5 % over langtidsgjennomsnittet for gran og furu.

#### Skogøkologiske undersøkelser på intensivt overvåkede flater (ICP Forests Level II).

Kronetetthet for gran var omtrent uforandret fra 2006 til 2007 (80,3 % mot 80,7 % året før) på de intensivt overvåkede flatene (Andreassen et al. 2008). Andelen normalt grønne grantrær (kronefarge) økte derimot kraftig sammenlignet med året før (fra 89 til 97 %).

Kjemisk analyse av barnåler blir gjennomført annethvert år. Prøvetrærne har vært de samme siden 1995. Konsentrasjonen av nitrogen (N) i årets barnåler økte på alle flater unntatt Nedstrand, men var likevel fortsatt under mangelgrensa på alle flatene (Figur 43). N-mangel er imidlertid normalt i boreale barskoger, hvor dette er det viktigste vekstbegrensende næringsstoffet. Flata på Sørlandet (Birkenes) hadde den høyeste konsentrasjonen av N i barnålene. Bare i 1995 ble det målt høyere konsentrasjoner av N i barnålene her. Lardal hadde høyere N-konsentrasjoner i nålene enn Nedstrand. De to flatene på Sørvestlandet (Birkenes, Nedstrand), som er mest utsatt for langtransporterte forurensninger, hadde de høyeste S-verdier i barnålene av alle overvåkingsflater. Konsentrasjonen av Ca, Mg og K i barnålene lå i området for optimal næringskonsentrasjon på alle flater, med unntak av Hurdal som hadde en K-verdi på under mangelgrensa. Isolert sett var barnålenes P-konsentrasjoner på de fleste flatene mangelfulle mht. optimal vekst, men likevel på et tilstrekkelig nivå i forhold til de lave N-konsentrasjonene. Dataene fra Hurdal og Nedstrand kan imidlertid indikere en begynnende P-mangel på disse flatene.

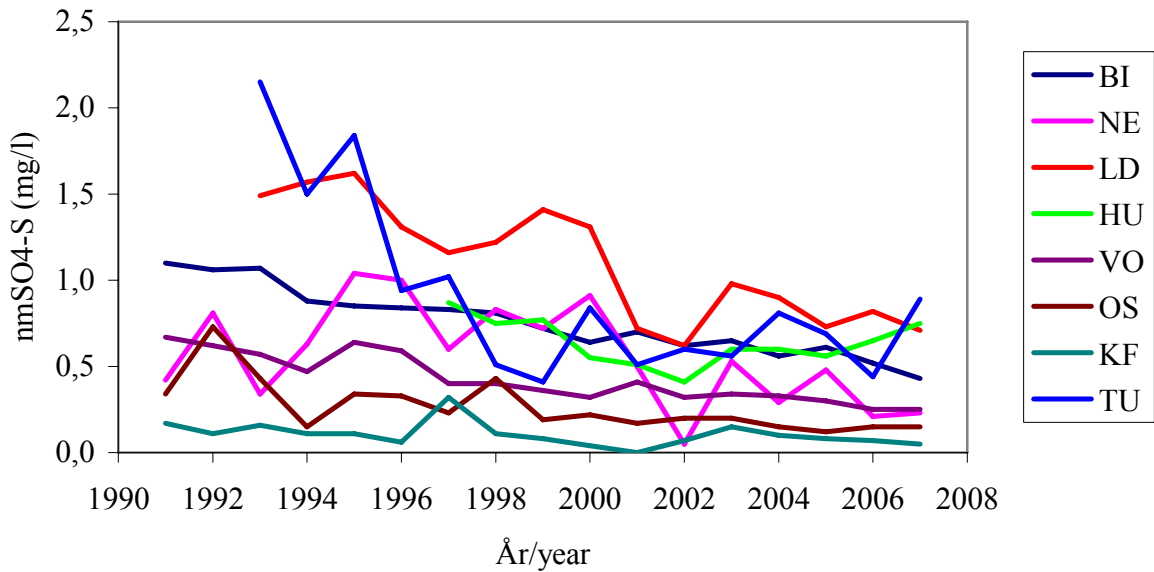


Figur 43. Endringer i nitrogenkonsentrasjon i barnålene (N mg/g tørrstoff) på granflatene i Birkenes, Hurdal, Lardal, Nedstrand, Osen og Voss. Gj.snitt: Gjennomsnitt. Mangelgrense etter Brække 1994.

Figure 43. Changes in concentrations of N (mg/g dry weight) in Norway spruce needles at Birkenes, Hurdal, Lardal, Osen, Nedstrand and Voss. Gj.snitt=Mean. Mangel=Deficiency limit according to Brække 1994.

Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er i tillegg til utslippsmengde og vindretning også avhengig av nedbørmengde. Mye av de variasjonene vi har sett de siste årene kan sannsynligvis tilskrives meteorologiske forhold. Langtidstrenden er likevel positiv med mindre atmosfærisk tilførsel som igjen gir utslag i lavere konsentrasjoner i jordvann, spesielt av ikke-marint sulfat (Figur 44). Nedfallet av ikke-marint sulfat har vært avtakende særlig sør i landet, og noenlunde konstant i nord siden 1990. Nedfallet av uorganisk nitrogen har også blitt redusert, men ikke i like stor grad. Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deposisjon enn feltene i nord. Jordvannets pH er lavere sør i landet enn i nord, men dette kan skyldes enten surere nedbør eller naturlig surere jordsmonn i Sør-Norge. Konsentrasjoner av nitrat i jordvann er generelt lave, oftest nær deteksjonsgrensen. Imidlertid kan det forekomme episoder, normalt kortvarige, med høyere nitratkonsentrasjoner. Tilførsel av sjøsalter er betydelig på de kystnære feltene, og gjenspeiles i Na- og Cl-konsentrasjoner i nedbøren og jordvannet. Risikoen for aluminiumforgiftning i vegetasjonen er liten med konsentrasjoner i jordvannet som normalt ligger godt under de toksiske grensene. Forhøyede aluminiumkonsentrasjoner kan forekomme etter stormer der sjøsaltnedfallet har vært stort, men det er tvilsomt om disse har noen varig effekt på skogøkosystemet. Generelt ser det ut til at tilførselen av forsurende stoffer har stabilisert seg de siste 6 åra på de fleste av disse overvåkingsflatene.





Figur 44. Langtidstrender i ikke-marint (nm) SO<sub>4</sub>-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

Figure 44. Long-term trends in non-marine (nm) SO<sub>4</sub>-S in soil water from 15 cm depth.

## 6.2 Effekter på markvegetasjon

Undersøkelsene av markvegetasjonen i bjørkeskog i overvåkingsområdet ved Møsvatn viser signifikante endringer som kan knyttes til mulige effekter av både lokal (bjørkemålerangrep) og langtransportert nitrogen-gjødsling, så vel som et mildere klima. I granskog i overvåkingsområdet i Urvatnet naturreservat var det også signifikante endringer i markvegetasjonen, med tilbakegang for en rekke karplantearter og framgang for en del store moser. Framgang for mosene kan knyttes til effekter av et mildere klima, men mulig årsak til tilbakegangen for karplantene er foreløpig uavklart.

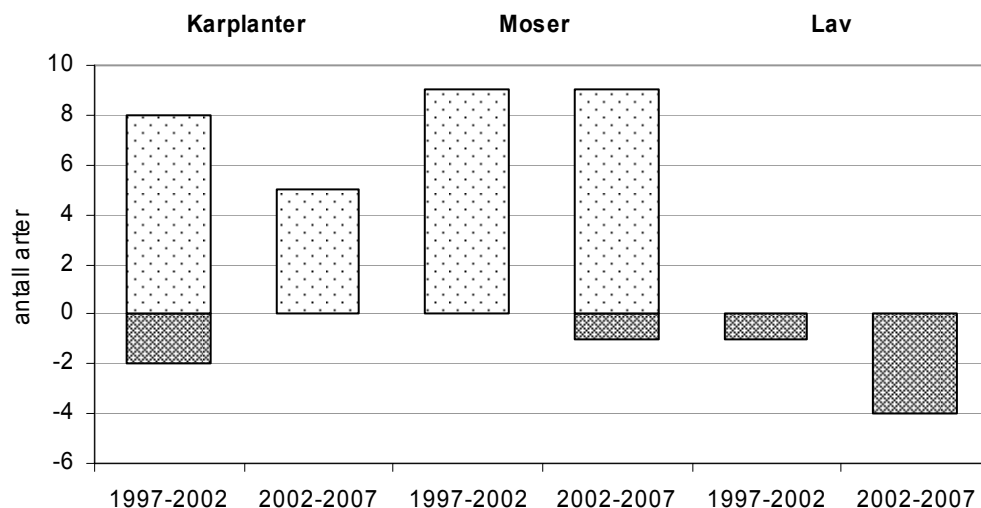
### Bjørkeskog

Ved utgangen av 2007 var markvegetasjonen i overvåkingsområdene i bjørkeskog analysert tre ganger i alle seks områder, etter at undersøkelsesdesignet ble justert i 1993 for å kunne følge og beskrive endringer i et bredt spekter av vegetasjonstyper. I 2007 ble overvåkingsområdet ved Møsvatn analysert for tredje gang (1997, 2002, 2007), og resultater fra disse analysene presenteres her. Overvåkingsområdet ved Møsvatn ligger i et område av Norge som tidligere var forholdsvis sterkt påvirket av langtransporterte forurensninger, men der spesielt svovelnedfallet er betydelig redusert de siste tiårene.

I de 50 reanalyserte rutene fra Møsvatn i 2007 ble 121 arter registrert: 60 karplanter, 29 bladmoser, 19 levermoser og 13 lavarter. Totalt antall registrerte arter var noe lavere enn i 1997 (125 arter) og 2002 (133 arter), med en liten reduksjon i antall karplanterarter (fra 62 i 1997) og en sterk reduksjon i antall lavarter (fra 19 i 1997). Figur 45 viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2002-2007 ble det funnet signifikant framgang for fem karplantearter (linnea, småtveblad, stri kråkefot, gullris, skogstjerne), mens ingen karplantearter gikk signifikant tilbake. I perioden 1997-2002 ble det registrert signifikant

framgang for åtte karplantearter og tilbakegang for to. Blant mosene viste ni arter signifikant framgang i perioden 2002-2007, mens én art viste tilbakegang. I perioden 1997-2002 viste ni mosearter framgang og ingen tilbakegang. Blant lavartene var det signifikant tilbakegang for fire arter i perioden 2002-2007, mens bare én art gikk signifikant tilbake i perioden 1997-2002. Ved analyser av artenes prosentvise dekning viser også bregnen fugletelg og grasene smyle og myskegras sigifikant framgang, mens blåbær gikk betydelig tilbake fra 1997 til 2007. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste signifikante endringer fra 1997 til 2002 og videre til 2007, mot mer nærings/nitrogen-krevende vegetasjon.

Endringene i markvegetasjonen som er registrert i overvåkingsområdet ved Møsvatn, er konsistente med effekter av nitrogenpåvirkning. Økt dekning for gras, bregner og urter, sammen med tilbakegang for lyngarter og lavarter er konsistent med en slik påvirkning. Dette kan imidlertid skyldes både en pågående langtransportert nitrogentilførsel og en lokal gjødslingseffekt av store angrep av bjørkemålere rundt år 2000. Store angrep av bjørkemålere fører til frigjøring av næringsstoffer fra oppspist vegetasjon og til mer lys i marksjiktet, endringer som begunstiger hurtigvoksende gras og urter. Økt dekning for flere mosearter (spesielt store bladmoser) kan i hovedsak knyttes til effekter av et mildere klima og lengre vekstsesong de siste tiårene.



Figur 45. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Møsvatn med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1997, 2002 og 2007, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 45. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1997, 2002 and 2007 at the Møsvatn monitoring site, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.

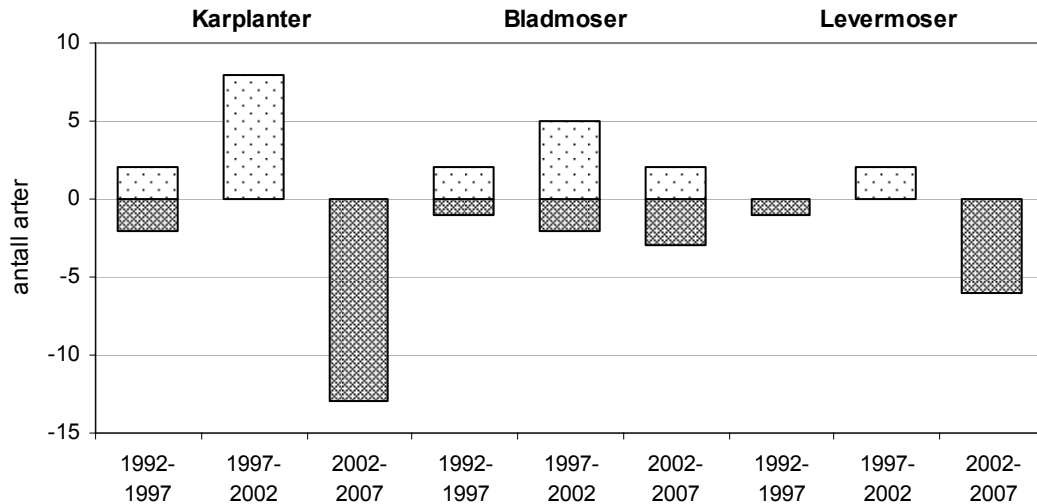
### Granskog

Ved utgangen av 2007 er markvegetasjonen i overvåkingsområdene i granskog analysert fire ganger i åtte av de ti opprinnelige områdene. Vegetasjonsanalysene i Lundsneset og Øyenskavlen er ikke videreført etter 2002 av økonomiske grunner. I 2007 ble

overvåkingsområdet i Urvatnet naturreservat undersøkt for fjerde gang (1992, 1997, 2002, 2007), og resultatene presenteres her. Overvåkingsområdet i Urvatnet ligger i et område av landet med svært liten påvirkning fra langtransporterte forurensninger.

I de 50 reanalyserte rutene i Urvatnet i 2007 ble 99 arter registrert: 49 karplanter, 26 bladmoser, 22 levermoser og 2 lav. Totalt antall registrerte arter var noe lavere enn i foregående år (103 arter i 1992 og 1997, 101 arter i 2002), der antall mosearter er mest redusert (med 2-4 arter i alt). *Figur 46* viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2002-2007 ble det funnet signifikant tilbakegang for hele 13 karplantearter, mens ingen gikk signifikant fram. Artene med tilbakegang omfattet blåbær, hvitveis, skogstorkenebb, fugletelg, beitesveve, småtveblad, maiblom, gaukesyre, hengeving, skogstjerne, skogfiol, engkvein og hårfrytle. I foregående periode (1997-2002) gikk fire av disse og fire andre arter fram. Over 15-årsperioden 1992-2007 hadde likevel sju av disse artene en total mengdereduksjon. Blant mosene gikk to bladmoser (kystkransemose, kystjammemose) signifikant fram, mens tre bladmosearter og hele seks levermosearter gikk signifikant tilbake. Samtidig hadde etasjemose 9% økning i dekning. For 15-årsperioden 1992-2007 ble det registrert signifikant mengdereduksjon for fem bladmosearter og for hele sju levermosearter. I samme periode viste bare to bladmosearter signifikant framgang. Bare én lavart var vanlig nok til å bli testet og viste signifikant tilbakegang over perioden 1992-2007. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon av 46 ruter) viste signifikante endringer for noe rikere voksesteder. Her viste vegetasjonen en forflytning mot noe fattigere voksesteder fra 2002 til 2007, mens den hadde utviklet seg i motsatt retning i foregående periode.

Endringene i markvegetasjonen som er registrert i overvåkingsområdet i Urvatnet naturreservat, er komplekse og til dels vanskelige å tolke. Reduksjonen i mengde for flere karplantearter i siste femårsperiode og utviklingen av vegetasjonen i mer næringsrike ruter mot en sammensetning som er mer typisk for næringsfattigere voksesteder, kan foreløpig ikke gis noen enkel forklaring. En slik utvikling ville være konsistent med en langvarig næringsutvasking, men dette er en usannsynlig forklaring i dette området der langtransportert forurensning er svært begrenset. Enkelte store moser og noen suboseaniske arter har økt sterkt i mengde. Dette kan skyldes en gunstig klimautvikling for moser, med mildere og fuktigere klima og lengre vekstsesong utover høsten. Tilbakegangen for flere mindre moser, spesielt levermoser, skyldes trolig konkurranse fra de store mosene. Fortetting av vegetasjonen i skogbunnen ved de store mosenes vekst er observert i en rekke av overvåkingsområdene i Sør-Norge og kan påvirke utviklingen både for små moser og en del karplanter.



Figur 46. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Urvatnet naturreservat med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1992, 1997, 2002 og 2007, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 46. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1992, 1997, 2002 and 2007 at the monitoring site in the Urvatnet nature reserve, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.

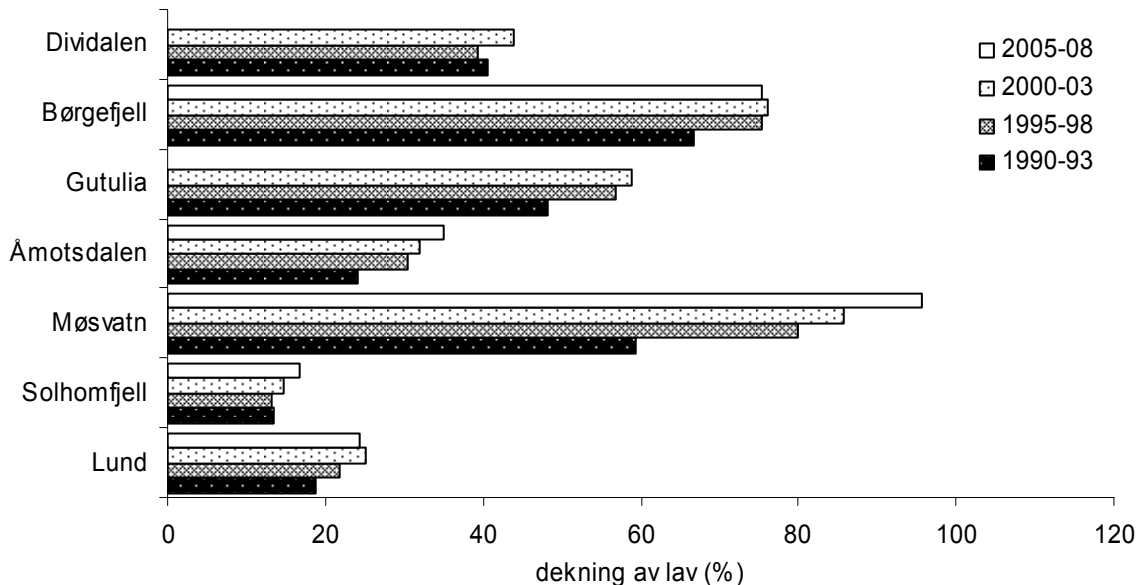
### 6.3 Effekter på epifyttisk vegetasjon

Registreringer av epifytter på trestammer viser en klar sammenheng mellom forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid. Det er registrert framgang i antall brunskjegg, som er en gruppe forurensningsfølsomme lavararter.

Den kartlagte epifyttvegetasjonen i alle de sju TOV-områdene (i Solhomfjell på furu, i øvrige områder på bjørk) domineres av arter typiske for fattigbarksamfunn som har forholdsvis lavt artsmangfold. Dette har bl.a. sammenheng med barkens pH-verdi, næringsstatus og struktur. Totalt ble 94 taksoner (arter eller slekter) registrert på stammen av de utvalgte trærne i de sju TOV-områdene ved første og andre runde med kartlegging. Epifyttvegetasjonen i de fleste områdene er dominert av bladlavararter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*), snømållav (*Melanelia olivacea*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). I 2007 ble epifyttvegetasjonen i overvåkingsområdene ved Møsvatn kartlagt for fjerde gang.

Til tross for at overvåkingsområdet Lund i Rogaland ligger nær kysten i et område som klimatisk er antatt gunstig for vekst av lav, er lavvegetasjonen på stammer av bjørk sparsom (Figur 47). Dessuten er en stor andel av laven registrert som skadd (Figur 48). Lund skiller seg også ut som det eneste TOV-området med registrert algevekst på undersøkelsestrærne. Dekningen av alger har økt gjennom hele perioden og utgjorde totalt 67 % av det kartlagte

stammearealet i 2006. Dette blir tolket dels som en effekt av den høye nitrogentilførselen i området og dels som resultat av milde og fuktige høster i mange av de siste årene.

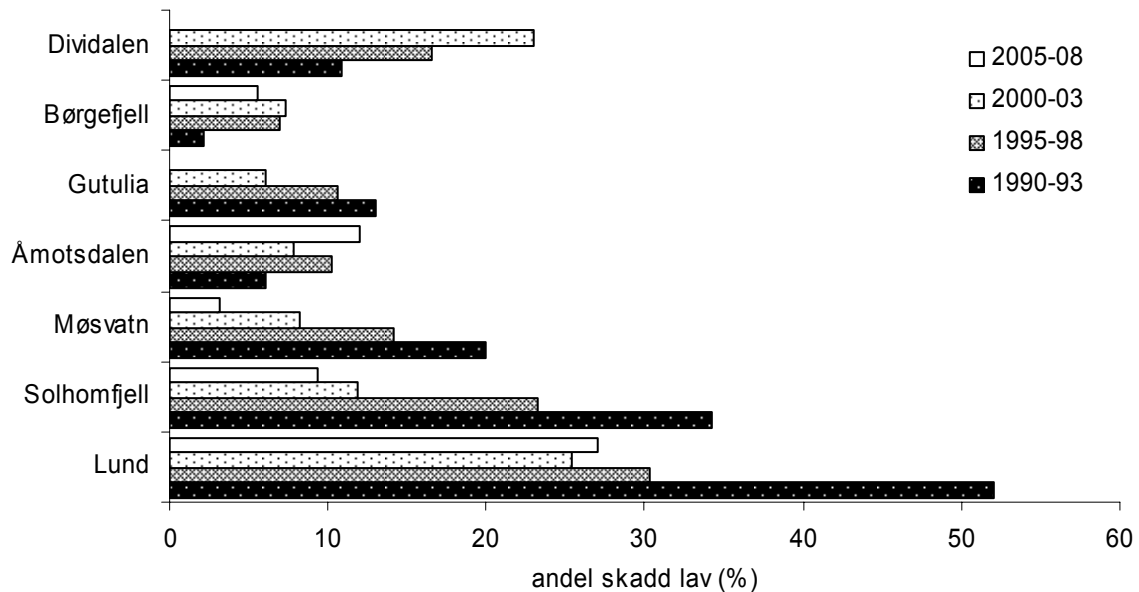


Figur 47. Dekningen av epifyttiske lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08), angitt som total dekning av lav i prosent av kartlagt stammeareal. Følgende prøvefelt er ikke tatt med: Børgefjell prøvefelt 0 (etablert 2005), Åmotsdalen prøvefeltene 6 og 7 (etablert 2004), Møsvatn prøvefeltene 6 og 7 (etablert i 2007).

Figure 47. Cover of epiphytic lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03, 2005-08), given as total lichen cover in per cent of mapped trunk area. The following sample plots are not included: Børgefjell plot 0 (established 2005), Åmotsdalen plots 6 and 7 (established 2004), Møsvatn plots 6 and 7 (established in 2007).

I Solhomfjell kartlegges epifyttene på furu, som har fattigere epifyttflora og generelt lavere dekning enn bjørk. Solhomfjell-området har i lengre tid vært utsatt for betydelige forurensningsbelastninger. Økning i lavdekningen og betydelig reduksjon i skadefrekvens for lav på furu i Solhomfjell (Figur 47 og Figur 48) er konsistent med effekter av reduksjon i svovelnedfall og forsurening i dette området.

Åmotsdalen og Dividalen representerer de mest typiske fjellbjørkeskogsamfunnene når det gjelder epifyttisk lav, med stor dominans av snømållav. Total lavdekning er relativt liten i disse områdene, trolig først og fremst av klimatiske årsaker. Vind og snø kan hindre lavens etablering og vekst både direkte og ved å forårsake større avflaking av never. Det er liten endring i lavdekningen i Åmotsdalen og Dividalen, men andelen skadd lav har gått noe opp i de siste kartleggingene (Figur 47 og Figur 48). Det er særlig økt skade på snømållav, noe som kan ha sammenheng klimaet.



Figur 48. Andel skadet lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08), angitt som prosent av total registrert lavdekning. Følgende prøvefelt er ikke tatt med: Børgefjell prøvefelt 0 (etablert 2005), Åmotsdalen prøvefeltene 6 og 7 (etablert 2004), Møsvatn prøvefeltene 6 og 7 (etablert i 2007).

Figure 48. Proportion of damaged lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03), given as per cent of total censused lichen cover. The following sample plots are not included: Børgefjell plot 0 (established 2005), Åmotsdalen plots 6 and 7 (established 2004), Møsvatn plots 6 and 7 (established in 2007).

Det er mest lav på trestammene i Møsvatn, Gutulia og Børgefjell (Figur 47). Det frodige inntrykket i Gutulia og Møsvatn blir også understreket av de store forekomstene av brunskjegg (*Bryoria* spp.), arter som er følsomme for forurensninger. Lang skoglig kontinuitet og beskyttet habitat, samt innslag av furuskog, kan være med på å forklare de store forekomstene av brunskjegg og det store artsmangfoldet. Spesielt i Møsvatn-området har skadeomfanget gått betydelig ned (Figur 48), og brunskjegg har vist tydelig framgang, fra 1,8 % dekning i 1992 til 22,4 % dekning i 2007. Dette kan tolkes som en respons på nedgangen av svovel i luft og nedbør de siste tiårene. I Børgefjell, et område med minimalt nedfall av forurensende stoffer, er skadefrekvensen forholdsvis lav, men høyere enn ved første gangs kartlegging (Figur 48). Denne økningen kan ha sammenheng med klimabetinget skade på bl.a. snømållav, som også er vesentlig redusert i frekvens gjennom overvåkingsperioden.

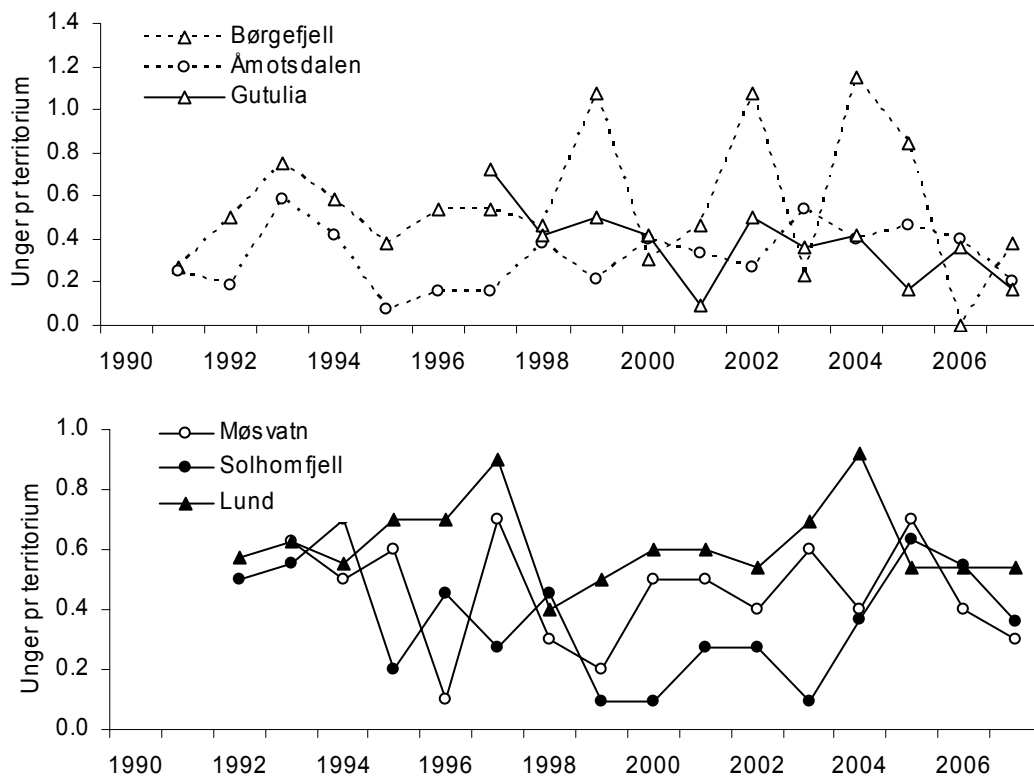
Det er registrert høyere lavdekning på trærne ved gjenkartleggingene i de fleste TOV-områdene. Økt lavdekning kan skyldes en kombinasjon av naturlig suksesjon ved at skogen blir eldre, og at sammensetningen av nedbøren eller klimaet har blitt gunstigere for lavvekst. Mindre svovelinnhold og mer nitrogen kan virke positivt på epifyttvegetasjonen. Slik sett reflekterer gjentatte lavregistreringer en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid.

## 6.4 Effekter på fauna

Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser generelt god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensede områder enn i nord. Svarthvit fluesnapper har tidligere år vist noe lavere klekkesuksess i de sørligste områdene, men har i flere år vist klekkesuksess på samme nivå i sørlige som i nordlige områder.

### Rovfugl

Ungeproduksjonen hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryer for jaktfalk. For kongeørn vil imidlertid også tilgangen på kadaver fra vilt og husdyr kunne være en viktig føderessurs. Resultatene fra overvåkingsområdene viser betydelig variasjon fra år til år i ungeproduksjonen hos kongeørn, noe som ofte kan relateres til variasjon i tilgangen på næring. Dette mønsteret er enda mer utpreget for jaktfalk. Overvåkingen av kongeørn og jaktfalk i perioden 1991–2007 har vist at ungeproduksjonen ligger innenfor normal variasjon for alle de undersøkte bestandene. Produksjonen av kongeørnunger er ikke vesentlig annerledes for de sørlige, forurensningsbelastede overvåkingsområdene Lund og Solhomfjell enn for de nordlige områdene Åmotsdalen og Børgefjell (Figur 49). Selv om ungeproduksjonen hos kongeørn i Solhomfjell har ligget lavt i perioden 1998-2003, er det i lengre perspektiv ingen indikasjoner på at dette skyldes dagens forurensningsbelastninger. Etter to år med svært god ungeproduksjon fra territoriene som overvåkes i Børgefjell, var det ingen registrert produksjon i 2006. Dette skyldes trolig dårlig tilgang på småvilt som bytte. Produksjonen var noe bedre igjen i 2007. For øvrig hadde ingen av overvåkingsområdene særlig høy produksjon i 2007.

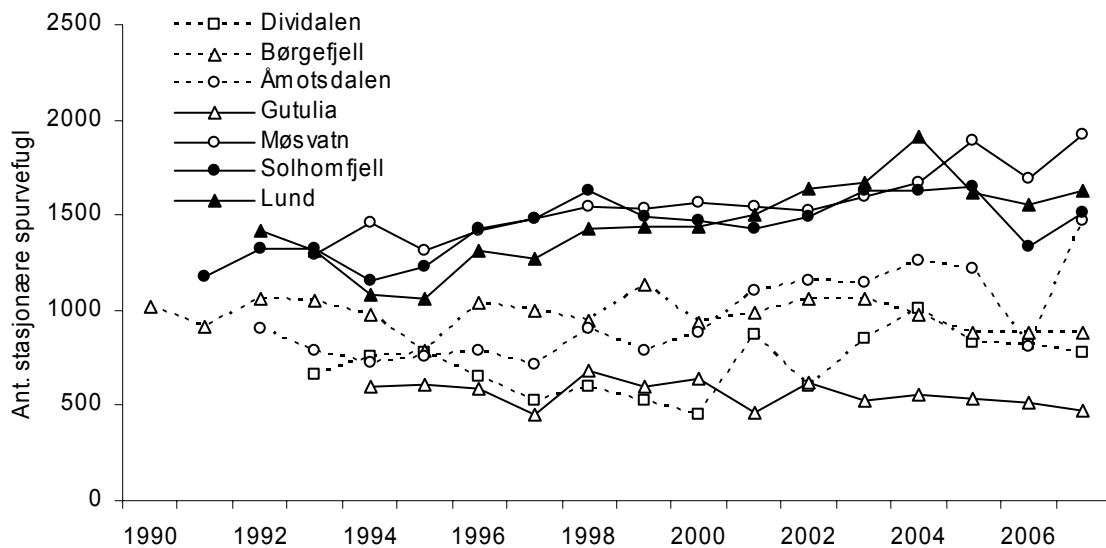


Figur 49. Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990-2007.

Figure 49. Production of young per investigated territory of golden eagles at the monitoring sites 1990-2007.

## Spurvefugler

Spurvefuglartene i overvåkingsområdene er i hovedsak knyttet til nordboreale og alpine økosystemer der artsantallet er betydelig lavere enn i mellom- og sørboreale økosystemer. De sørligste områdene, Lund og Solhomfjell, inkluderer en større andel mellom- og sørboreale økosystemer, men det er likevel stor grad av likhet i spurvefuglfaunaen for TOV-områdene. Etter 2007-sesongen har vi tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på minst 14 år i de ulike områdene, noe som gir grunnlag for å vurdere utviklingen av spurvefuglbestander i boreal skog. Noen få av de aktuelle fugleartene, f.eks. bjørkefink og gråsisik, viser særlig stor bestandsvariasjon mellom år og områder og har en invasjonspregede forekomst. Hvis vi utelater observasjoner av slike arter, viser takseringene at de sørlige områdene (Lund, Solhomfjell, Møsvatn) generelt har flere observasjoner av spurvefugl enn de nordlige (*Figur 50*). Ut fra områdenes generelle produktivitet er dette som forventet. Bestandsendringene til slike mer stasjonære arter over tid tyder ikke på at det er vesentlige forskjeller mellom sørlige og nordlige områder. Det er altså ikke noe som tyder på at høyere forurensningsbelastning i sørlige områder har påviselige effekter på bestandsnivåer av spurvefugl i boreal skog for perioden 1990-2007.



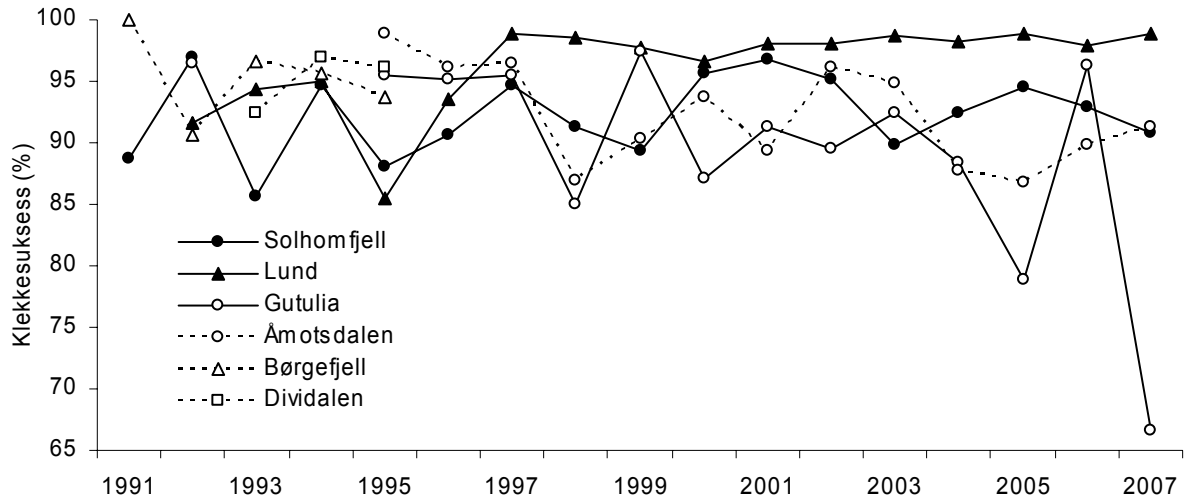
Figur 50. Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990-2007.

Figure 50. Changes in the populations of regular, territorial passerine birds at the monitoring sites 1990-2007.

For reproduksjonsovervåkingen for svarthvit fluesnapper har vi nå dataserier for flere år fra både sørlige (mye belastede) og nordlige (lite belastede) overvåkingsområder.

Klekkesuksessen, målt ved andel klekte egg i forhold til lagte egg, viser noe variasjon fra år til år i de fleste områdene (*Figur 51*). I den første delen av overvåkingsperioden (1991-96) kan det se ut til at de sørlige områdene Lund og Solhomfjell hadde lavere klekkesuksess enn de nordlige. Siden 1997 har imidlertid klekkesuksessen ligget vel så høyt i sørlige som i nordlige områder. Reduksjonen i klekkesuksess i Åmotsdalen og Gutulia i 2004 og 2005 tilskrives uheldige klimaforhold tidlig i hekkesesongen i disse områdene. I 2007 var klekkesuksessen i Gutulia eksepsjonelt lav (67%), noe som trolig skyldes uheldige lokale klimaforhold. Overlevelsen av unger fra klekte egg til flygedyktig alder har (med få unntak) vært relativt høy (minst 90%) for alle år og områder.





Figur 51. Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1991-2007, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke ble ødelagt.

Figure 51. Hatching success of pied flycatchers at the monitoring sites 1991-2007, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches that were not destroyed.

## 7. Referanser

### Luft og nedbør:

SFT 2008. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2007. Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. SFT rapport 1033/2007. NILU OR 29/2008.

### Vannkjemi og vannbiologi:

Aagaard, K. & Dolmen, D. 1996. Limnofauna Norvegica. Katalog over norsk ferskvannsfauna. Tapir Forlag, Trondheim.

Schartau, A.K., Brettum, P., Fiske, P., Hesthagen, T., Johansen, S.W., Mjelde, M., Raddum, G.G., Skjelkvåle, B.L., Saksgård, R., Skancke, L.B. 2006. Referansevassdrag for effektstudier av sur nedbør. Kjemiske og biologiske forhold i Bondalselva og Visavassdraget, Møre og Romsdal, 2002-2006. NINA Rapport 199, 99 s.

Walseng, B., Halvorsen, G., Hessen, D.O. & Schartau, A.K. 2006. Major contribution from littoral crustaceans to zooplankton species richness in lakes. - *Limnol. Oceanogr.* 51: 2600-2606.

### OPS

Andreassen, K., Clarke, N., Timmermann, V. & Aas, W. 2008. Intensiv skogovervåking i 2007. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Forskning fra Skog og landskap 2008. In prep.

Brække, F.H. 1994. Diagnostiske grenseverdier for næringselementer i gran- og furunåler. Aktuelt fra skogforskningen 15/94: 1-11.

Hylen, G. & Larsson, J. Y. 2008. Helsetilstanden i norske skoger: Resultater fra landsrepresentativ overvåking 1988-2007. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 05/2008.

Timmermann, V. 2008. Kronetilstandsregistreringer på de regionale skogovervåkingsflater. Resultater 2007. Forskning fra Skog og landskap 02/2008.

UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe - European Commission) 2006. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part II: Visual assessment of crown condition. 5th edition, updated 2006. 15 p. + annexes.

### TOV

DN 1997. Natur i endring. Program for terrestrisk naturovervåking 1990-1995. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 160 s.

Framstad, E. (red.). 2008. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2007: Markvegetasjon, epifytter, smånagere og fugl. NINA Rapport 362, 116 s.

Framstad, E., Bakkestuen, V., Bruteig, I.E., Kålås, J.A., Nygård, T. og Økland, R.H. 2003. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking 1990-2002. NINA Temahefte 24, 30 s.

### Referer til denne rapporten som:

SFT 2008. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2007. Sammendragsrapport. SFT-rapport 1032/2008, TA-2422/2008.



**Statlig program for forurensningsovervåking**  
**Overvåking av langtransportert luft og nedbør**



Statens forurensningstilsyn (SFT)  
 Postboks 8100 Dep, 0032 Oslo - Besøksadresse: Strømsveien 96  
 Telefon: 22 57 34 00 - Telefaks: 22 67 67 06  
 E-post: [postmottak@sft.no](mailto:postmottak@sft.no) - Internett: [www.sft.no](http://www.sft.no)

Utførende institusjoner NILU, NIVA, NINA, UiB, Skog og landskap	Kontaktperson SFT Tor Johannessen	ISBN-nummer 978-82-577-5362-7
--	--------------------------------------	----------------------------------

Statlig program for forurensningsovervåking SFT-rapport 1032/2008	Avdeling i SFT	TA-nummer 2422/2008
--	----------------	------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Brit Lisa Skjelkvåle Monsen	År 2008	Sidetall 88	SFTs kontraktnummer 6004057
---	------------	----------------	--------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport OR-5627-2008	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Landbruksdepartementet (LD)
---	---

<p><b>Forfatter(e)</b>                  Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI-Unifob, UiB), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Dagmar Hagen (NINA), Erik Framstad (NINA), Espen Lund (NIVA), Godtfred A. Halvorsen (LFI-Unifob, UiB), Gunnar Halvorsen (NINA), Harald Bratli (Skog og landskap), Inga E. Bruteig (NINA), John Atle Kålås (NINA), Karl Espen Yttri (NILU), Kjell Andreassen (Skog og landskap), Liv Bente Skancke (NIVA), Nicholas Clarke (Skog og landskap), Per Arild Aarrestad (NINA), Randi Saksgård (NINA), Stein Manø (NILU), Sverre Solberg (NILU), Tonje Økland (Skog og landskap), Trygve Hesthagen (NINA), Vegar Bakkestuen (NINA), Volkmar Timmermann (Skog og landskap), Wenche Aas (NILU).</p>
---

<p><b>Tittel - norsk og engelsk</b>                  Overvåking av langtransporterte forurensninger 2007. Sammendragsrapport                  Monitoring long-range transboundary air pollution 2007. Summary report</p>
--

<p><b>Sammendrag – summary</b>                  Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2007 fra tre overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør", "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) og "Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV).                  The report presents results for 2007 from three national monitoring programmes on long-range transboundary air pollution.</p>
--

<p><b>4 emneord</b>                  Overvåking                  Luftforurensning                  Akvatisk miljø                  Terrestrisk miljø</p>	<p><b>4 subject words</b>                  Monitoring                  Air pollution                  Aquatic environment                  Terrestrial environment</p>
--	--

## Statens forurensningstilsyn

Postboks 8100 Dep,  
0032 Oslo

Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00

Telefaks: 22 67 67 06

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

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

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

- overgjødsling 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.

TA-2422/2008

ISBN 978-82-577-5362-7