Overvåking av langtransporterte forurensninger 2006
Sammendragsrapport

Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2006 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, Tore Høgåsen og Liv Bente Skancke (NIVA)
Bunndyr: Arne Fjellheim og Gunnar G. Raddum (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, Gro Hylen og John Y. Larsson (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)
Epifytter: Inga E. Bruteig og Dagmar Hagen (NINA)
Fauna: John Atle Kålås og Torgeir Nygård (NINA)

NIVA, Oslo, juni 2007

Brit Lisa Skjelkvåle Monsen
Redaktør

Innhold

1. Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2006 4

2. Results from monitoring effects of long-range transboundary air pollution in Norway 2006 9

3. Innledning 13
3.1 Presentasjon av programmene 13
3.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv 14

4. Luft og nedbør 16
4.1 Utslipp 16
4.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger 16
4.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger 20
4.4 Totalavsetning fra luft og nedbør 21
4.5 Bakkenær ozon 22
4.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP) 24
4.7 Partikler (PM_{10}, $PM_{2,5}$ og PM_1) i luft på Birkenes 25

5. Det akvatiske miljøet 27
5.1 Effekter på vannkjemi 30
5.2 Effekter på akvatisk fauna 40
5.2.1 Effekter på bunndyr 41
5.2.2 Effekter på krepsdyr 48
5.2.3 Effekter på fisk 54

6. Det terrestriske miljøet 67
6.1 Effekter på skog 70
6.2 Effekter på markvegetasjon 74
6.3 Effekter på epifyttisk vegetasjon 77
6.4 Effekter på fauna 80

7. Referanser 85

1. Status for effekter av langtransporterte forurensninger i 2006

Selv om vi kan glede oss over en positiv utvikling på forsuringssituasjonen, er det viktig å understreke at det er langt igjen før forsuringsproblemet i Norge er løst. Problemet er avtagende, men fremdeles mottar store deler av Sør-Norge mer forsurende komponenter i nedbør enn naturen greier å ta hånd om. Resultatet av dette er fortsatt forsuring 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. I de siste fem årene har vi registrert en utflating av de nedadgående trendene i sulfat i nedbør og i vann og vassdrag. Dette medfører at de positive endringene i forsuringssituasjonen som økning i pH og nedgang i uorganisk (giftig) aluminium også har flatet ut eller stoppet opp.

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.

Det er også i 2006 registrert en liten nedgang i kronetetthet til gran og furu, og det kan derfor se ut til at vi er inne i en ny nedgangsperiode. Skogtilstanden i Norge kan likevel ikke sies å være truet, selv om det forekommer perioder med mindre endringer. Luftforurensninger og ugunstige værforhold kan både virke sammen eller hver for seg og føre til en svekking av trærnes helsetilstand - enten direkte eller indirekte ved at mengden av en eller flere naturlige skadegjørere øker så mye at trærnes vitalitet trues.

Det er registrert en gradvis reduksjon i skadefrekvensen for lav på trær i sørlige overvåkingsområder og til dels en økning i lavmengde, noe som kan knyttes til reduksjon i svovelnedfall og forsuring. Økning i dekningen 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.

Utslipp, luft og nedbør

Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har i Europa blitt redusert med hhv. 56%, 23% og 20% fra 1990 til 2004 (EMEP Status report 1/2006). Utslippsreduksjonen spesielt for svovel er en del høyre om man ser fra 1980, men naturlig å sammenligne med 1990 da dette er sammenligningsåret man bruker i Gøteborg-protokollen.

Svovel og nitrogen

Endringene av svovel- og nitrogenkomponenter i luft og nedbør er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder, på fastlands-Norge mellom 60% og 83%. Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 80% og 97%, og for sulfat mellom 63% og 71%. Nedgangen var størst frem til slutten av nittitallet, etter det har det vært en utflatning av trenden. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat i nedbør har en signifikant reduksjon siden 1980 på Haukeland og alle stasjonene sør for denne. For ammonium i nedbør har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle av de samme målestasjonene mens det har vært en økning ved Tustervatn. Årsmiddel-konsentrasjonene 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_2 på de fleste stasjonene. Innholdet av kalsium i nedbør er redusert ved flere stasjoner.

Ozon
Det ble målt usedvanlig høye konsentrasjoner av bakkenært ozon i 2006, og man må tilbake til begynnelsen av 1990-tallet for å finne lignende nivåer. Årsaken er trolig spesielle meteorologiske forhold og jordbruksbranner i Øst-Europa. Den høyeste timemiddelverdien av bakkenært ozon i 2006 var 186 µg m^{-3} målt på Hurdal. Grenseverdien for vegetasjon på 50 µg m^{-3} som 7-timers middel (kl. 09-16) i vekstsesongen april til september ble overskredet i hele landet i 2006. Middelverdien var størst på Birkenes med 85 µg m^{-3} som er den nest høyeste verdien av denne indikatoren som er registrert på Birkenes. SFTs grenseverdi på 60 µg m^{-3} (8-timers middel) og EUs grenseverdi på 65 µg m^{-3} (24-timers middel) ble også overskredet på samtlige stasjoner. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer, ble overskredet på 4 av de 8 målestasjonene i 2006. Høyest var verdien på Birkenes med 5851 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble overskredet på Birkenes med verdien 11194 ppb-timer i 2006.

Metaller
De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium i nedbør ble målt på Svanvik i Sør-Varanger, grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly, sink og krom var størst på Birkenes, for de andre elementene er det høyest på Svanvik. Innholdet av Cd, Pb og Zn i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978, men nivået har vært relativt konstant siden 1990 med årlige variasjoner avhengig av meteorologiske forhold. I motsetning til nedbør, viser ikke konsentrasjonene av tungmetaller i luft noen spesiell trend. Dette har sammenheng med at nedbørmålingene har vært utført mye lenger og de har fanget opp reduksjonene på 1970-80-tallet. Det samme gjelder for kvikksølv i luft og nedbør.

Miljøgifter
Resultatene for Birkenes hadde lavere årsmiddel i 2006 enn i 2005 for sum HCH i luft og nedbør, mens HCB i luft og nedbør hadde en liten økning. Resultatene for Zeppelinfjellet hadde lavere årsmiddel i 2006 enn i 2005 for følgende parametere: sum HCH og sum PAH, mens sum klordaner og sum DDT, HCB og sum PCB hadde en noe høyere verdi enn i året før.

Partikler - PM
2006 var årsmiddel for PM_{10} 8,1 µg m^{-3}, mens det for $PM_{10-2.5}$, $PM_{2.5}$ og PM_1 var henholdsvis 3,1 µg m^{-3}, 5,0 µg m^{-3} og 3,7 µg m^{-3}. Det er tidligere ikke registrert høyere årsmidler for noen av størrelsesfraksjonene. Karakteristisk for 2006 er episoder med langtransportert forurensning som strekker seg over lengre perioder. Dette bidrar sterkt til at det er rapportert månedsmidler høyere enn 10 µg m^{-3} for fire måneder for PM_{10}. På årsbasis utgjorde $PM_{2.5}$ 61% av PM_{10}, mens 75% av $PM_{2.5}$ kunne tilskrives PM_1. Det er estimert at de uorganiske forbindelsene og de karbonholdige fraksjonene som er analysert, til sammen utgjorde i overkant av 70% av PM_{10}.

Vannkjemi
Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer på 34-77% fra 1980-2006. Nedgang i sulfat har flatet ut fra 2001 til 2006, og for hele Norge sett under ett er det ingen endring i sulfatnivået fra 2005 til 2006. For regioner eller enkeltlokaliteter er endringene i sulfat fra 2005 til 2006 alle steder svært små, selv om det kan variere litt om de går opp eller ned. 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 (LAl, "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.

Fra 2005 til 2006 har det vært mindre endringer enn tidligere, og det er noen nye trender som er i ferd med å utvikle seg. Sulfat viser som sagt liten nedgang, mens det er en markert nedgang i nitrat i nesten alle regioner. pH viser ingen økning fra 2005 til 2006, og med det får vi heller ingen nedgang i uorganisk aluminium. ANC derimot, viser til dels markert økning i mange regioner. Årsaken til dette er en økning i ikke-marine basekationer (spesielt kalsium). Når sulfat ikke endrer seg og Ca går opp gir dette et positivt utslag på ANC.

Økningen i organisk karbon (TOC), som ble registrert i perioden fra 1989 til 2001 flatet ut frem til 2005, mens 2006 igjen viser de høyeste registrerete gjennomsnittsverdiene som er registrert så langt i overvåkingen.

Akvatisk fauna

Invertebrater

Overvåkingen av bunndyr i elver i 2006 viser at skadene på faunaen generelt er avtakende, en trend som startet omkring 1990. Den forbedrete tilstanden gjennom de siste 16 år vises både ved økt mangfold og ved økte andeler forsuringsfølsomme 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 (klassifisert som moderat til sterkt forsuringsskadet). I nordlige deler av Østlandet og i Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitetene 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 endringene over de elleve årene overvåkingen har pågått. For tre av innsjøene er endringen imidlertid så entydige at vi nå kan snakke om en begynnende gjenhenting av invertebratfaunaen. Selv om enkelte av innsjøene som overvåkes årlig viser indikasjoner på en positiv utvikling, er mengden av forsuringsfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile og gir ikke grunnlag for å konkludere med en generell bedring i forsuringsstatus. Overvåkingen av innsjølevende invertebrater indikerer noe mindre gunstige forhold i 2005-2006 sammenlignet med tidlig på 2000-tallet. Resultatene viser at vannkvaliteten i mange forsurede innsjøer fremdeles er dårlig i forhold til overlevelse og reproduksjon hos forsuringsfølsomme invertebrater. Det forventes at biologisk gjenhenting tar vesentlig lengre tid for innsjøene enn for elvene, og selv når vannkvaliteten har blitt tilfredsstillende kan det ta flere år før en klar biologisk respons observeres.

Fisk
Forsuringen har forårsaket store skader på fiskebestander her i landet, med henholdsvis rundt 9600 tapte og 5400 skadede bestander. Beregningene er basert på lokaliteter over 3,0 hektar. Aure har blitt påført de størst skadene, med rundt 8200 tapte og 3900 skadede bestander. Videre er nærmere 1900 abborbestander enten skadet eller tapt pga forsuring, mens tilsvarende samlet tall for røye, mort, ørekyte og gjedde utgjør rundt 500 bestander. Agderfylkene og Rogaland har de største forsuringsskadene, med henholdsvis rundt 62 (n=5038) og 16 % (n=1289) av alle tapte aurebestander.

Undersøkelsene av fisk i innsjøer viser nå en positiv utvikling i flere regioner, spesielt i Sørlandet-Vest (region V), Vestlandet-Sør (region VI) og Øst-Finnmark (region X). Men i Sør-Norge er det fortsatt skadede bestander blant de som blir overvåket. I tillegg er det ennå ikke reetablert fisk i de fleste innsjøer der de stedegne bestandene har gått tapt. I de mest forsuringsbelastede områdene av landet er derfor situasjonen for fisk fortsatt alvorlig. I innsjøer i Midt-Norge og videre nordover er forholdene gode, og i enkelte lokaliteter har fiskebestandene økt.

I tilløpsbekker til innsjøer i Vikedalvassdraget i Rogaland har tettheten av aureunger økt i løpet av de siste 10 åra, og 2006 var den høyeste som hittil er registrert. I Gaularvassdarget i Sogn og Fjordane har forholdene vært mer ustabile, men i 2005 (siste år med elfiskedata) ble det registrert en økt tetthet av aureunger.

Terresterisk miljø
Skog
Etter en relativt stabil periode for skogtrærnes kronevitalitet fra slutten av 1990-tallet til begynnelsen av 2000-tallet, har kronetetthet for både gran, furu og bjørk avtatt igjen de siste to til tre årene, landet sett under ett. Kronetettheten i 2006 var noe lavere enn året før for gran, furu og bjørk. Nedgangen var størst på Østlandet og i Agderfylkene. De motsatte tendensene ble observert for kronefarge med en økende andel trær med normal grønn farge over store deler av landet. 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. Med unntak av forhøyede nitrogenkonsentrasjoner i jordvann på noen flater, er disse variasjonene generelt innenfor det som er vanlig i boreal barskog.

Terrestrisk flora og fauna
Registrerte endringer i markvegetasjonen i bjørkeskog i Lund er konsistente med effekter av forurensning, både forsinkete responser på langvarig forsuring og pågående nitrogengjødsling. Endringene i markvegetasjonen i Åmotsdalen tyder ikke på noen effekter av forurensninger. For begge områder er endringer i markvegetasjonen også konsistente med effekter av et mildere klima de siste tiårene.

Registreringer av epifyttisk vegetasjon på stammer av bjørk (på furu i Solhomfjell) viser en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensnings-

belastninger i nedbøren, med lavest dekning og høyest skadeomfang i sørlige områder. Det er registrert forbedring i disse parameterne ved gjenkartlegging etter 5, 10 og 15 år. Kartleggingen av epifyttfloraen i Lund viste fortsatt sterk økning i påvekst av alger, noe som kan knyttes både til en gjødslingseffekt av nitrogen i nedbøren og et mildere og fuktigere klima de siste tiårene. For Åmotsdalen reflekterer epifyttfloraen i hovedsak et noe mildere klima. Noe økt skadeomfang for lav i enkelte områder ved de siste kartleggingene kan skyldes effekter av klimaet og neppe endringer i effektene av forurensninger.

Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser generelt god produksjon også i de forurensede områdene i Sør-Norge. Belastningen av organiske miljøgifter i rovfuglegg er redusert de siste tiårene, mens skalltykkelsen generelt har økt, men ennå har ikke disse indikatorene nådd normale nivåer fra før DDT kom i vanlig bruk (1947). 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 2006

About the monitoring programmes
This report covers the main results for 2006 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
Sulphur and nitrogen
The emissions of sulphur dioxide, nitrogen oxides and ammonia in Europe have decreased by 56%, 23 and 20% respectively since 1990 (EMEP Status report 1/2006). The reductions are somewhat higher especially for sulphur using 1980 as the reference year. The observed reductions in concentration levels in deposition are in agreement with the reported downward trends in pollutant emissions in Europe. Since 1980 the content of sulphate in precipitation at the Norwegian monitoring sites decreased by 60-83%. Similar reductions in airborne concentrations were between 80%-97% and 63-71% for sulphur dioxide and sulphate, respectively. The decrease of sulphur was highest until the late nineties, the latter years the trend has been slower. Nitrate and ammonium concentrations show significant decrease in concentration in precipitation at most sites in southern Norway. Significan trends have, however, not been observed for nitrogen species in air except for a clear decrease in NO_2 concentration in the last 10 years. For ammonium one can observe both positive and negative trends at different sites, probably due to local influence of ammonia.

Ozon
The general level of boundary layer ozone was unusually high in Norway in 2006. Similar levels have not been observed since the beginning of the 1990s. The reasons are probably due to special meterological conditions and biomass burning in eastern Europe. The highest hourly mean value of ground level ozone (186 µg m^{-3}) was observed at Hurdal. ECE's critical level for accumulated ozone exposure above the threshold of 80 µg m^{-3} (40 ppb) (termed AOT40) of 10 000 ppb hours for forests was exceeded at one station, Birkenes, in 2006. The threshold limit for accumulated ozone exposure for crops (3000 ppb hours) was exceeded at four of the sites.

Heavy metals
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 heavy metal concentrations have generally decreased by about 60-80% from the late seventies, but after 1990 the concentration level has been relatively constant. In contrast to precipitation, the air concentrations of heavy metals don't show any trend, the same is true for mercury in air and precipitation.

Environmental pollutants
The annual averages of sum HCH in air and deposition at Birkenes (CAMP) had lower values than in year 2006 than in year 2005 while HCB had a slight increase. The annual averages at Zeppelin Mountain (AMAP) had lower values than in year 2006 than in year 2005 for the following parameters: sum HCH and sum PAH, while sum chlordanes, sum DDT, HCB and sum PCB had a slightly higher value than in the previous year.

In 2006, the annual mean concentration of PM_{10} was 8,1 µg m^{-3}, while the corresponding figures for $PM_{2.5}$, and PM_1 were 5,0 µg m^{-3}, and 3,7 µg m^{-3}, respectively. These are the highest annual mean concentrations reported for each of the size fractions since the measurements started. Characteristic for 2006, were long-lasting episodes of transboundary pollution, contributing significantly to elevated monthly mean concentrations of PM.

Water

The decrease in sulphur deposition has caused a decrease in the concentration of sulphate in surface waters in Norway by 34-77 % from 1980 to 2006. Since 2001 the decrease in sulphate has levelled out and from 2005 to 2006 there has been no overall change. Based on observations from single sites or averaged into regions, there have been both increases and decreases, but everywhere the changes have been small. As a response to the decrease in sulphate, the acidification situation in lakes and rivers showed a clear improvement in the 1990s with increases in pH and ANC (Acid Neutralising 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.

From 2005 to 2006 there have been smaller changes than in previous years; however, some new trends have been observed. Sulphate, as mentioned above, showed a smaller decrease, while there was a clear decrease in nitrate. pH showed no increase from 2005 to 2006 and there was no change in labile aluminium. ANC, on the other hand, showed a clear increase, due to an increase in non-marine base cations. When sulphate does not change and Ca (in particular) increases, this has a positive effect (increase) on ANC. The increase in organic carbon (TOC) that was observed from 1989 to 2001 levelled out until 2005, but 2006 showed the highest concentrations of TOC that have been registered so far in the monitoring programme.

Aquatic fauna

Invertebrates

The invertebrate monitoring in rivers in 2006 demonstrated that acidification damage generally continues to decrease. During the last 15 years biodiversity has increased and acid-sensitive invertebrates occur in areas which earlier were damaged. The southernmost locality gives an example of this. The most sensitive mayflies were recorded here in 2006, but the populations are unstable, probably as a result of strong sea-salt episodes.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2006) confirmed 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 have shown signs of slight improvements during the last years, with an increased presence of sensitive fauna and increased biodiversity. Biological recovery of lake communities is, however, still weak and unstable and the ecological status of these lakes is therefore unchanged. For some few sites the improvements are unambiguous, indicating that the invertebrate fauna is now recovering in these lakes. Monitoring of lake invertebrates indicated less favourable conditions during 2005-2006 compared to the first years after 2000. 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 has been assessed in relation to the effects of acidification during recent years. The numbers of lost and damaged populations of the six most common species of fish were estimated to be about 9600 and 5400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage, with a total of about 8200 lost stocks. Lakes in southernmost Norway (Agder) have suffered the highest damage with about 5000 lost trout stocks.

Test fishing with gill nets in lakes throughout Norway indicates an increase in fish abundance in most areas. However, some fish populations are still low, which can be due to acidification. The densities of young brown trout in tributaries to lakes in the Vikedal and Bjerkreim watersheds in southwestern Norway (Rogaland County) have increased significantly in recent years. Corresponding densities of young brown trout in the Gaular watershed in western Norway have been more unstable; however, an increase in abundance was registered in 2005.

Terrestrial ecosystems
Forest
After a relatively stable period for crown condition from the late 1990s until recently, crown densities for Norway spruce, Scots pine and birch were slightly reduced during the most recent two to three years. There was a slight reduction in crown density from 2005 to 2006, which was most evident in the south-eastern parts of Norway. Crown colour, on the other hand, improved in most parts of the country in 2006. 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. Except for a somewhat increased nitrogen concentration in forest soil water on some plots, 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
Documented changes in the ground vegetation of birch forests of the Lund monitoring site are consistent with effects of pollution, in terms of both a delayed response to long-term acidification and on-going eutrophication due to the supply of nitrogen in the precipitation.The changes in the ground vegetation of the Åmotsdalen monitoring site do not indicate any effect of pollution. For both sites, changes in the ground vegetation also reflect effects of a milder climate over the last few decades.

Inventories of epiphytic vegetation on trunks of birch at the monitoring sites (pine at Solhomfjell) show a clear relationship between lichen cover and damage status and deposition patterns of pollutants, with the lowest cover and highest damage frequency in the southern-most sites. Repeated inventories after 5, 10 and 15 years have indicated generally improved coverage and damage status in the southern areas. The epiphytic flora of the monitoring site at Lund shows a strong contining increase in the cover of algae on birch trunks. This may be

linked both to effects of eutrophication from nitrogen in the precipitation and a milder and moister climate in the last few decades. At the Åmotsdalen monitoring site, changes in the epiphytic flora mainly reflect effects of a somewhat milder climate. Somewhat increased damage frequency for epiphytic lichens during the last inventories may have been caused by effects of the climate and are probably not due to any changes in pollutants.

Golden eagles and gyrfalcons at the monitoring sites exhibited similar patterns of production at southern polluted sites compared to northern sites. The loads of organic pollutants in eggs of birds of prey have been generally reduced over the last few decades and the egg shell thickness has increased. However, the values of these indicators have still not reached the levels observed before common use of DDT (1947). There is no indication that population variation in passerine birds is significantly different at southern compared to northern sites. Hatching success of pied flycatchers has been at comparable levels at 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 overvåkings-programmene 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 kap. 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 forsuring 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 vannkjemiske 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), Skogoppsynet (skogtilstand i produksjonsskog) og Norsk institutt for skog og landskap (skogøkologiske undersøkelser) som også koordinerer programmet. OPS 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, nitrogengjødsling, 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 Universitet i Oslo (vegetasjon i barskog). Fra og med 2001 er TOV generelt orientert mot effekter av ulike påvirkningsfaktorer på biologisk mangfold.

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 NOx-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 forsuring, 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 stasjonsnettet og måleprogrammet utvidet for å gi bedret informasjon om tilførsler i hele landet.

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2006 utført døgnlig ved 6 stasjoner og på ukebasis ved 11 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 9 stasjoner inklusive en stasjon drevet av kommunene Porsgrunn, Skien og Bamble. Partikkelmålinger av PM_{10} og $PM_{2.5}$ 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. Utslippene av ammoniakk har økt etter 1950-årene i sammenheng med veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. Siden 1998 har utslippene blitt redusert signifikant bl.a pga bindene internasjonale avtaler. Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert med hhv. 56%, 23% og 20% fra 1990 til 2004 (EMEP Sttatus Report 1/2006). Utslippsreduksjonen spesielt for svovel er en del høyre om man ser fra 1980, men naturlig å sammenligne med 1990 da dette er sammenligningsåret man bruker i Gøteborg-protokollen. Dette er en multikomponent protokoll og målsetningen er å redusere svovelutslippene med 63% innen år 2010 sammenlignet med 1990. Utslippene av nitrogenoksider og ammoniakk skal reduseres med henholdsvis 41% og 17%.

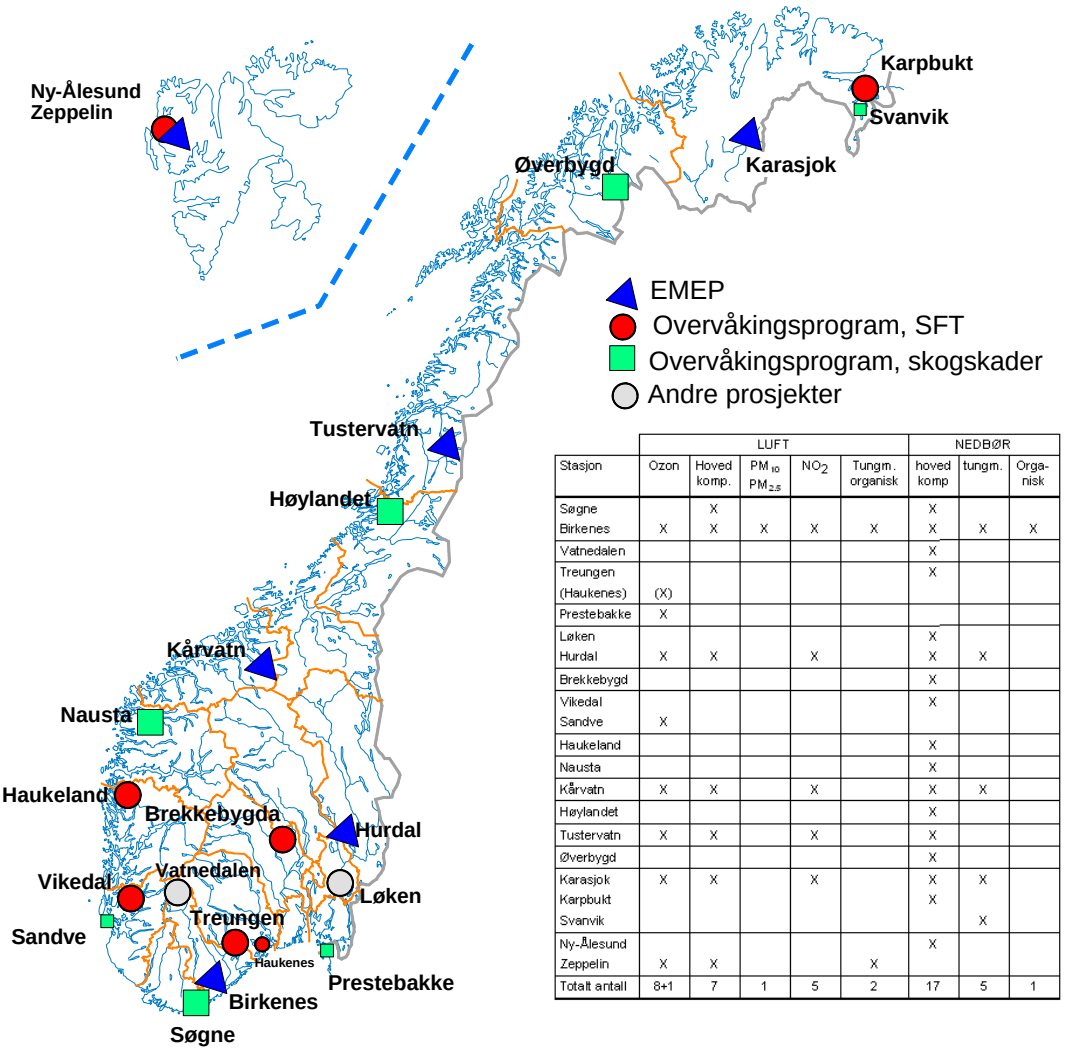
4.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

Ioneinnholdet utenom sjøsalter i nedbør 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 2006 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 2006 var generelt høyest april-mai og august-september. I Sør Norge observeres også høye konsentrasjoner i desember. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i *Figur 2*.

Konsentrasjonene av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i 2006 var noe lavere enn det som ble observert i 2005, men tilsvarende som for 2004. Det varierer noe, i Karasjok og på Kårvatn observeres en viss økning. Våtavsetningen av sulfat er tilsvarende som for de siste årene, mens man ser noe økning i nitrogenavsetning i forhold til 2005. I et lengre

tidsperspektive 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 1980–2004 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 60 og 83%. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon siden 1980 på Haukeland og alle stasjonene sør for denne. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle av de samme målestasjonene utenom Vatnedalen, reduksjonen har vært større enn for nitrat, mellom 38 og 61%. Det har vært en økning av ammoniumkonsentrasjonen på Tustervatn. Endringer i konsentrasjonene av ammonium antas å være påvirket av endring i bidraget fra lokale kilder. Basekationer (representert ved kalsium) har også hatt en signifikant reduksjon på flere stasjoner.

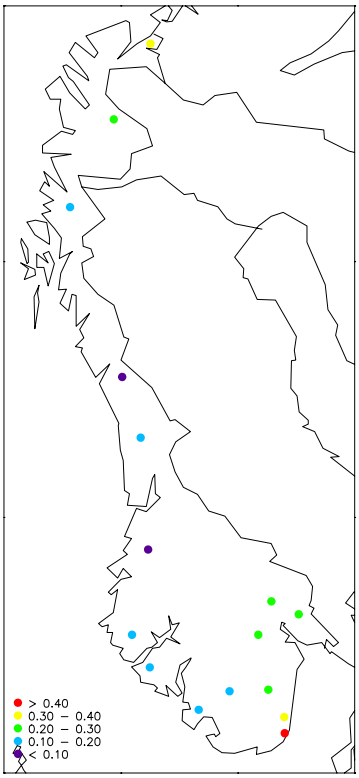


	LUFT					NEDBØR		
Stasjon	Ozon	Hoved komp.	PM_{10} $PM_{2.5}$	NO_2	Tungm. organisk	hoved komp	tungm.	Orga-nisk
Søgne		X				X		
Birkenes	X	X	X	X	X	X	X	X
Vatnedalen						X		
Treungen (Haukenes)	(X)					X		
Prestebakke	X							
Løken						X		
Hurdal	X	X		X		X	X	
Brekkebygd						X		
Vikedal						X		
Sandve	X							
Haukeland						X		
Nausta						X		
Kårvatn	X	X		X		X	X	
Høylandet						X		
Tustervatn	X	X		X		X		
Øverbygd						X		
Karasjok	X	X		X		X	X	
Karpbukt						X		
Svanvik							X	
Ny-Ålesund						X		
Zeppelin	X	X			X			
Totalt antall	8+1	7	1	5	2	17	5	1

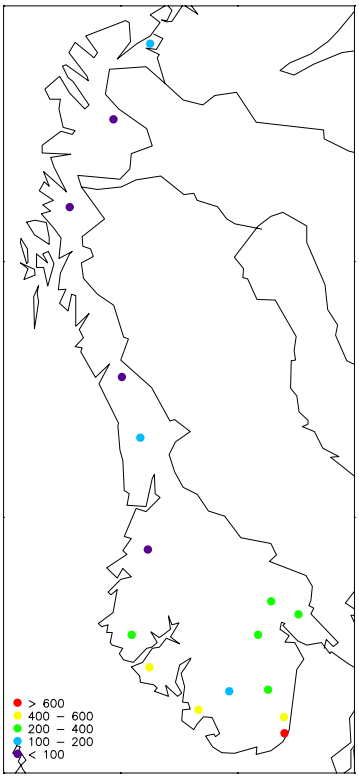
Figur 1. Lokaliteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 2006.

Figure 1. Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2006.

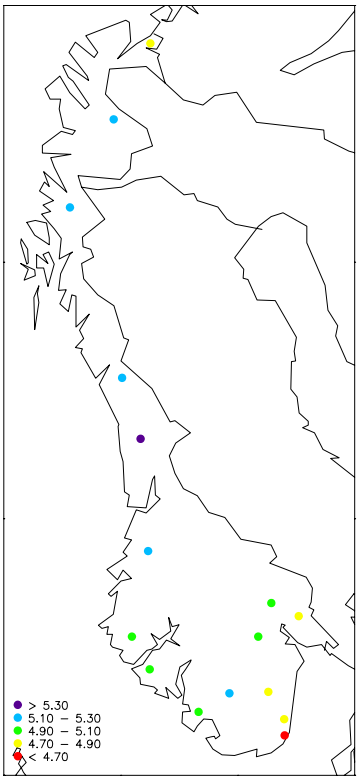
Sulfat – konsentrasjoner i nedbør 2006 mg S/l



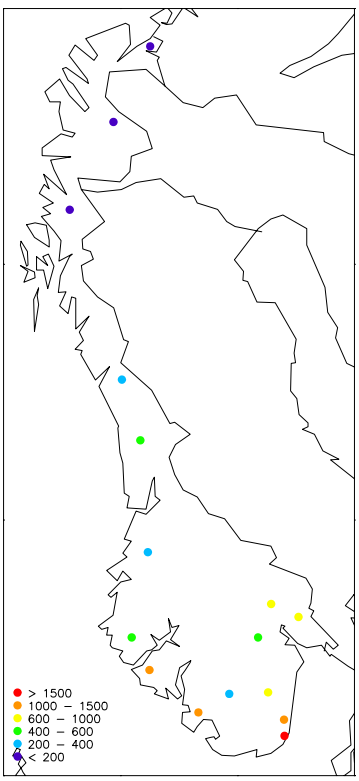
Sulfat – våtavsetning i nedbør 2006 mg S/m^2



pH middelverdier 2006

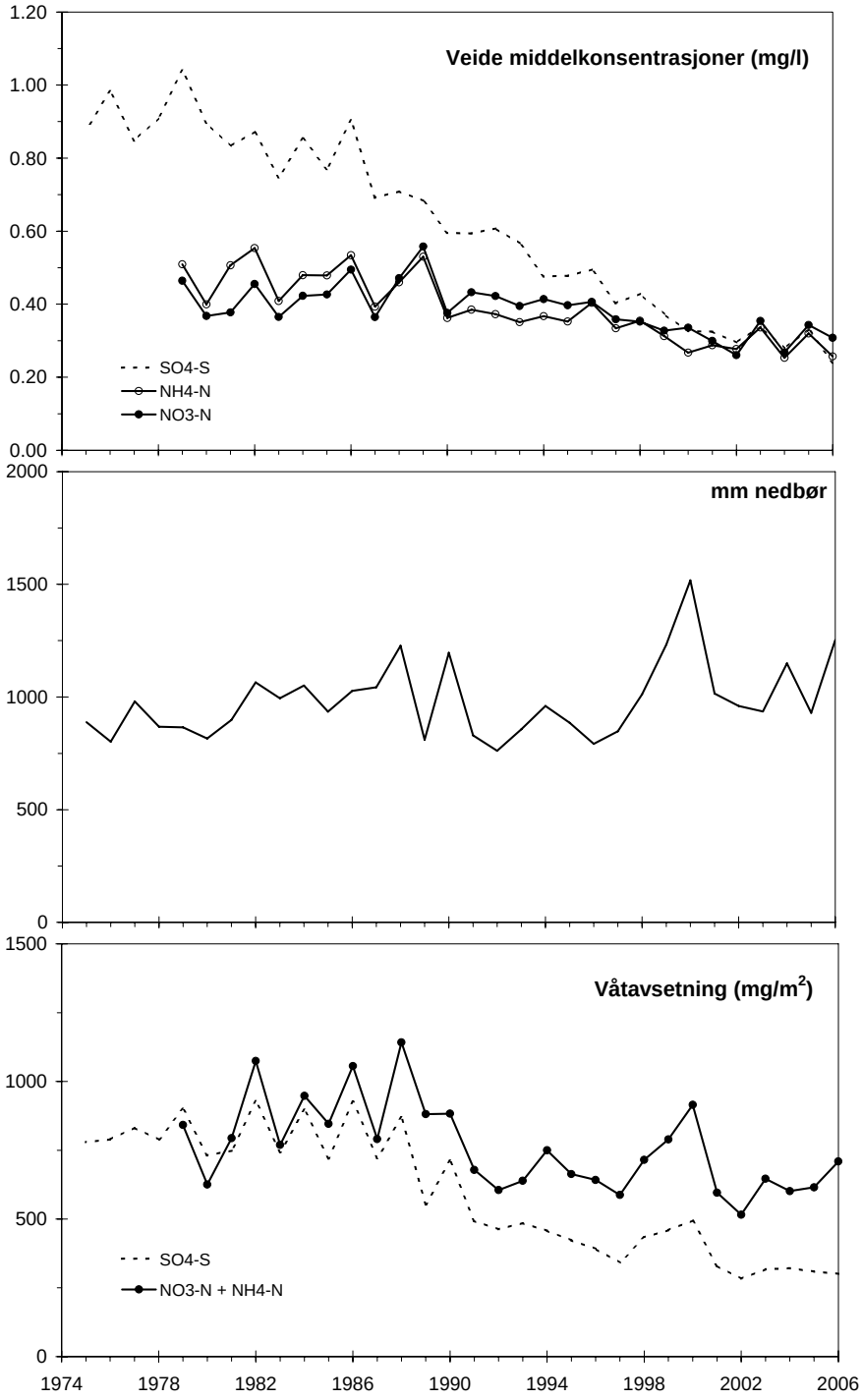


Sum nitrat og ammonium 2006 mg N/m^2



Figur 2. Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2006.

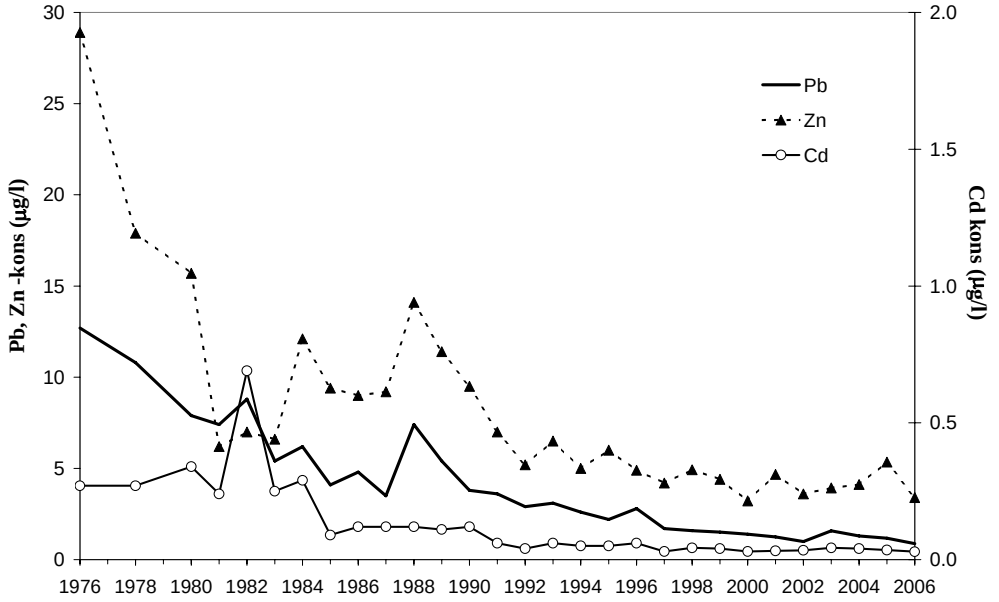
Figure 2. Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2006.



Figur 3. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1973 til 2006 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 1973 to 2006 based on 5 representative sites in Southern Norway.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium ble målt på Svanvik med henholdsvis 1,15 og 0,13 µg L^{-1}. Svanvik i Sør-Varanger har også høyest nivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly og krom var størst på Birkenes, 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, men fra 1990 har nivået vært relativt konstant, utenom på Svanvik der det derimot har vært en viss økning i blykonsentrasjonen de siste årene, men den tendensen ser ut til å være snudd. 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*.



Figur 4. Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2006.

Figure 4. Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2006.

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_2-konsentrasjon på Søgne på 0,41 µg $S \cdot m^{-3}$ og Karasjok med 0,29 µg $S \cdot m^{-3}$. Høyeste døgnmidlet ble målt i Karasjok med 8.71 µg $S \cdot m^{-3}$ 2. februar 2006, og trajektoriene for denne dagen viser også at luftmassene kommer fra Kolahalvøya. Samme episode ble observert på Tustervatn dagen etter.

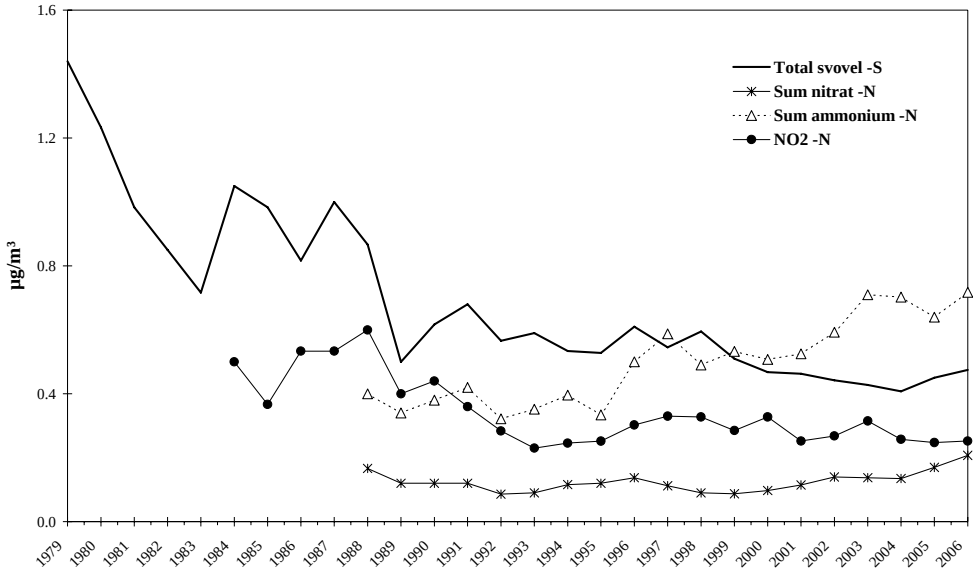
Høyeste årsmiddel av partikulært sulfat ble målt på Søgne (0,75 µg $S \cdot m^{-3}$). Den høyeste episoden ble observert på Birkenes 14. september. Dette er en langtransportepisode fra Sentral-Europa. På Zeppelin er det høyest SO_4 nivå den 2 mai som har sammenheng med langtransport fra Øst-Europa hvor det var store branner i denne perioden. Dette gjenspeiles også i ozon-, tungmetaller, POP'er og PM-dataene.

Høyest NO_2-nivå observeres på Hurdal med årsmiddel på 0,78 µg $N \cdot m^{-3}$. Denne stasjonen påvirkes av den store biltrafikken i denne regionen. Den høyeste døgnmiddelverdien av NO_2

ble også målt på Hurdal (6,19 µg N·m^{-3}) 21. desember. Årsmiddel- og prosentilkonsentrasjonene viser at stasjonene i Sør- og Øst-Norge har de høyeste nitrogendioksidnivåene. Månedsverdiene for NO_2 var høyest i vintermånedene.

Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" hadde Søgne med hhv. 0,48. Søgne hadde også høyest årsmiddel av "sum ammonium" (0,99 µg N·m^{-3}) av de stasjonene med minimal lokal påvirkning. Tustervatn som er påvirket av lokal gårdsdrift hadde et årsmiddel på 1,11 µg N m^{-3}.

Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 80% og 97%, og for sulfat mellom 63% og 71%. Endringen i svoveldioksid- og sulfatkonsentrasjonene ved Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet har vært på hhv. 79% og 58% siden 1980. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet i mellom 1986 og 1989. Det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO_2 på flere av stasjonene, *Figur 5*.



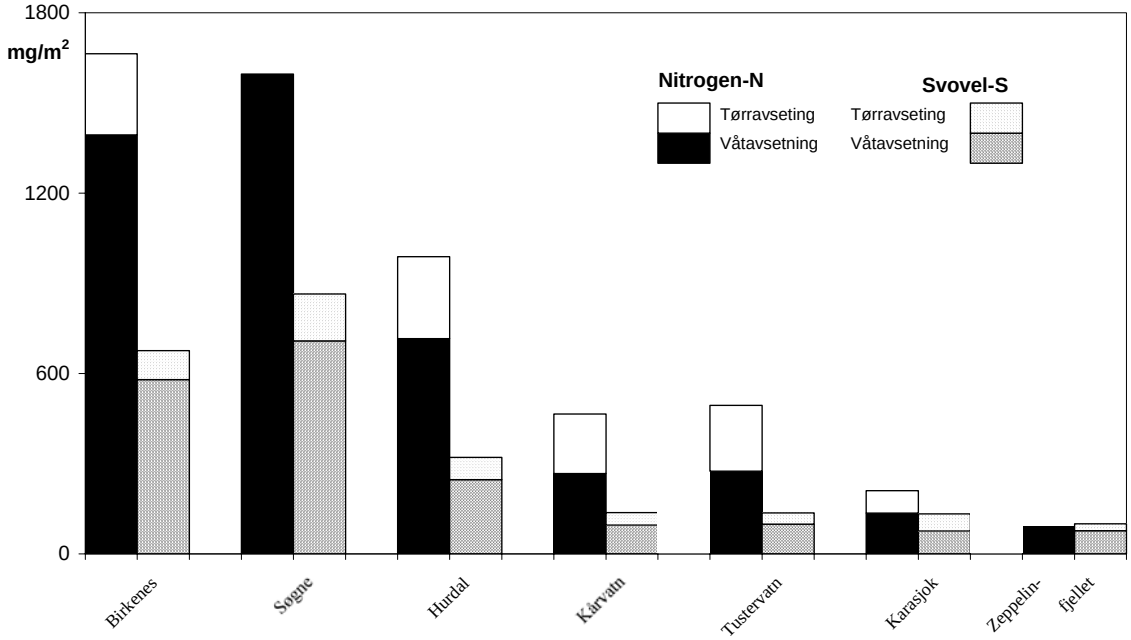
Figur 5. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel (SO_2+SO_4^-), oksidert nitrogen (HNO_3+NO_3), redusert nitrogen (NH_3+NH_4) og NO_2 på fire norske EMEP stasjoner (Birkenes, Kårvatm, Tustervatn og Karasjok/Jergul).

Figure 5. Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at four Norwegian EMEP sites Birkenes, Kårvatm, 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. B Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 29–37% om sommeren og 4–16% 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. 40% tørravsetning om sommeren og 53% 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 bakrunnstasjoner i 2006.

Figure 6. Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2006.

4.5 Bakkenær ozon

De høyeste maksimumsverdiene i 2006 ble registrert på Hurdal (186 µg m^{-3}) og Tustervatn (181 µg m^{-3}). Det har ikke vært registrert så høye ozonkonsentrasjoner i Norge siden 1994, og resultatene som presenteres nedenfor viser at nivået av bakkenært ozon var usedvanlig høyt i 2006 i hele landet sammenlignet med tidligere år, *Tabell 1*. Forklaringen på dette tilskrives spesielle meteorologiske forhold og en episode med jordbruksbranner i Øst-Europa.
I 2006 ble SFTs grenseverdi på 160 µg m^{-3} overskredet på hele 6 av de 8 målestasjonene som var i drift, og EUs grenseverdi på 180 µg m^{-3} for utsending av melding til befolkningen ble overskredet på to av stasjonene. Timemiddelverdier over 100 µg m^{-3} ble målt på alle målestedene.

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 µg m^{-3} som 7-timers middel for kl. 09-16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2006. Middelverdien var størst på Birkenes (85 µg m^{-3}). *Figur 7* viser 7-timers middelverdien for Birkenes i perioden 1985-2006. 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. Men verdien for 2006, 85 µg m^{-3} var den nest høyeste verdien av denne indikatoren som er registrert på Birkenes siden målingene startet. Grenseverdien på 8-timers middel over 60 µg m^{-3} ble overskredet gjennom hele 6-måneders-

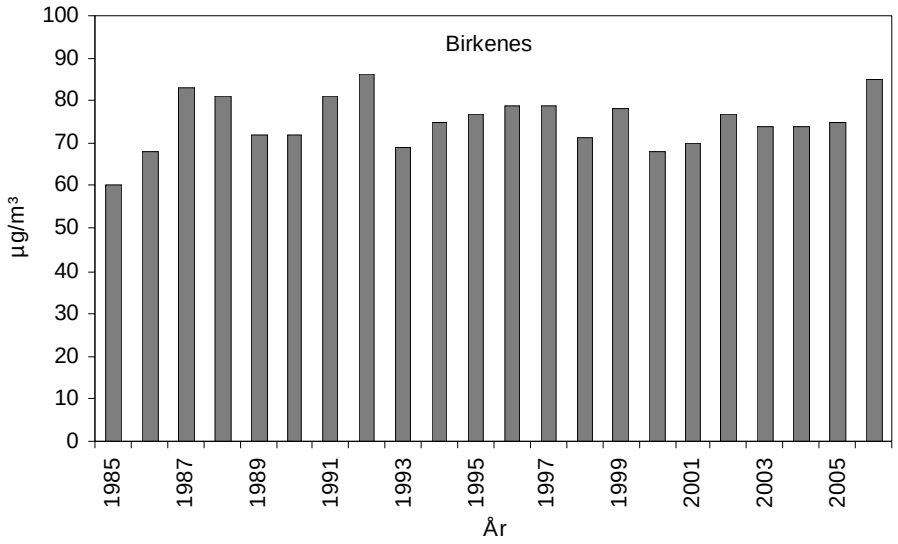
perioden april-september. Sandve hadde flest døgn med overskridelse, 178, dvs at nesten samtlige dager i denne 6-måneders perioden overskred denne grenseverdien.

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 overskredet på 4 av de 8 målestasjonene i 2006. Høyest var verdien på Birkenes med 5851 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble overskredet på Birkenes med verdien 11194 ppb-timer i 2006. Også AOT-verdiene var svært høye i 2006 sammenlignet med tidligere år, og man må tilbake til begynnelsen av 1990-tallet for å finne lignende verdier.

Tabell 1. Overskridelser av grenseverdier for helse. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100, 160 and 180 µg m^{-3} i 2006.

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 µg m^{-3}, 2006.

Målested	Totalt antall		100 µg m^{-3}		160 µg m^{-3}		180 µg m^{-3}		Høyeste timemiddelverdi	
	Timer	Døgn	h	d	h	d	H	d	µg m^{-3}	Dato
Prestebakke	8731	365	394	42	2	1			174,2	2006-06-13
Hurdal	8736	365	476	47	8	1	1	1	185,8	2006-06-13
Birkenes	8626	365	472	65	5	3			164,0	2006-05-11
Sandve	8352	354	468	50	8	2			175,1	2006-06-12
Kårvatn	8720	365	467	47					157,9	2006-05-07
Tustervatn	8713	365	397	33	15	4	1	1	181,2	2006-06-12
Karasjok	8725	365	463	37					160,0	2006-06-13
Zeppelinfjellet	8549	364	487	36	9	2			164,6	2006-05-04
Sum datoer		365		113		4		2		



Figur 7. Middelkonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1981-2006.

Figure 7. Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1981-2006.

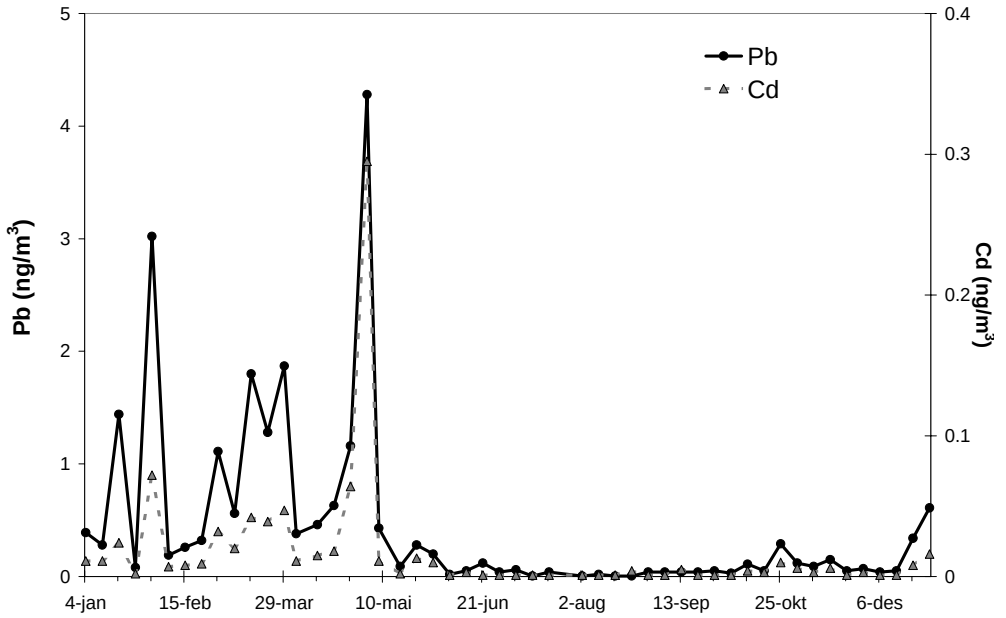
4.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP)

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 er 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, *Figur 4*, men dette har bl a sammenheng med at nedbørmålingen 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 2-3 ganger lavere enn 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 denne perioden. Den største episoden registreres for perioden 3-5 mai. Dette var en periode med store branner i Øst-Europa og transport av forurensninger fra dette området ble ført helt til Arktis (Stohl et. al. 2006). Denne episoden observeres også av de andre overvåkningsdataene. Konsentrasjonene av tungmetaller på Zeppelinfjellet viser ikke noen trend i luftkonsentrasjonen for den perioden det er utført målinger.

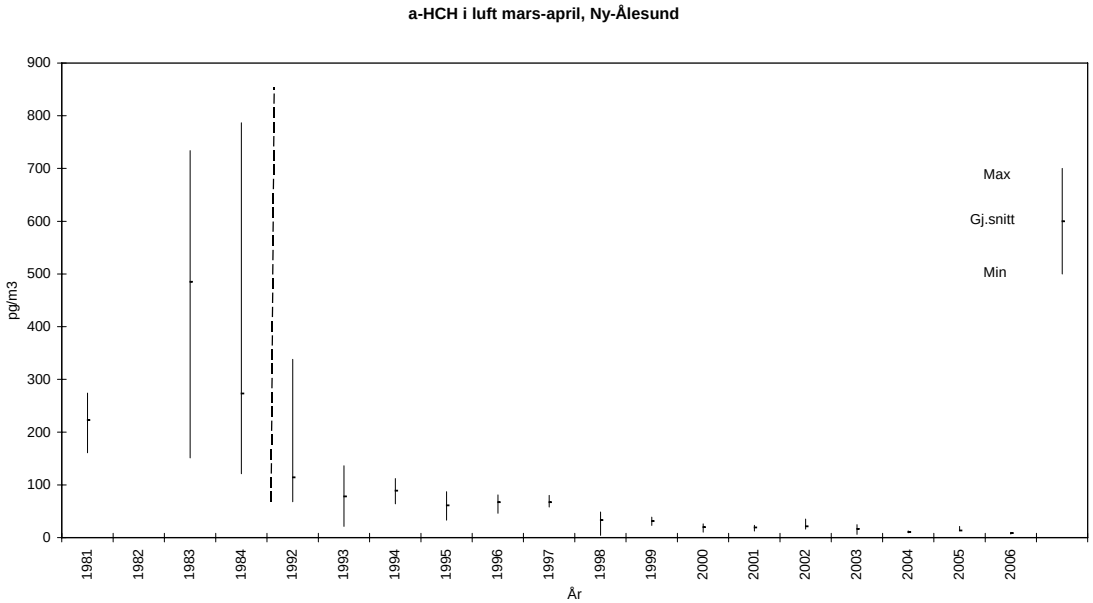
2006 er det andre året med målinger av organiske miljøgifter på Birkenes etter at prøvetakeren ble flyttet fra Lista. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen for summen av α- og γ-heksaklorsykloheksan (HCH) i år 2006 var 17,7 pg m^{-3}. Dette er noe lavere verdi enn den som ble observert året før. Ofte har man observert en tydelig økning av HCH-konsentrasjonen om våren og sommeren, denne sesongvariasjonen kan tilskrives bruk av pesticidet lindan (som består av minst 99% γ-HCH), som fortsatt er i bruk i en del europeiske land. Dette bekreftes på Birkenes i 2006.

I 2004 ble måleprogrammet på Birkenes utvidet til også å omfatte syv enkeltforbindelser (kongenerer) fra gruppen polyklorerte bifenyler (PCB). Middelverdien for sum PCB på Birkenes for 2006 var 6,80 pg m^{-3} (2004: 5,26 pg m^{-3}, 2005: 6,97 pg m^{-3}). For de samme kongenerer var den tilsvarende sum PCB 5,26 pg m^{-3} på Zeppelin i 2006. På Zeppelinfjellet utføres også målinger av heksaklorsykloheksaner (HCH), heksaklorbenzen (HCB), klordaner, DDT med metabolitter, polyklorerte bifenyler (PCB) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i luft. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen av HCH (sum α- og γ-HCH) på Zeppelinfjellet i 2006 var 12,7 pg m^{-3}. Som på Lista/Birkenes observeres en nedgang i konsentrasjonen av α-HCH i luft på Zeppelin/Ny-Ålesund (*Figur 9*), verdien for 2006 var den laveste observert på Zeppelinfjellet. Dette gjenspeiler redusert bruk av teknisk blanding av dette sprøytemiddelet.



Figur 8. Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2006.

Figure 8. Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2006.



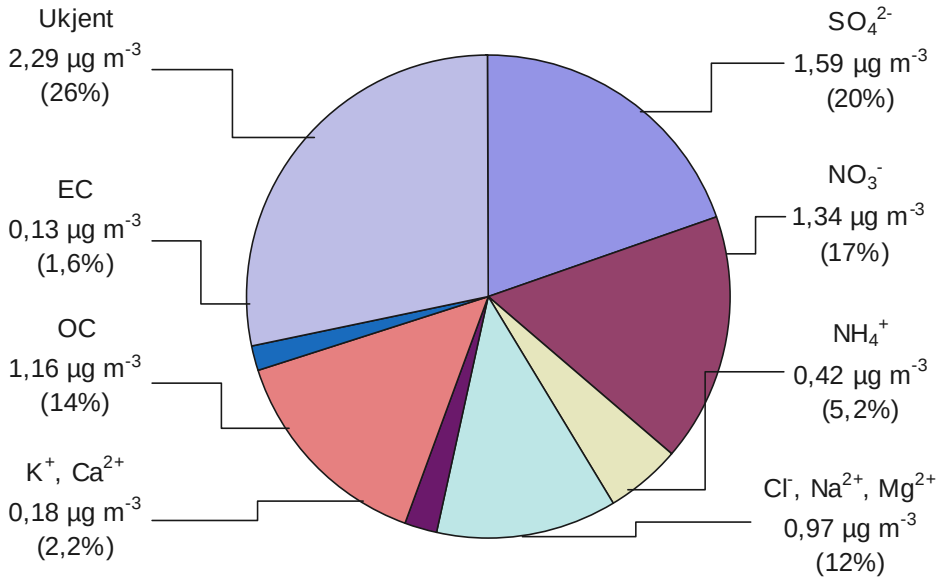
Figur 9. α-HCH i luft i perioden mars-april på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund.

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

4.7 Partikler (PM_{10}, $PM_{2,5}$ og PM_1) i luft på Birkenes

Partikler har vært et fokusområde de siste årene pga av 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. Partiklenes kjemiske sammensetning gir informasjon om utslippskilder samt fysiske og kjemiske prosesser som finner sted i atmosfæren.

For 2006 var årsmidlet av PM_{10} 8,1 µg m^{-3}. Dette er det er det høyeste årsmidlet som har vært rapportert siden målingene startet i 2000. Årsmidlet for PM_{10} ligger imidlertid langt under den årlige grenseverdien satt av EU (40 µg m^{-3}), samt de reviderte retningslinjene fra WHO (20 µg m^{-3}). Det høyeste månedsmidlet ble rapportert for september (15,1 µg m^{-3}) og det laveste for mars (4,7 µg m^{-3}). Månedsmidlet for september er det høyeste som hittil har vært rapportert. For $PM_{2,5}$ var årsmidlet 5,0 µg m^{-3}. Dette er også det høyeste årsmidlet som har vært rapportert siden målingene av $PM_{2.5}$ startet i 2001. Årsmidlet for PM_1 var 3,7 µg m^{-3}. På årsbasis utgjorde $PM_{2.5}$ 61% av PM_{10}, mens 75% av $PM_{2.5}$ kunne tilskrives PM_1. 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 gjennomsnittlig kjemisk sammensetning av (massebalanse) PM_{10} på Birkenes for 2006 er illustrert i *Figur 10***.**



Figur 10. Gjennomsnittlig kjemisk sammensetning (massebalanse) av PM_{10} på Birkenes for 2006.

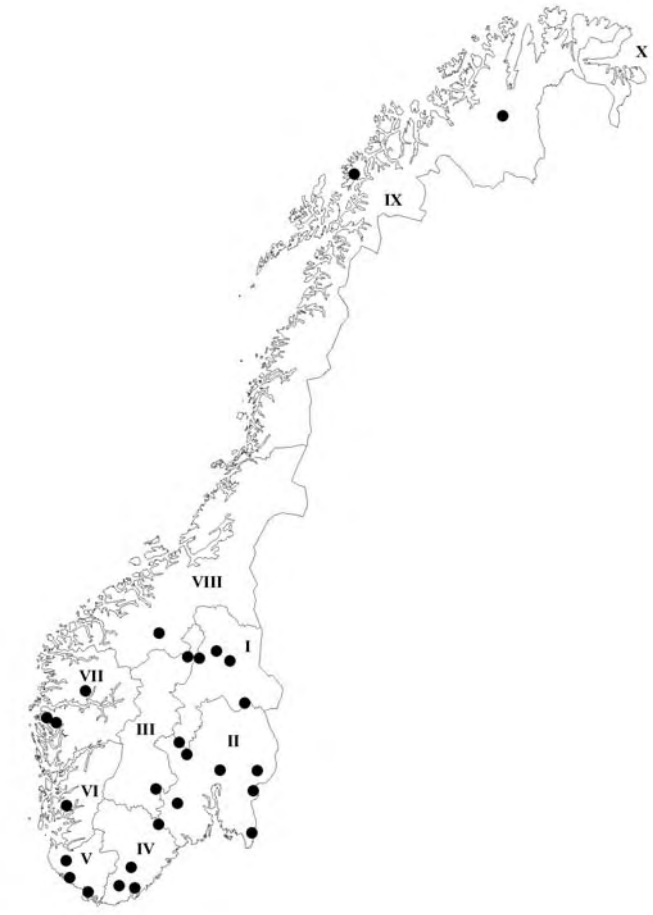
Figure 10. Mean chemical composition of PM_{10} at Birkenes in 2006.

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 forsuringsbelastning innen hver region, samt biogeografiske og meteorologiske forhold. Hovedhensikten med inndelingen er å kunne vise utviklingen av forsuringssituasjonen 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. Oppdeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2006.

Figure 11. Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2006.

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 elver som er kalket (*Figur 12*). Målet for overvåkingen er å registrere konsentrasjonsnivåer og eventuelle kjemiske endringer som et direkte resultat av endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger.

De årlige regionale innsjøundersøkelsene gir informasjon om den generelle regionale vannkjemiske utviklingen i innsjøer i hele Norge. 79 innsjøer fordelt over hele landet er prøvetatt årlig siden 1986.

Elveundersøkelsene er i hovedsak konsentrert om lakseførende elver. I 1980 ble det valgt ut 20 elver som egnede overvåkingsobjekter. Alle elvene som fremdeles overvåkes, er kalket. Disse elvene blir overvåket på samme måte som tidligere, for å se på endringene i sulfat og nitrat (som ikke blir påvirket av kalking) og virkningene av kalkingen.

Hensikten med overvåkingen i feltforskningsområdene er å registrere endringer i kjemisk sammensetning i avrenningsvannet i små nedbørfelt med forskjellig atmosfærisk tilførsel, geologi og vegetasjon samt 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. Lokaliteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2006.

Figure 12. Locations in the surface water monitoring programme 2006.

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 forsuring på vannlevende organismer, og er dessuten nødvendig for å kunne evaluere effekten av forsuringsreduserende tiltak over tid. Utvalget av overvåkingslokaliteter for biologiske

undersøkelser er mindre egnet for å studere regionale forskjeller i forsuringsskader 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 2006 ble totalt 27 innsjøer undersøkt (*Figur 11*). Hovedvekt ble lagt på region I (Østlandet - Nord) og region II (Østlandet - Sør) 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 elleve 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. forsuring/ forsuringsskader. 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. For å kunne gjøre en vurdering av forsuringstilstanden 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 forsuringsskader (biologi) må man i tillegg kjenne til og ta høyde for eventuelt andre skadeårsaker (reguleringer, overfiske, andre forurensninger med mer). Andre skadeårsaker enn forsuring er forsøkt begrenset gjennom utvalget av overvåkingslokaliteter. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget for vurdering av forsuringstilstanden i Norge og dessuten tilpasse en slik klassifisering til kriteriene gitt for vurdering av økologisk tilstand i hht. Vannrammedirektivet.

For bunndyr bestemmes forsuringsstatus ut fra den registrerte artssammensetningen. Basert på forekomst/fravær av forsuringsfølsomme arter beregnes en forsuringsindeks (verdi: 0-1) for hver lokalitet. Når det gjelder krepsdyrene er det en total vurdering av samfunnene, basert på artssammensetning, artsrikdom 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 forsuringsskadene enn en vurdering basert på bunndyrene eller krepsdyrene alene. *Figur 18* presenterer en slik samlet vurdering. Mulige responsforskjeller mellom krepsdyrene og bunndyrene vil imidlertid kunne bli kamuflert.

Eventuelle forsuringsskader 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 (*Tabell 2* og *Tabell 3*). Nedgangen i sulfat varierer fra 34 % for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 68 % for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2006, mens enkeltlokaliteter i Sør-Norge viser reduksjoner > 70 % for perioden 1980-2006. Fra 2001 har nedgangen i sulfat i nedbør flatet ut (avsnitt 4.2) samtidig ser vi også en klar utflating av sulfat i overvåkingslokalitetene (*Figur 13*). Mange av regionen viser samme eller litt høyere konsentrasjonsnivå av sulfat i 2006 som i 2005.

Deposisjon av nitrat og ammonium viser signifikant nedgang på flere av overvåkings-stasjonene (avsnitt 4.2). Innsjøovervåkingen viser generelt høyere nitrat-konsentrasjoner i årene før 1996 enn årene fra 1997 og frem til i dag (*Figur 14*). Fra 2005 til 2006 har det vært en kraftig nedgang i nitrat i flere av regionene i Sør-Norge. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles i de områdene av Norge der nitrogen deposisjonen er høyest (region V Sørlandet-Vest).

Nedgangen i sulfat gjennom overvåkingsperioden har hatt en tydelig innvirkning på vannkjemien i alle lokalitetene innen overvåkingsprogrammet. Hele landet sett under ett (*Figur 13 og Figur 14*) vist en klar økning i pH, syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og alkalitet, mens labilt aluminium (uorganisk ”giftig” aluminium) har avtatt. Fraværet av nedgang i sulfat fra 2005 til 2006 reflekteres på samme måte i vannkjemien ved at pH har gått noe ned og at det ikke har vært noen endring i labilt aluminium.

Statistisk beregning av trender for viktige forsuringsparametere fordelt på regioner (*Tabell 2*) viser ingen store endringer fra tidligere på tross av utflatingen fra 2005 til 2006. Det vi imidlertid ser er at endringen per år blir mindre. Organisk karbon (TOC) som er fulgt med interesse de siste årene pga økende trend, viser fremdeles en økende trend, og det er nå 8 av 10 regioner som viser signifikant økende trend for TOC, mot 7 regioner i 2005.

Tabell 2. Tosidig regional Kendall test og estimert trend for perioden 1990-2006. 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^+, alkalitet og ANC er µekv L^{-1} $år^{-1}$, labilt Al µg L^{-1} $år^{-1}$, TOC mg C $L^{-1}$$år^{-1}$.*

Table 2. Two-sided regional Kendall tests for trends for the period 1990-2006. Values are estimated trends. Significant results (p < 0,05) shown in yellow (decreasing) and blue (increasing). Units for SO_4, NO_3, H^+, alkalinity and ANC are µeq L^{-1} yr^{-1}, labileAl µg $L^{-1}$$yr^{-1}$, TOC are mg C L^{-1} yr^{-1}.*

Region	n	SO_4*	NO_3	H^+	Alkalitet	ANC	Labilt Al	TOC
I. Østlandet - Nord	17	-1.80	-0.03	-0.17	0.75	2.86	-0.33	0.23
II. Østlandet - Sør	252	-3.30	-0.11	-0.20	0.00	2.80	-3.43	0.19
III. Fjellr. - Sør-Norge	65	-0.89	-0.21	-0.08	0.93	2.09	-0.60	0.02
IV. Sørlandet - Øst	235	-1.59	-0.21	-0.38	0.00	2.07	-4.00	0.06
V. Sørlandet - Vest	184	-1.81	-0.25	-0.77	0.00	2.84	-7.80	0.05
VI. Vestlandet - Sør	50	-0.92	-0.12	-0.27	0.00	1.59	-1.50	0.01
VII. Vestlandet - Nord	85	-0.45	-0.06	-0.15	0.00	0.98	-0.82	0.00
VIII. Midt-Norge	170	-0.34	-0.03	-0.03	0.55	1.20	0.00	0.01
IX. Nord-Norge	84	-0.49	-0.03	-0.04	0.78	1.35	-0.09	0.02
X. Øst-Finnmark	185	-1.07	-0.01	-0.01	0.71	1.83	0.00	0.00

Tabell 3. Endring i ikke-marin sulfat per år i µekv L^{-1} for perioden 1980 til 2006 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2005 for innsjøene. Tallene er basert på lineær regresjon.

Table 3. Changes in non-marine sulphate per year in µeq L^{-1}. Time period 1980 to 2006 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2006 for lakes. The results are based on linear regression.

Innsjøer

Region	Antall innsjøer	1986 SO4* µekv L^{-1}	2006 SO4* µekv L^{-1}	% endring fra 1986-2006
I. Østlandet - Nord	1	57	25	-56
II. Østlandet - Sør	2	100	32	-68
III. Fjellregion - Sør-Norge	3	34	13	-61
IV. Sørlandet - Øst	4	63	23	-64
V. Sørlandet - Vest	5	59	21	-64
VI. Vestlandet - Sør	6	34	12	-65
VII. Vestlandet - Nord	7	19	9	-55
VIII. Midt-Norge	8	18	10	-43
IX. Nord-Norge	9	19	9	-52
X. Øst-Finnmark	10	73	48	-34

Elver (alle er kalket)

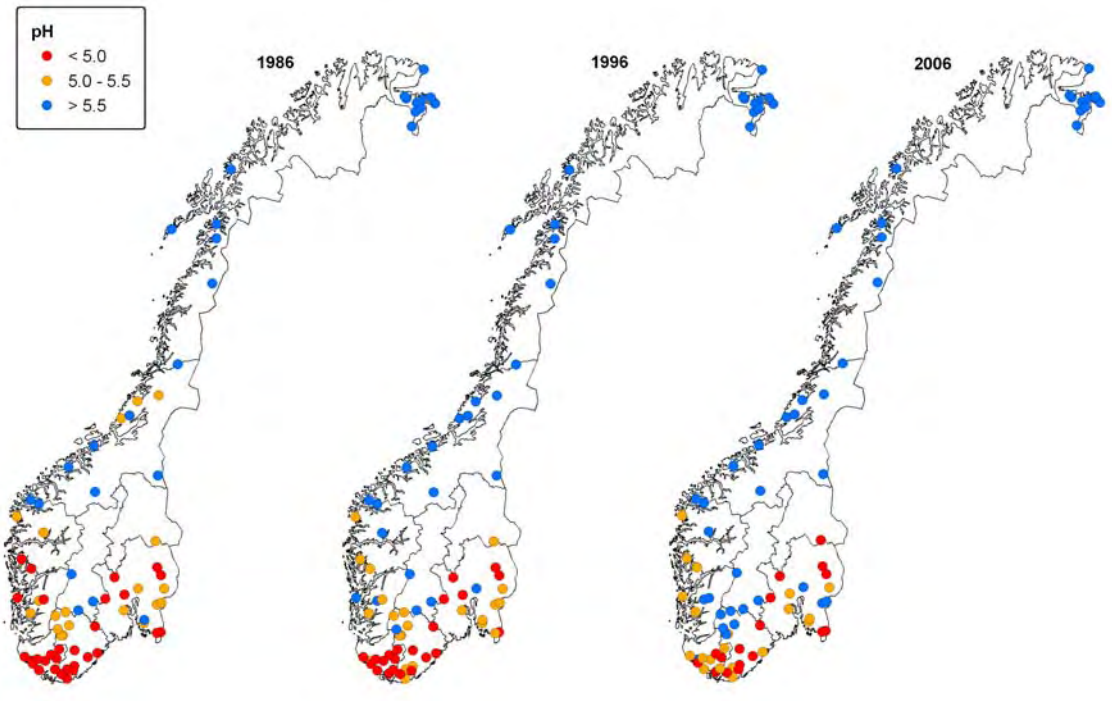
	Region	1980 SO4* µekv L^{-1}	2006 SO4* µekv L^{-1}	% endring 1980-2006
Gjerstad	IV	111	46	-58
Nidelva	IV	83	36	-57
Bjerkreim	VI	51	24	-53
Årdalselva	VI	34	17	-49
Ekso	VII	32	14	-57

Feltforskningsstasjoner

Langtjern	II	74	21	-72
Storgama	II	81	18	-77
Birkenes	IV	128	45	-65
Kårvatn	VIII	15	8	-46

Overvåkingen i 2004 viste at ca. 60% av økningen i ANC var forårsaket av nedgang i sulfat, mens ca. 30% var forårsaket av økning i ikke-marin Na. I 2003 var det en markert økning i ikke-marin Na som ga store utslag på resten av vannkjemien (*Figur 14*). I 2004 og 2005 gikk ikke-marin Na tilbake til mer normale nivåer. ANC og pH gikk derfor noe ned fra 2003 til 2005 i mange av regionene, selv om trenden totalt sett er økende sett over flere år. Ikke-marin kalsium og magnesium viser en økning fra 2005 til 2006 og dette sammen med at det er små endring i sulfat resulterer i en fortsatt markert økning i ANC.

Trender for perioden fra 1986 til 2005 for de 10 ulike regionene er framstilt i *Figur 15- Figur 17*. Hvert punkt på disse kurvene representerer gjennomsnitt av et antall innsjøer (*Tabell 3*). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år, siden 1986.

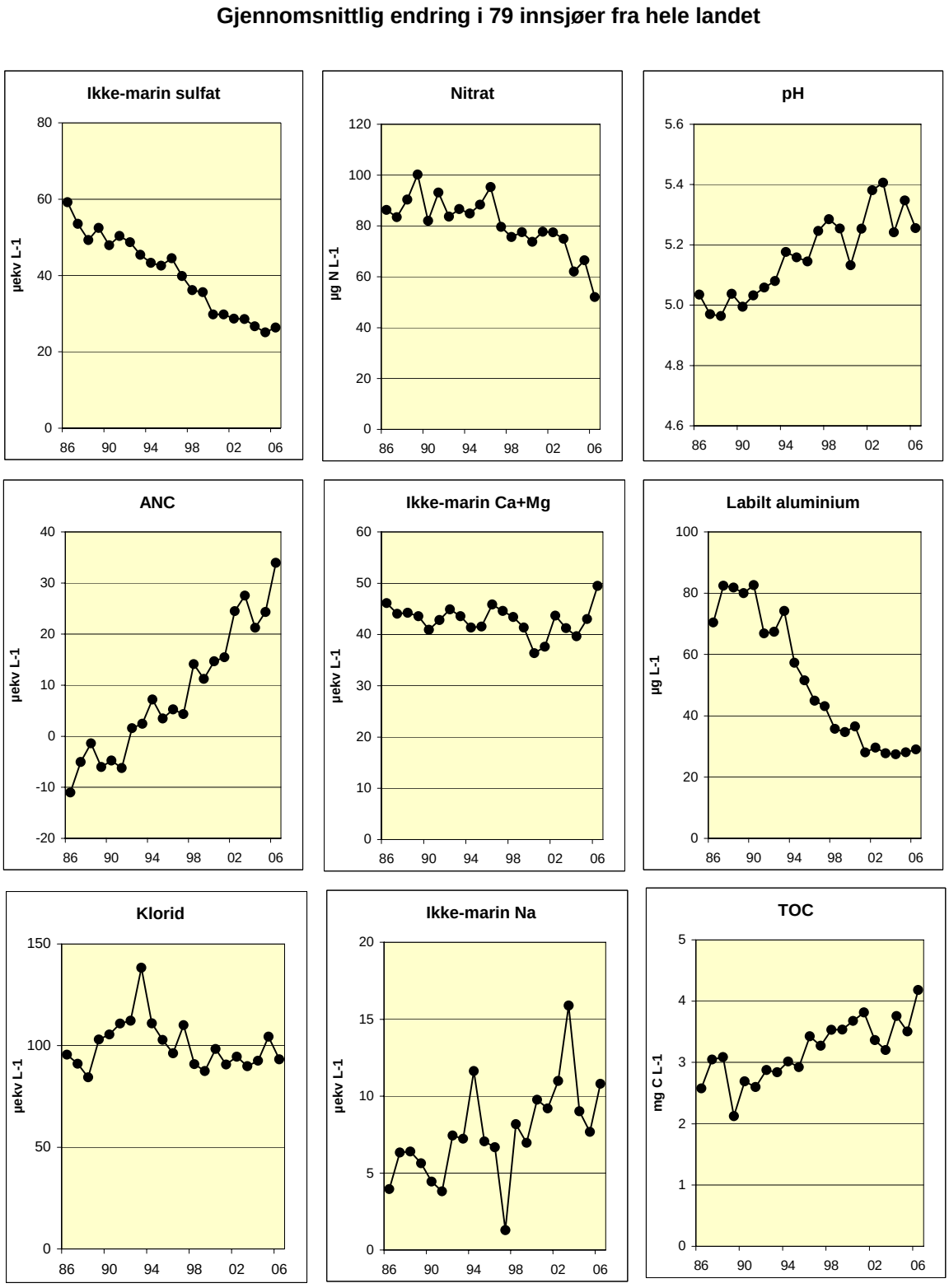


Figur 13. pH i overvåkingsinnsjøene i 1986, 1996 og 2006. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forsuringssituasjonen.

Figure 13. pH in the monitoring lakes in 1986, 1996 and 2006. . The figures clearley illustrate the improvement in surface water acidification.

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 forsuring. Siden 2001 har konsentrasjonen av ikke-marin sulfat flatet ut på et nivå mellom 25-28 µekv L^{-1}. I denne regionen har vi bare en lokalitet, men den er typisk for forsuringsfølsomme sjøer i denne regionen. 2006 viser markert endring i enkelte parametere, og det er for tidlig å si om dette er varig, eller bare et utslag av spesielle forhold ved prøvetakingen høsten 2006. 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 mg L^{-1} i 2005 til 13,5 mg 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 µekv L^{-1}. Siden 1998 har verdien vært > 35 µekv L^{-1}, og i 2006 finner vi den høyest registrerte verdien så langt (66 µekv L^{-1}). Årsaken til dette er en markert oppgang i kalsium og magnesium. Labilt Al (den formen som er antatt giftig for fisk) var i perioden frem til 1990 opp til 37 µg L^{-1}, men har siden 1991 (med unntak av 2005) vært < 10 µg L^{-1}. Nitrat viser ingen systematiske endringer i perioden, mens organisk karbon (TOC) viser statistisk signifikant økning.



Figur 14. Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 79 innsjøer fra 1986-2006 fordelt over hele landet (se Figur 12).

Figure 14. Trends in average concentrations of a selection of components in 79 lakes from 1986-2006 all over Norway (see Figure 12 for locations).

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^{-1}. 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 forsuringssituasjonen gjennom overvåkingsperioden. Sulfat er redusert med gjennomsnittlig 68 % fra 1986 til 2006 i de 15 sjøene som representerer denne regionen og sulfatkonsentrasjonene i 2005 og 2006 (begge år 37 µekv-1) er de laveste som er registrert. Gjennomsnittsverdien for pH var < 5,0 fram til 1993, fra 1994 til 2003 var gjennomsnittsverdien for pH > 5,0 og < 6,0 med unntak av høsten 2000 (pH 4,87) som var preget av flom. Fra 2004 har pH vært > 6.0. ANC viser en jevnt økende trend. Fra 1986 til 1991 var gjennomsnittlig ANC ca. 0 µekv L^{-1}, i perioden 1992-1997 15-20 µekv L^{-1}, 1998-2003 25-40 µekv-1 og siden 2003 > 40 µekv L^{-1}. Målingene i 2006 (gjennomsnittsverdi 57 µekv L^{-1}) er den høyeste registrert så langt. Innsjøene som representerer denne regionen, hadde ikke alkalitet fram til 1993 (< 1 µekv L^{-1}). Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp og nivået er omkring 10 µekv L^{-1}. Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994 > 90 µg L^{-1}, men har siden avtatt markert og fra 2001 til 2005 har labilt Al vært < 60 µg L^{-1}. Det er en klar nedgang i nitrat (statistisk signifikant for perioden 1990-2006) og gjennomsnittsverdien for 2006 (30 µg N L^{-1}) er den laveste som er registrert så langt. TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet; fra < 9 mg C L^{-1} frem til 1997, til foreløpig høyeste registrerte gjennomsnittsverdi på 10,6 mg C L^{-1} i 2006.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)
Alle lokalitetene i fjellregionen i Sør-Norge ligger over tregrensa og regionen er dominert av fjellområder med skrinn jord og lite vegetasjon. Dette reflekteres blant annet i lave nivåer av TOC i innsjøene (< 1 mg C L^{-1}) og generelt lavt innhold av basekationer (Ca < 0,6 mg L^{-1}). 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 61 % fra 1986-2006. De siste årene 2000-2006 har gjennomsnittsnivået for sulfat vært tilnærmet uforandret (15-17 µekv L^{-1}), men 2005 og 2006 viser det laveste nivået registrert så langt (15 µekv L^{-1}). ANC har vist en jevn økning i hele perioden fra < 10 µekv c fram til 1998 og > 20 µekv L^{-1} siden 2000. I 2006 var gjennomsnittsverdien på 32 µekv L^{-1} den høyeste som er registret så langt. ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy i dette området pga. det generelt ionefattige vannet. Labilt Al viser en kraftig nedgang; fra et gjennomsnittsnivå på > 35 µg L^{-1} i perioden 1986-1990 til konsentrasjoner < 10 µg L^{-1} etter 2001. Nitrat viser nedgang fra nivåer > 60 µekv L^{-1} før 1999 og < 55 µekv L^{-1} siden 2000. Gjennomsnittskonsentrasjonen i 2006 på 31 µg N L^{-1} er den laveste som er registret så langt. TOC viser en svak økning gjennom overvåkingsperioden.

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 høyt. Det er bare region II som har høyere sulfatnivå. Nedgangen i sulfat i de 14 innsjøene som representerer denne regionen har vært 64 % fra 1986-2006. Nedgangen i sulfat har flatet noe ut de siste årene, men den laveste verdien så langt er registrert i 2005 (23 µekv L^{-1}). Regionen må karakteriseres som sterkt forsuret, men det er klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH har vært < 5 fram til 1993 og > 5,1 siden 2002. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner < -20 µekv L^{-1} fram til 1991. Siden 1998 har gjennomsnitts-nivået vært > 0 µekv L^{-1} og i 2006 er gjennomsnittskonsentrasjonen 20 µekv L^{-1}. Tilsvarende gjelder for alkaliteten som fram til 1993 var < 0 µekv L^{-1}. Fra 1994 til 2006 har alkaliteten økt gradvis til

7 µekv L^{-1}. Labilt Al har avtatt fra nivåer > 100 µg L^{-1} fra 1986-1993 til < 45 µg L^{-1} siden 2001. Det er en avtagende trend i nitrat fra konsentrasjoner > 130 µg L^{-1} fram til 1996, mens gjennomsnittsverdien for 2005 er 60 µg L^{-1}. TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå < 3 mg C L^{-1} fra 1986-1995 til > 3 mg C L^{-1} siden 1996. Gjennomsnittskonsentrasjonen for TOC i 2006 (4,3 mg L^{-1}) er den høyeste som er registrert så langt.

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 2006 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (4,99) og alkalitet (1 µekv L^{-1}) og de høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al (50 µg L^{-1}) av alle de ti regionene. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjon av nitrat (172 µg 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 (64 %) fra 1986 til 2006, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. ANC har økt fra konsentrasjonsnivåer < -50 µekv L^{-1} til nivåer opp mot 0 µekv L^{-1}, og er i 2006 for første gang positiv (2 µekv L^{-1}). Labilt Al viser nedgang fra konsentrasjoner > 165 µg L^{-1} i perioden 1986-1994 til < 100 µg L^{-1} fra 1998-2005. Den laveste gjennomsnittsverdien på 50 µg L^{-1} ble registrert i 2006. Nitrat viser nedgang og gjennomsnittskonsentrasjonen i 2006 (172 µg L^{-1}) er den laveste som er registrert i overvåkingsperioden. TOC viser en svakt økende trend med lavere konsentrasjoner før 1994 (<2,3 mg C L^{-1}), enn perioden 1995-2004 (2,3-3,2 mg C L^{-1}). Også i denne regionen er gjennomsnittskonsentrasjonen av TOC i 2006 den høyeste som er registrert.

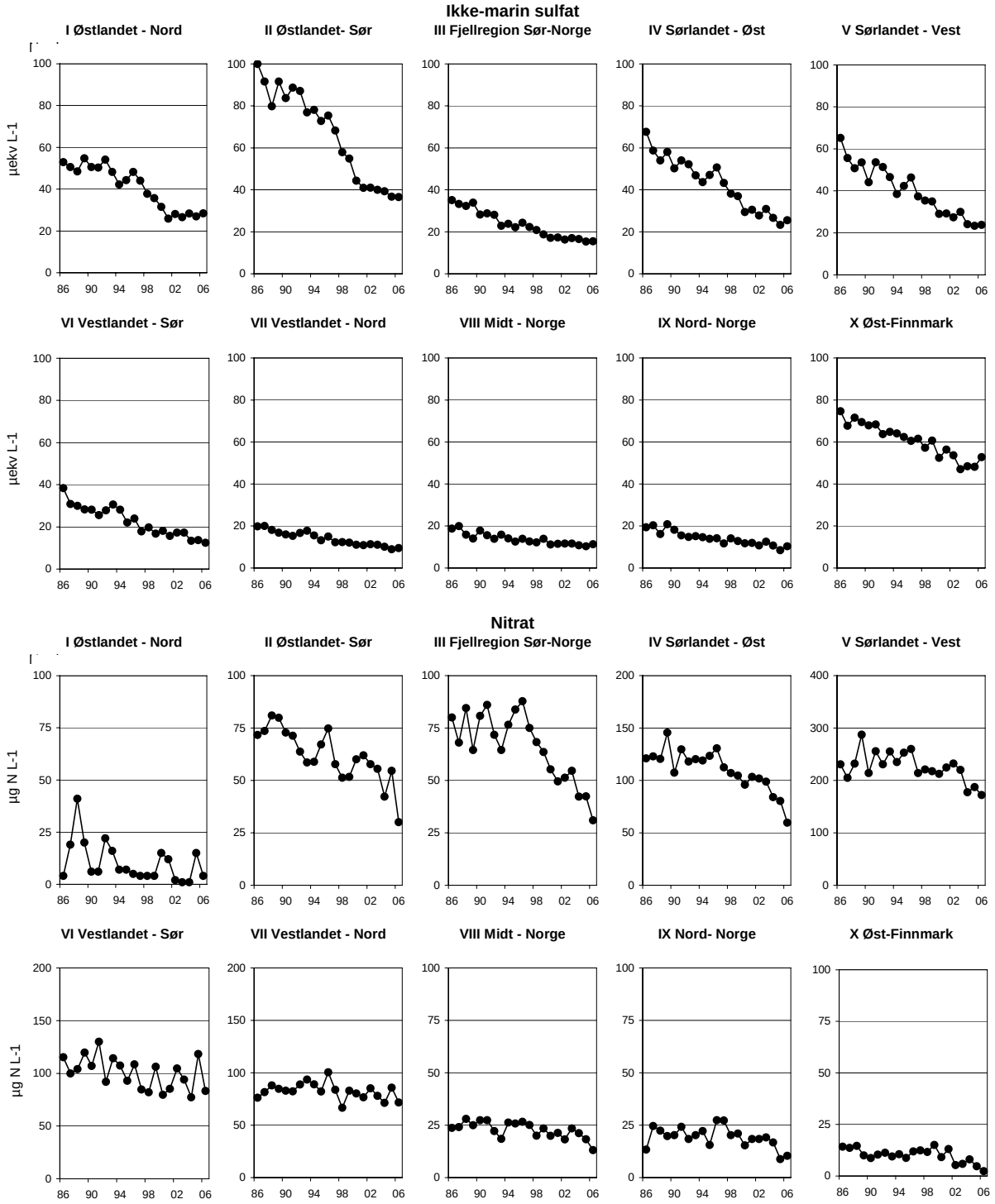
Vestlandet – Sør (region VI)
Regionen Vestlandet-Sør er preget av lite skog og mye åpne heiområder med til dels lite vegetasjon og skrint jordsmonn. Forurensningsbelastningen er moderat. Nedbørsmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortynning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig Ca 0,4-0,5 mg L^{-1}) og TOC (1,5 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 65 % fra 1986 til 2006. Det har bare vært små endringer i sulfatkonsentrasjonen siden 1997, men den laveste observasjonen så langt er registrert i 2006 (12 µekv L^{-1}). Denne regionen viste for første gang i 1996 en gjennomsnittlig positiv ANC, men ANC har variert en del fra år til år. I 2005 var gjennomsnitts ANC 25 µekv L^{-1}. Den relativt kraftige økningen i ANC fra 2005 til 2006 skyldes en økning i Ca, som i 2006 hadde en gjennomsnittskonsentrasjon på 0,76 mg L^{-1}. Dette har medført at ikke-marine basekationer har økt fra 24 til 42 µekv L-1 fra 2005 til 2006. 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 µg L^{-1} før 1993 og < 15 µg L^{-1} siden 2000. Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig 83 µg 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 forurensnings-belastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i denne regionen er den laveste av alle regionene (Ca < 0,3 mg L^{-1}). Nedgangen i sulfat har

vært markert i overvåkingsperioden (55 %, fra 18 til 9 µekv L^{-1}), og dette har resultert i markerte endringer i forsuringskjemien. ANC har økt fra < -10 før 1991 til 10 µekv L^{-1} i 2006, mens pH har økt fra < 5,2 før 1991 til > 5,4 etter 2002 og labilt Al avtatt fra nivåer > 25 µg L^{-1} til < 10 µg L^{-1} i løpet av de siste 10 årene. Nitrat og TOC viser ingen trender i denne regionen.

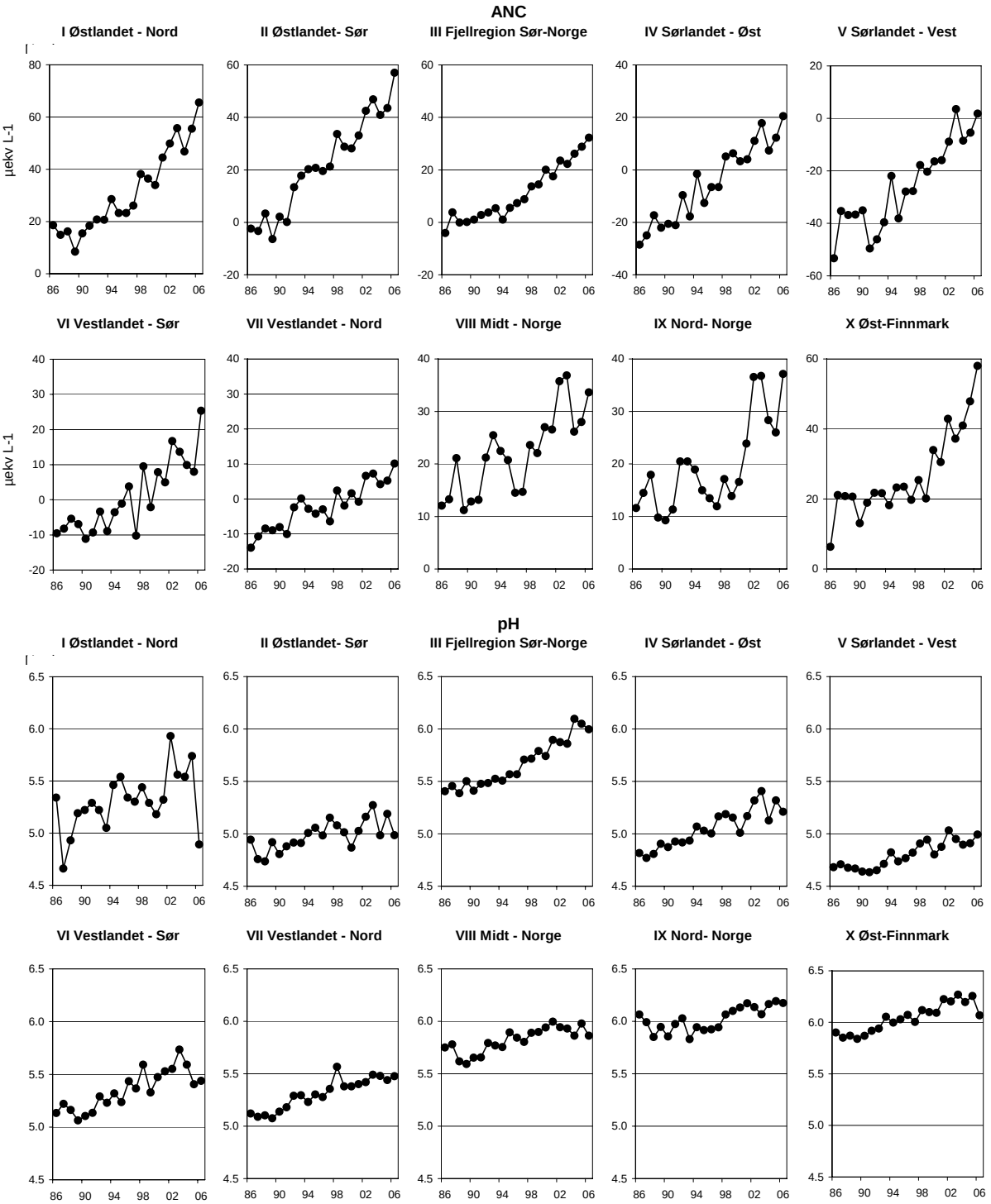
Midt-Norge (region VIII) og Nord-Norge (region IX)
Disse to regionene spenner over store områder med svært variert natur fra vegetasjonsfattig kystlandskap til høyfjell og skogkledte innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfatnivået i innsjøene i disse regionene er nå 8-11 µekv L^{-1}. Region VII, VIII og IX har nå omtrent samme konsentrasjonsnivå av sulfat og 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 regionene, må likevel karakteriseres som svakt sure. Selv i disse regionene med svært lav forurensningsbelastning, ser vi en nedgang i sulfat og økning i alkalitet, ANC og pH og nedgang i labilt Al. Gjennomsnittsverdien av ANC har vært i intevallet 25-40 µekv L^{-1} siden ca 2000. Også i disse to regionen ser vi en økning i ikke-marine basekationer fra 2005 til 2006 og dermed også en økning i ANC. Begge regionene har vist en svak økning i pH fra starten av overvåkingen og nivåene i dag er hhv 6,2 i Region VIII og 6,1 i Region IX. Nitrat viser en svak nedgang selv i disse regionene som i utgansspunktet har veldig lave konsentrasjoner. Gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå av nitrat er i 2006 hhv. 13 og 10 µg N L^{-1} i Region VIII og IX. TOC viser ingen endringer i overvåkingsperioden.

Øst-Finnmark (region X)
Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kola-halvøya og er påvirket av smelteverksindustrien som gir utslipp av svovel, kobber og nikkel. Forurensningsbelastningen av svovel er relativt stor, mens N-deposisjonen er lav. Forurensningsbelastningen i dette området er mer variabel fra år til år enn i Sør-Norge, noe som reflekteres i de vannkjemiske trendene gjennom overvåkingen fra 1986 til 2006. 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. 2006 viser noe laver pH enn de foregående årene. Samtidig ser vi en økende trend i alkalitet og ANC. Sulfat har vist nedgang på 34 % fra 1986 til 2006. Fra 2003-2005 har gjennomsnittsverdien av sulfat vært stabil på 47-48 µekv L^{-1}, mens den i 2006 har øket til 53 µekv L^{-1}.



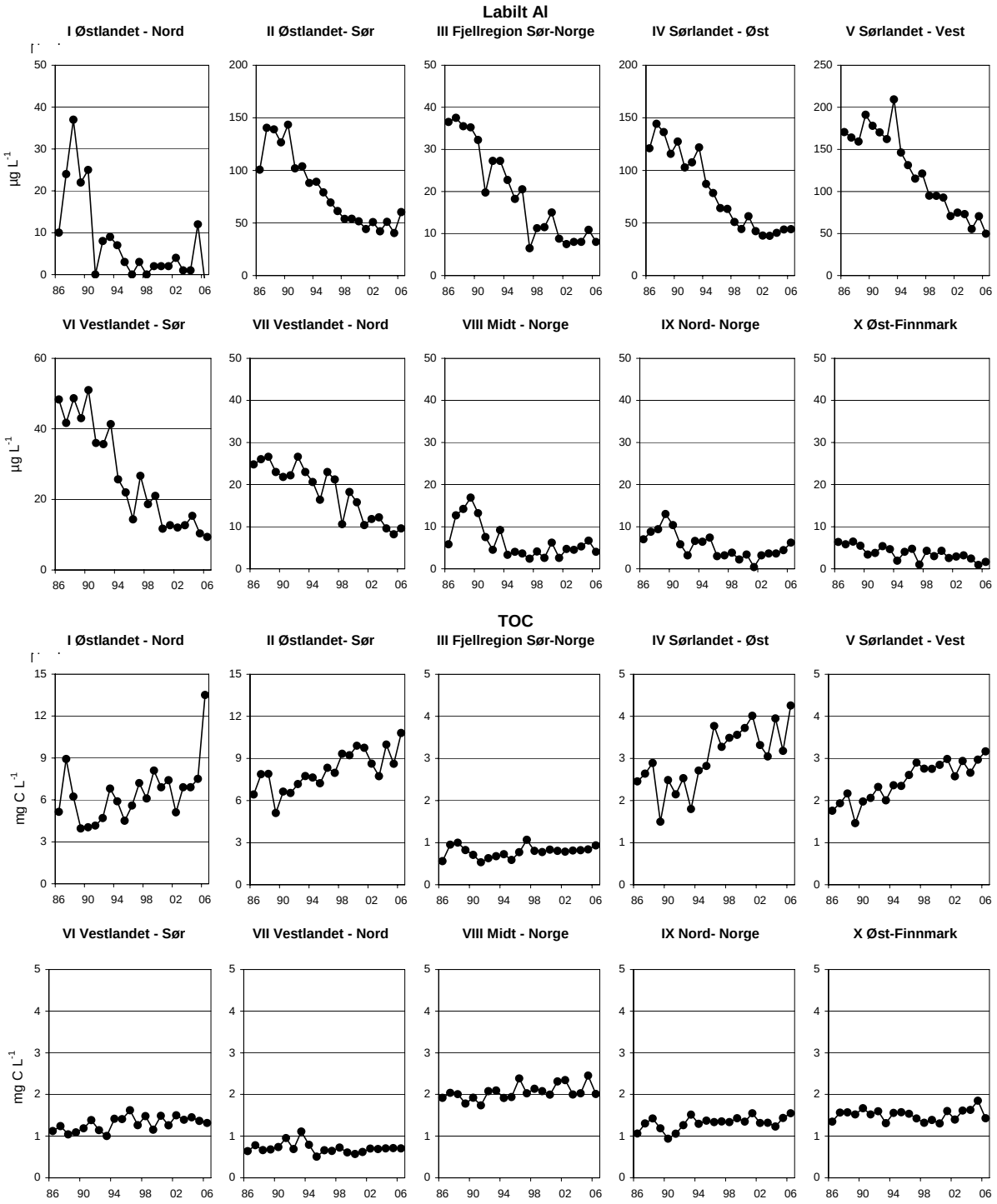
Figur 15. Trender for perioden 1986-2006 for ikke-marin sulfat og nitrat for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på figurene.

Figure 15. Trends for 1986-2006 in non-marin sulphate and nitrate in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis.



Figur 16. Trender for perioden 1986-2006 for ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og pH for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser for ANC.

Figure 16. Trends for 1986-2006 in ANC (acid neutralizing capacity) and pH in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis for ANC.

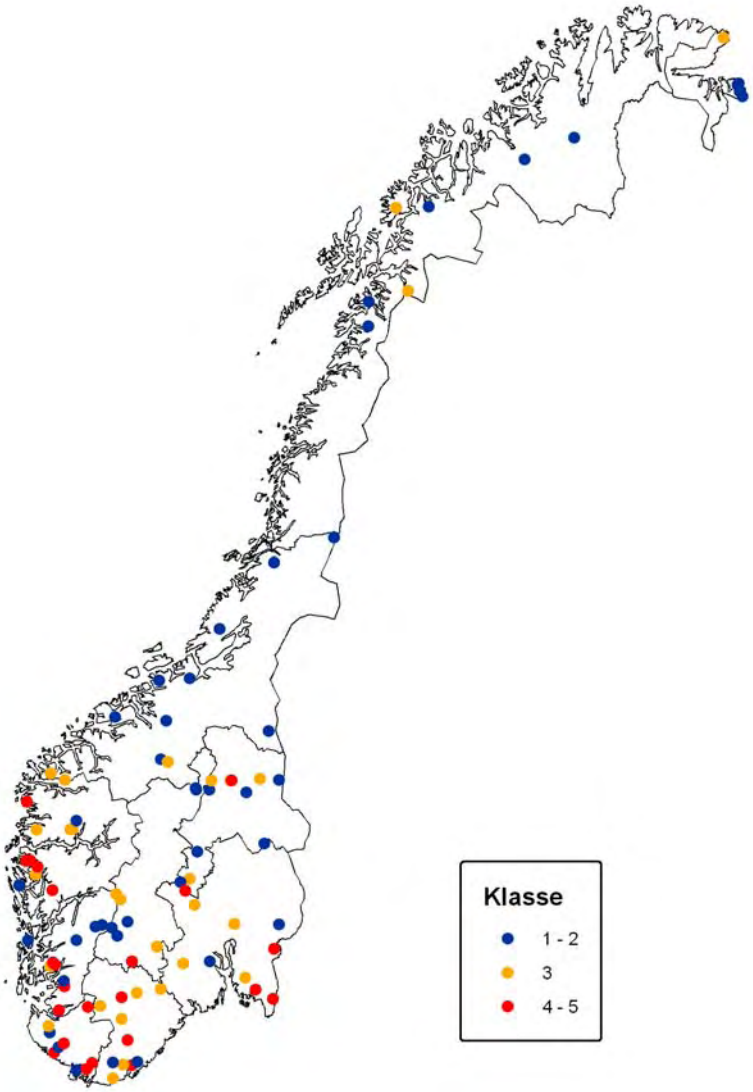


Figur 17. Trender i LAl (labilt uorganisk (bundet) aluminium) og TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2006 for innsjøer i de 10 regionene. NB! Forskjellige y-akser på figurene.

Figure 17. Trends for 1986-2006 in labile Al and TOC in lakes in the 10 regions. Note! Different scale on the y-axis.

5.2 Effekter på akvatisk fauna

Innsjøundersøkelsene av bunndyr og småkreps indikerer at forsuringssituasjonen er fremdeles alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (moderat - sterkt forsuringsskadet) (*Figur 18*). I nordlige deler av Østlandet og Fjellområdene i Sør-Norge er de fleste lokalitetene 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 flest tilfellene ubetydelig skadet, men det finnes også enkelte innsjøer som vurderes til litt forsuringsskadet.



Figur 18. Kart med angivelse av forsuringsskader basert på bunndyr og planktoniske og litorale krepsdyr (innsjøer) fra siste år med data i perioden 1997-2006. Klasse 1-2: ingen/ubetydelig til litt forsuringsskadet, klasse 3: moderat forsuringsskadet, klasse 4-5: sterkt til svært sterkt forsuringsskadet.

Figure 18. Classification of acidification damages based on macroinvertebrates as well as pelagic and littoral microcrustaceans (lakes) from the last year with biological data in the period 1997-2006. Class 1-2: non/insignificant – slightly damaged, 3: moderately damaged; 4-5: severely – very severely damaged.

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 2006 ble det samlet inn prøver fra fire vassdrag. Vosso og Nausta ble ikke prøvetatt. Resultatene viser at forsuringsbildet hadde blitt betydelig bedre i Farsund og Gaularvassdraget. Situasjonen i de andre undersøkte vassdragene var noe bedre enn ved forrige undersøkelse. Sammenlignet med situasjonen tidlig på 1990-tallet er bunndyrfaunaen i alle vassdrag mindre skadet. Forskjellene i skadeomfang mellom de undersøkte vassdragene er også blitt mindre i de senere år.

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 høsten 2006 med en større utbredelse enn tidligere. Som et resultat, gav forsuringsindeksen den høyeste verdien som er registrert i vassdraget (0,93), se *Figur 19*. Sammenlignet med perioden fram til tidlig på 1990-tallet har også flere moderat følsomme arter etablert bestander i lokalitetene. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ($p<0,001$) av forsuringsindeksen i Farsundområdet i de årene overvåkingen har pågått.

Undersøkelsene i Ogna i 2006 viste at forsuringsbildet har stabilisert seg på et betydelig bedre nivå enn tidlig på 1990-tallet. Vår og høst var gjennomsnittlig forsuringsindeks 1 lik 0,81. Dette er også bedre enn den tilstanden som ble registrert ved forrige undersøkelse, i 2004 (*Figur 19*). Vassdraget som helhet, kan karakteriseres som moderat forsuringsskadet. De ukalkete delene av Ogna er svært heterogene med hensyn til forsuring. Deler av vassdraget, spesielt den østlige delen av nedslagsfeltet, har en stabilt god vannkvalitet. Mange av tilløpene fra vest er sure.

Vestlandet - Sør (region VI)
Bunndyrundersøkelsene i de ukalkede delene av Vikedalsvassdraget viste at det er markerte forsuringsskader i deler av nedbørfeltet. Det var bare små forskjeller i skade mellom vår og høst. I Vikedalsvassdraget har det vært en sterkt positiv utvikling som startet rundt 1990 (*Figur 19*). Vassdraget har *refuger* med god vannkvalitet og med en rik bunndyrfauna. Disse lokalitetene inneholder forsuringsfølsomme 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.

Vestlandet - Nord (region VII)
Vossovassdraget er kalket i den nedre delen, og stasjonsnettet i overvåkingsprogrammet omfatter 15 stasjoner i den ukalkede delen av vassdraget. Vassdraget ble ikke prøvetatt i 2006. Tidligere overvåking viser at Vosso har stabilisert seg på et godt nivå. Forsuringssituasjonen er betydelig bedre enn den var da overvåkingen startet i 1993 (*Figur 19*).

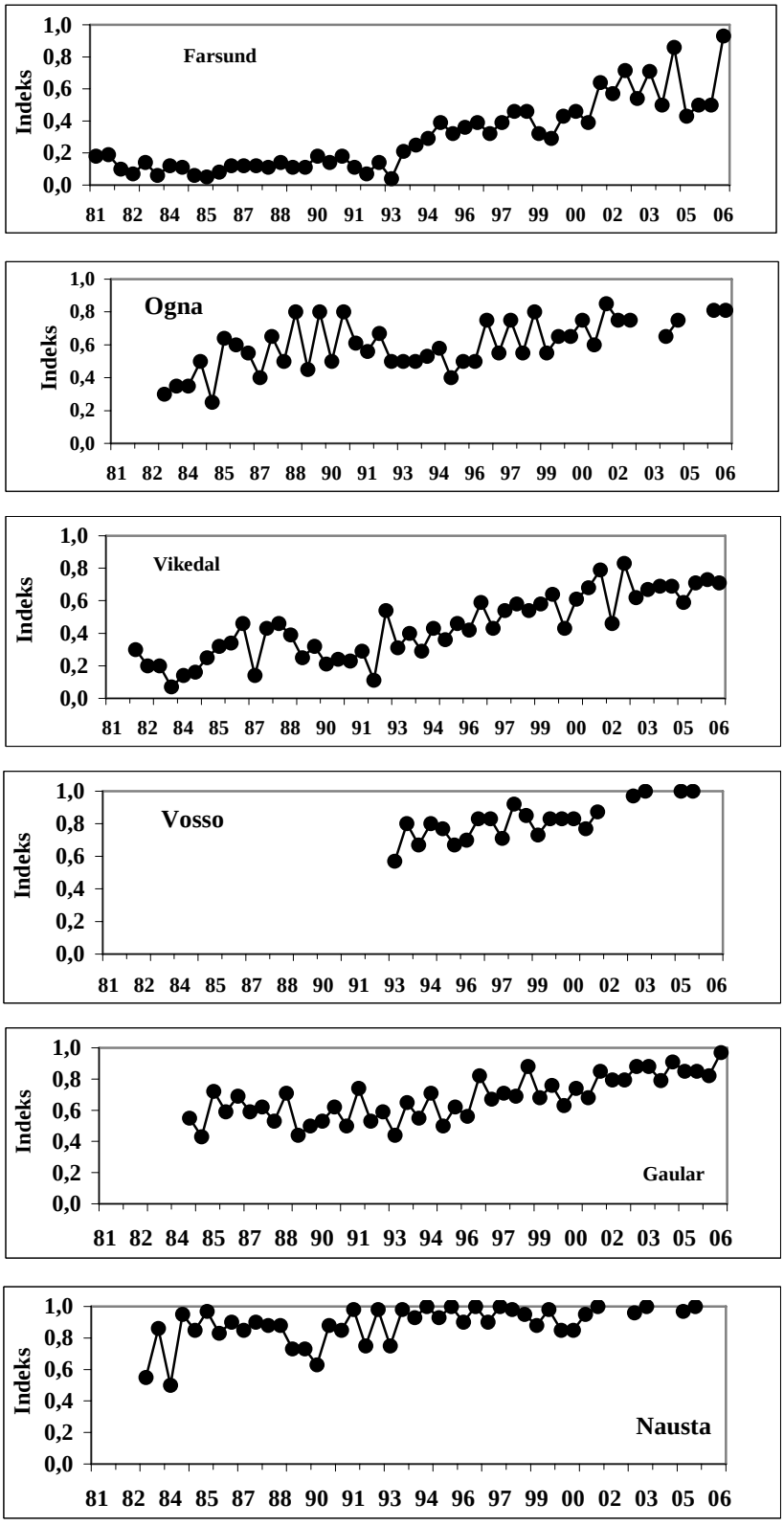
Gaularvassdraget har fortsatt forsuringsskader i Eldalen, men de har avtatt betydelig i de senere år. I 2006 var forsuringsindeksen 0,82 om våren og 0,97 om høsten (*Figur 19*). Sistnevnte verdi er den høyeste som er registrert i vassdraget. Hovedelva nedstrøms Viksdalsvatnet hadde et rikt bunndyrsamfunn, 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 forsuringsskader på bunndyrfaunaen fra overvåkingen startet i 1983, og kan betegnes som det minst forsurete av overvåkingsvassdragene (*Figur 19*). Vassdraget ble ikke prøvetatt i 2006.

Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer

Østlandet – Nord (region I)
De årlige innsjøene Atnsjøen og Stortjørna ble undersøkt i 2006. I tillegg ble det tatt prøver fra Måsabutjørna og Fjellvatnet. I Atnsjøen ble det registrert 2 arter av snegl og 5 arter av døgnfluer hvorav 2 er sterkt - og 2 moderat følsomme for surt vann. Tettheten av den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* var høy på lokalitetene som egnet seg for arten. Dette indikerer en uskadet fauna. Videre var det registrert 6 arter av steinfluer. Blant disse var halvparten følsomme arter. Det ble videre påvist 8 arter av vårfluer. 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 også registrert 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 forsuringsbelastning.

Stortjørna har vist moderat til liten forsuringsskade tidligere. *B. rhodani,* som har hatt sporadisk forekomst i de seneste år, ble ikke registrert i 2006. Vekslingen i forekomst indikerer ustabile forhold og varierende surhetstilstand fra år til år. Det ble registrert flere individer av den moderat følsomme steinfluen *Isoperla grammatica*. Blant vårfluene ble det bare påvist tolerante arter. Stortjørna inneholdt imidlertid relativt mange småmuslinger som er noe følsomme for surt vann. Lokaliteten karakteriseres som noe skadet av forsuring og tilstanden er ustabil. Måsabutjørna og Fjellvatnet ble sist undersøkt i 2002. De bar den gang preg av forsuringsskade. I førstnevnte vatn ble det registrert flere individer av den moderat følsomme vårfluen *Tinodes waeneri*. Dette indikerer en bedring. Fjellvatnet karakteriseres som fortsatt sterkt surt uten tilstedeværelse av følsomme arter.



Figur 19. Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.

Figure 19. Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The index is described in the main report.

Østlandet – Sør (region II)
I region II ble de årlige innsjøene Ø. Jerpetjern, Langtjern og Bredtjern undersøkt. Resultatene fra disse innsjøene viser små endringer i status sammenlignet med foregående år. Den økologiske statusen i Ø. Jerpetjern ble vurdert moderat både vår og høst. I Langtjern ble det i likhet med 2005 påvist småmuslinger, *Pisidium sp*.. Bredtjern hadde en sterkt skadet fauna. Denne situasjonen har vært stabil i overvåkingsperioden. I 2006 ble det i tillegg tatt prøver fra følgende vatn: Store Lysern, Langvatn, Storbørja, Holmsjøen og Nedre Furuvatn. Med unntak av registrering av en moderat følsom art i Langvatn, ble det bare registrert sporadiske forekomster av følsomme vannlopper og småmuslinger. Samlet sett har forsuringsstatusen for disse vatna ikke endret seg sammenlignet med forrige undersøkelse i 2002.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)
I region III ble det samlet inn prøver fra Rondvatn og Heddersvatn. I Rondvatn ble det registrert fem sensitive taksa av bunndyr. Dette er i samsvar med registreringer fra tidligere år. Den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* hadde store tettheter i både inn- og utløpsbekken. Det ble registrert tre arter sensitive steinfluer. Av disse var *Isoperla* sp. og *Arcynopteryx compacta* de vanligste. Innsjøens forsuringsstatus er derfor ikke endret sammenlignet med tidligere. Litoralsonen i Rondvatn hadde færrest følsomme taksa. Den moderat sensitive steinfluen *Diura nanseni* ble registrert her. Innløpsbekken til innsjøen hadde som tidligere flest følsomme taksa og det høyeste individantallet. I Heddersvatn ble det funnet fire moderat følsomt taksa. Dette er en positiv utvikling sammenlignet med de foregående årene, da det bare har vært registrert 1 - 2 sensitive taksa. Våre registreringer i region III viser at følsomme insektarter kan forekomme i meget tynn vannkvalitet. Dette kommer særlig til syne i Rondvatnet som er svært ionefattig.

Sørlandet - Øst (region IV)
I region IV ble Bjorvatn, Lille Hovvatn og Sognevatn 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. I senere år, inklusive 2006, er ikke muslingene gjenfunnet og innsjøen fremstår som meget sterkt forsuringsskadet. I Lille Hovvatn ble den moderat følsomme døgnfluen, *Siphlonurus sp*. påvist i strandsonen. I tillegg ble det funnet et eksemplar småmuslingen *Pisidium* sp. Begge taksa har vært fraværende i de seneste årene, og tilstedeværelsen i 2006 kan tyde på at Lille Hovvatn 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 artene var de sterkt følsomme døgnfluene *Baetis rhodani og Caenis horaria*, og vårfluene *Hydropsyche* sp. og *Tinodes waeneri*. De fleste registreringene ble gjort i utløpet. I selve vatnet ble det, i likhet med 2005 også påvist svært følsomme døgnfluer. Sognevatnet og utløpselva er lite forsuringsskadet. Den lave forekomsten av sensitive organismer i innløpet tyder på en moderat skade, men denne viskes ut i innsjøen og i utløpet.

Sørlandet - Vest (region V)
I region V ble innsjøene Saudlandsvatn, Ljosvatn og Lomstjørni undersøkt. I Saudlandsvatn, som undersøkes årlig, ble det i 2006 påvist 9 følsomme taksa, omlag det samme som i årene før. Den sterkt sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* ble registrert i innløpsbekken. Denne arten ble først påvist i 1995. Bestanden har vært ustabil og arten var fraværende i årene 1998 - 2000. I de fire påfølgende årene viste denne døgnfluen en positiv utvikling. I 2005 var arten igjen fraværende, sannsynligvis grunnet sjøsaltepisoder tidlig på året. De seneste års resultater viser at forekomstene av 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 *Siphlonurus 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 2006. Lokaliteten vurderes fortsatt som meget sterkt forsuringsskadet slik situasjonen har vært i hele overvåkingsperioden. I Lomstjørni ble det funnet 7 følsomme taksa bestående av meget følsomme og moderat følsomme arter. Antall følsomme individ er økende, og lokaliteten fremstår nå som lite forsuringsskadet. Resultatene fra innsjøene som undersøkes årlig i region V indikerer en økning i biologisk mangfold.

Vestlandet - Sør (region VI)
I region VI ble Røyravatnet undersøkt i 2005. Etter mange år med sterk forsuringsskade viser Røyravatnet tegn til en begynnende gjenhenting av bunndyrfaunaen i de siste tre årene. I 2006 ble det registrert flere sensitive bunndyrtaksa i lokaliteten: døgnfluen *Baetis rhodani*, steinfluen *Diura nanseni* og vårfluene *Lepidostoma hirtum* og *Hydropsyche siltalai*. Funnet av *Baetis* i utløpselva er det første som er registrert i løpet av de 25 årene overvåkingen av lokaliteten har pågått. Røyravatn synes nå å føye seg til den generelle positive utviklingen for regionen, se elveundersøkelsene.

Vestlandet - Nord (region VII)
I region VII ble de årlige innsjøene Markusdalsvatn, Nystølvatn og Svartetjern undersøkt. Bunnfaunaen i Markusdalsvatn viste meget sterk forsuringsskadet fauna frem til 1999. Fra dette året er det sporadisk registrert moderat sensitive bunndyrarter i lokaliteten. I 2006 ble det registrert to følsomme taksa, steinfluen *Isoperla grammatica* og vårfluen *Lepidostoma hirtum*. 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. Det ble registrert fem moderat følsomme taksa, litt flere enn i de foregående år. Ved undersøkelsene i 2006 ble døgnfluen *Baetis rhodani* for første gang registrert i utløpselva av Nystølvatnet. I løpet av den perioden vassdraget har vært overvåket har denne arten spredd seg oppover denne sidegreina av Gaularvassdraget, i takt med redusert nedfall av forsuringskomponenter og med forbedret vannkvalitet. Nystølvatn er svært ionefattig og er følgelig følsom for forsuring. Den stabile forekomsten av moderat følsomme taksa de siste årene og påvisning av en sterkt følsom art høsten 2006 indikerer en positiv utvikling.

Midt-Norge (region VIII)
I region VIII undersøkes Svartdalsvatn årlig. Den svært sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* ble, i likhet med de foregående år, registrert i innløpselva. Det ble også registrert moderat sensitive arter, som steinfluene *Diura nanseni*, *Capnia* sp. og *Isoperla grammatica*. Andelen av følsomme taksa er viser at vatnet er lite foruringsskadet.

Øst-Finnmark (region X)
Det ble innsamlet bunndyrmateriale fra Dalvatn, region X i 2006. I Dalvatnet, er det tidligere tatt årlig prøver. Det ble registrert to følsomme taksa i 2006. Gode tettheter av *Baetis rhodani* i utløpselva viser en forbedring fra foregående år, da det bare ble registrert moderat sensitive arter.

Trender

En del av elvene og innsjøene som inngår i innsjøovervåkingen har vært undersøkt over lange tidsrom. Lille Hovvatn (region IV) har vært undersøkt over 16 år (referanse til det nærliggende kalkete Store Hovvatn). Innsjøen var meget sterkt forsuret i perioden 1977 til 1980. I siste halvdel av nittitallet ble det sporadisk registrert småmuslinger og døgnfluen *Siphlonurus* sp. Senere var begge arter fraværende til og med 2005. Den rekoloniseringen som ble påvist i 2006 er positiv, men vannkvaliteten er fortsatt marginal. Dette vises også gjennom vannkjemikovervåkingen. I oktober var pH 4,76 og kalsium lik 0,28 mg L^{-1}. Rekrutteringen av disse sensitive bunndyrene skjer fra Store Hovvatn, der de har blitt tallrike etter kalking.

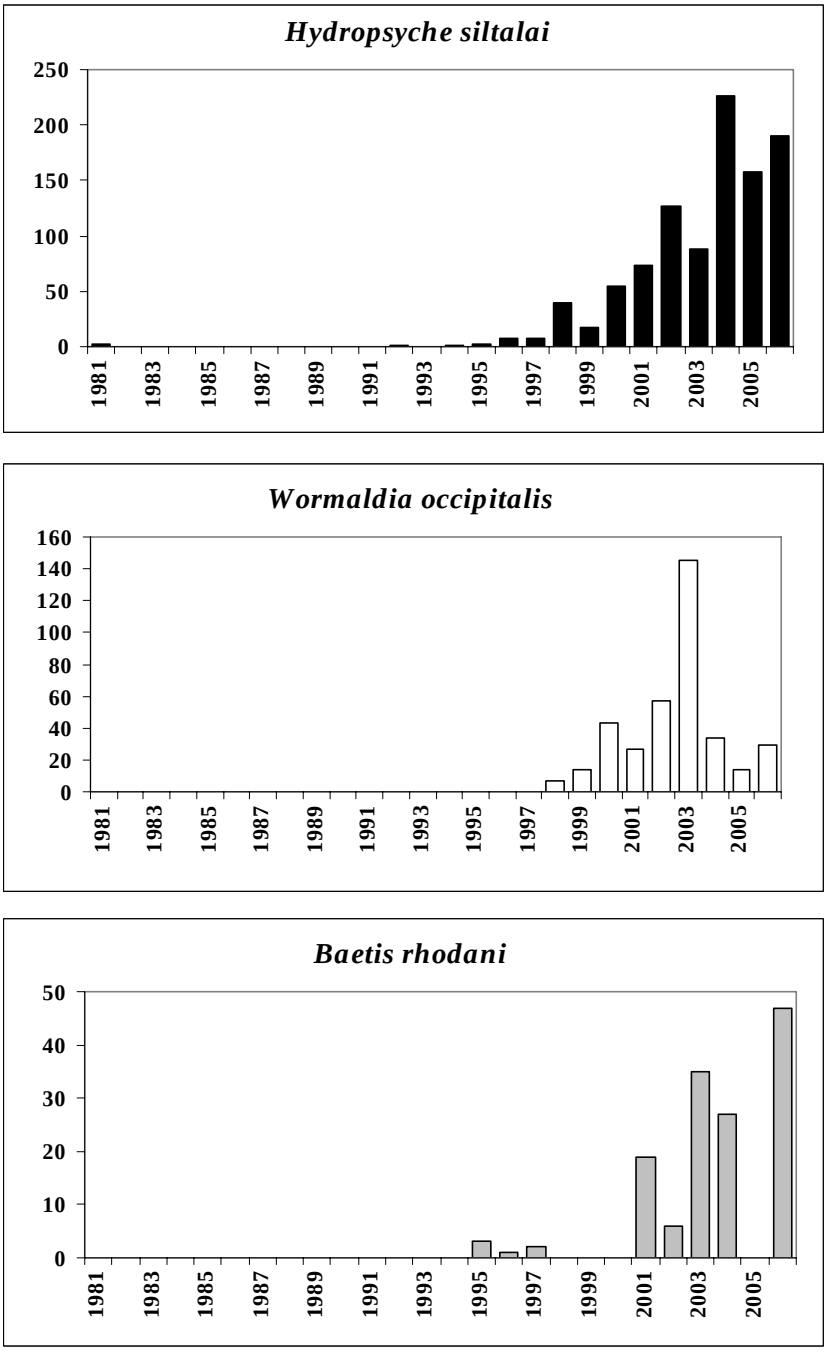
Saudlandsvatn som ligger i region V har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende områder har vært meget positiv fra 1990. I 2006 ble det registrert ni følsomme taksa i Saudlandsvatn, mot tre i 1990. Dette viser at det biologiske mangfold i lokaliteten 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 20*). Et annet eksempel finner vi i den sterkt forsuringssensitive døgnfluen *B. rhodani* (*Figur 20*). 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 forsuring. 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 2006 ble det registrert igler i Sognevatnet og Saudlandsvatnet. Utviklingen tolkes som en positiv effekt av redusert forsuring både på iglene og på viktige næringsdyr.

I region VI har utløpselvene fra Flotavatn og Røyravatn inngått i overvåkingen siden 1982. Elva fra Flotvatn har gjennom hele perioden hatt sporadiske innslag av den moderat forsuringsfølsomme steinfluen *Diura nanseni* (*Figur 21*). Døgnfluen *B. rhodani* ble påvist i lokaliteten i 2001. Forsuringsnivået i lokaliteten er ennå ikke akseptabelt. Det biologiske mangfoldet i lokaliteten vil øke dersom vannkvaliteten bedres. Bunndyrfaunaen i elva fra Røyravatn har vist at lokaliteten var sterkt forsuret i perioden 1982 - 1997. Situasjonen i de senere årene viser en endring i positiv retning (*Figur 21*), med en redusert forsuringsskade og økning i biologisk mangfold. Det observeres årlig ulike moderat sensitive arter her. I 2006 ble *Baetis rhodani* registrert for første gang i lokaliteten, da det ble funnet. et individ av arten i utløpet. Observasjonen er positiv, men vi regner at det ennå vil ta tid å etablere en stabil bestand av arten.

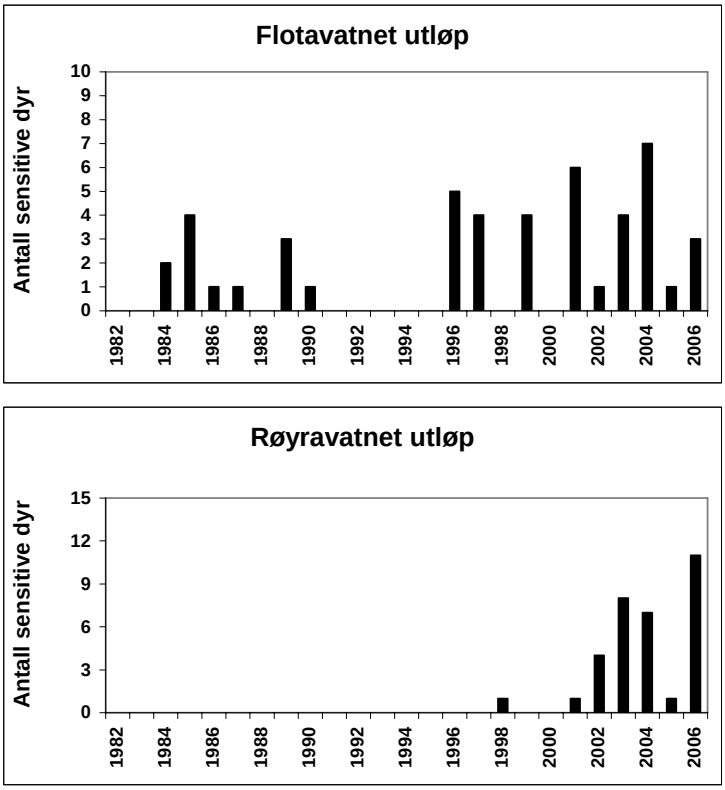
I region VII har vi overvåket utløpselva fra Ø. Botnatjønn og Markusdalsvatn siden 1991 og innløp og utløpselv fra Nystølvatn siden 1984. De to førstnevnte lokalitetene har vært meget sterkt forsuringsskadet i mesteparten av perioden, men i 1999 ble det funnet moderat

forsuringsfølsomme 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 i de siste årene. Registreringen av *Baetis rhodani* i utløpet er svært positiv og viser at vannkvaliteten er i bedring.



Figur 20. Antall registrerte individer av vårfluene Hydropsyche siltalai og Wormaldia occipitalis samt døgnfluen Baetis rhodani Saudlandsområdet, Farsund i perioden 1981 2006.

Figur 20. Total number of the caddisflies Hydropsyche siltalai and Wormaldia occipitalis and the mayfly Baetis rhodani in the Saudland area, Farsund during 1981-2006.



Figur 21. Forekomst av forsuringssensitive bunndyr i utløpselvene fra Flotavatnet og Røyravatnet, Vikedal, i perioden 1982-2006.

Figure 21. Numbers of acid-sensitive benthic animals in the outlet rivers from Lake Flotavatnet and Lake Røyravatnet, Vikedal, in the period 1981-2006.

5.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2006 registrert 62 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 37 arter vannlopper (Cladocera) og 25 arter hoppekreps (Copepoda; cyclopoide og calanoide). De fleste av disse har en vid geografisk utbredelse og er tolerante mht. de fleste miljøforhold, inklusive forsuring. Eksempler på forsuringsfølsomme 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 6 og 37. 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 forsuringsskadete lokalitetene vil det være få forsuringsfølsomme arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forsuring, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longsipina* og *Chydorus sphaericus*. Forholdet mellom de tre gruppene av krepsdyr (vannlopper, calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps) vil dermed ofte kunne endres med endringer i forsuringssituasjonen.

Fordi forekomsten av mange av de forsuringssensitive artene er bestemt av andre miljøfaktorer (klima, kalsiumkonsentrasjon og fiskepredasjon) i tillegg til forsuring, finnes det også uforsurete innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forsuringsfølsomme arter og dominans av arter som er karakteristisk for forsurete lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forsuringsskadet 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 er region I angitt som moderat forsuringsskadet (klasse 3). For enkeltsjøene i regionen vurderes skadene som ubetydelig/liten til stor. To av innsjøene undersøkes årlig. Atnsjøen (Stor-Elvdal) er en referansesjø med ingen eller kun ubetydelige forsuringsskader mens Stortjørna (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 forsuringssituasjonen i region I.

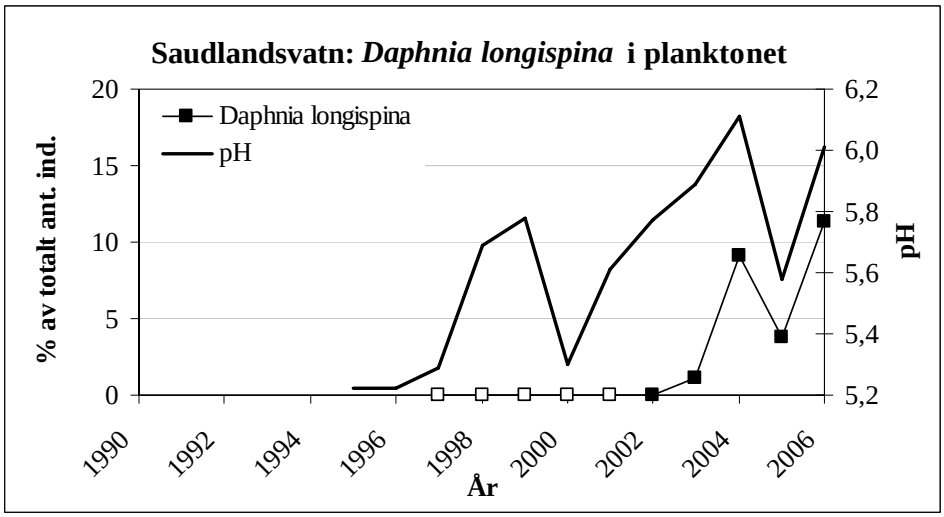
Østlandet – Sør (region II)
Region II ble undersøkt i 1998 og på nytt i 2002 og i 2006. Antall arter var hhv. 50 (12 lok.), 60 (11 lok.) og 51 (8 lok.). Totalt er det registrert 68 arter i region II basert på overvåkingen i perioden 1996-2006. Samlet vurderes forsuringsskadene i region II å være moderate (klasse 3) basert på krepsdyrfaunen. For enkeltlokaliteter vurderes forsuringsskadene som liten til meget stor. Antall arter og andel forsuringsfølsomme 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 forsuring. Tidlig start på vekstsesongen og en varm sommer gjør at 2002 skiller seg fra de øvrige årene i overvåkingsperioden. Totalt 8 innsjøer er undersøkt i ved minimum tre tidspunkt (1998, 2002, 2006). Andel forsuringsfølsomme arter varierer mellom år, men med unntak av Bredtjenn, 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 dafnide, *Daphnia longiremis*, er funnet i alle år lokaliteten er undersøkt. For fire av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra syv til elleve år i løpet av perioden 1996-2006. I Bredtjenn (Aremark), en av de mest forsuringsskadete innsjøene i denne regionen, indikerte sammensetningen i planktonet, med økte andeler av hoppekrepsen *Eudiatomus gracilis* mot reduserte andeler av den svært forsuringstolerante vannloppen *Bosmina longispina* noe bedre forhold i perioden 2001-2004 sammenlignet med tidligere år og perioden 2005-2006. I 2002 ble det for første gang registrert *Cyclops scutifer* i Bredtjenn; arten er siden ikke funnet i innsjøen. Fra Langtjern (Flå) fins det, i tillegg til nyere krepsdyrundersøkelser, planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den forsuringsfølsomme 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 Langvatn (Oslo) er det registrert relativt høy andel forsuringsfølsomme arter. Vannkvaliteten synes imidlertid å være ustabil, og *Daphnia longispina* er kun registreringer i 1997 og 2006. I Øvre Jerpetjern (Notodden) har andel forsuringsfølsomme arter vært noe høyere de to siste årene sammenlignet med tidligere år. 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)
Region III ble undersøkt i 2000 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 33 (11 lok.) og 29 (6 lok.). Totalt er det registrert 41 arter i region III basert på overvåkingen i perioden 1996-2006. Andel forsuringsfølsomme arter varierte omkring 20%. Lavest andel forsuringsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Rondvatn og Fremre Illmannstjern. Samlet er region III vurdert som litt forsuringsskadet (klasse 2) basert på krepsdyrsamfunnene. For enkeltsjøene i regionen er forsuringsskadene vurdert som ubetydelig/liten til stor. Fra to av lokalitetene fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2006. 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 forsuringstolerante *Acanthocyclops vernalis*, og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Andel forsuringsfølsomme arter er imidlertid lav. 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 forsuringsskadet og forskjeller i krepsdyrfaunaen mellom år skyldes høyst sannsynlig variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel klima.

Sørlandet - Øst (region IV)
Region IV ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003. Antall arter var hhv. 55 (10 lok.) og 53 (9 lok.). Totalt er det registrert 61 krepsdyrarter i region IV i perioden 1996-2006. Samlet er region IV vurdert som moderat til sterkt forsuringsskadet (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. Krepsdyrsamfunnene viser stor variasjon og forsuringsskadene er vurdert som liten til meget stor for enkeltsjøene. Fra syv av lokalitetene fins det krepsdyrdata fra flere år siden overvåkingen startet i 1996. Tre av innsjøene overvåkes årlig. Bjorvatn (Birkenes) er moderat forsuringsskadet. De siste årene, særlig fra 2003, er det kommet inn flere moderat forsuringsfølsomme arter av småkreps som tidligere ikke er registrert i innsjøen. Tettheten av disse er lav og samtidig har tettheten av andre forsuringsfølsomme arter gått noe tilbake. Andelen forsuringsfølsomme arter var svært lav i 2006 overvåkingsperioden sett under ett. Det er derfor ingen klare indikasjoner på endringer i forsuringsstatus i Bjorvatn. Lille Hovvatn (Birkenes) hører til de mest forsuringsskadete av overvåkingssjøene våre og krepsdyrsamfunnet gir ingen tegn på endringer i forsuringsstatus. I Sognevatn (Songdalen/Vennesla) er andelen forsuringsfølsomme krepsdyrarter mer enn fordoblet i 1997-2006 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet, men datagrunnlaget fra de tidlige undersøkelsene er noe mangelfullt. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet har økt i de senere årene, fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997. Lave tettheter av *Daphnia longispina* og redusert artsantall i 2005-2006 indikerer imidlertid mindre gunstige forhold sammenlignet med tidlig på 2000-tallet. To av de øvrige innsjøene er også undersøkt tidligere, hhv. i 1978 og 1987. Disse viser en svak positiv endring i krepsdyrfaunaen i 1999 og 2003 sammenlignet med tidligere undersøkelser. For de øvrige innsjøene er det ingen generell endring.

Sørlandet - Vest (region V)
Region V ble undersøkt i 1997, 2001 og 2005. Totalt er det registrert 58 arter (14 lok.) i overvåkingsperioden 1996-2006. Region V er samlet vurdert som moderat til sterkt forsuringsskadet (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. De enkelte innsjøene i regionen er klassifisert som litt/moderat til sterkt skadet. 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 forsuringsfølsomme 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 er nå en av de dominerende planktonartene (*Figur 22*). Også andelen forsuringsfølsomme arter har økt de siste årene. Disse resultatene er med på å bekrefte inntrykket av en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen i innsjøen. For de to andre sjøene som undersøkes årlig gir resultatene så langt ingen indikasjoner på endring i forsuringsstatus. Ljosvatn (Sokndal) hører til de mest forsuringsskadete av overvåkingssjøene våre mens Lomstjørni (Bjerkreim) vurderes som lite forsuringsskadet med høye andeler forsuringsfølsomme arter.



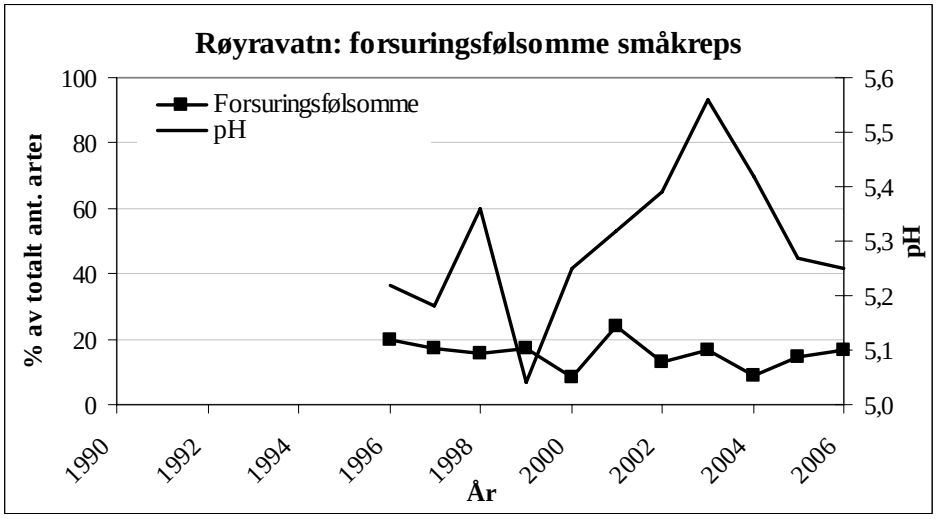
Figur 22. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen Daphnia longispina i Saudlandsvatn (Reg. V, Sørlandet - Vest) i 1997-2006. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH er fra høstprøver (unntak 2004: gjennomsnitt av prøver tatt vår og sommer).

Figure 22. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera Daphnia longispina *recorded in Lake Saudlandsvatn (Reg. V, Southwestern coast of Norway) in 1997-2006. 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.*

Vestlandet - Sør (region VI)

Region VI 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.). Totalt er det registrert 43 krepsdyrarter i region VI basert på overvåkingen i perioden 1996-2006. Forsuringsskadene basert på krepsdyrfaunaen er samlet vurdert som moderat til stor (klasse 3-4) og dette er også tilfelle for enkeltsjøene i region VI. Kun en av lokalitetene (Røyravatn 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. Krepsdyundersøkelsene gir ellers ingen tegn på endringer i forsuringssituasjonen i Røyravatn (*Figur 23*). 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 forsuringsstatus i denne perioden. Samlet sett vurderes forsuringsstatus for region VI å være uforandret.



Figur 23. Andel (% arter) av forsuringsfølsomme småkreps (Cladocera + Copepoda) i Røyravatn (Reg. VI, Vestlandet - Sør) i 1996-2006. pH er fra høstprøver.

Figure 23. Relative occurrence (% of total species numbers) of acid sensitive microcrustaceans (Cladocera + Copepoda) in Lake Røyravatn (Reg. VI, Western Norway - South) in 1997-2006. pH is from samples taken in the Autumn.

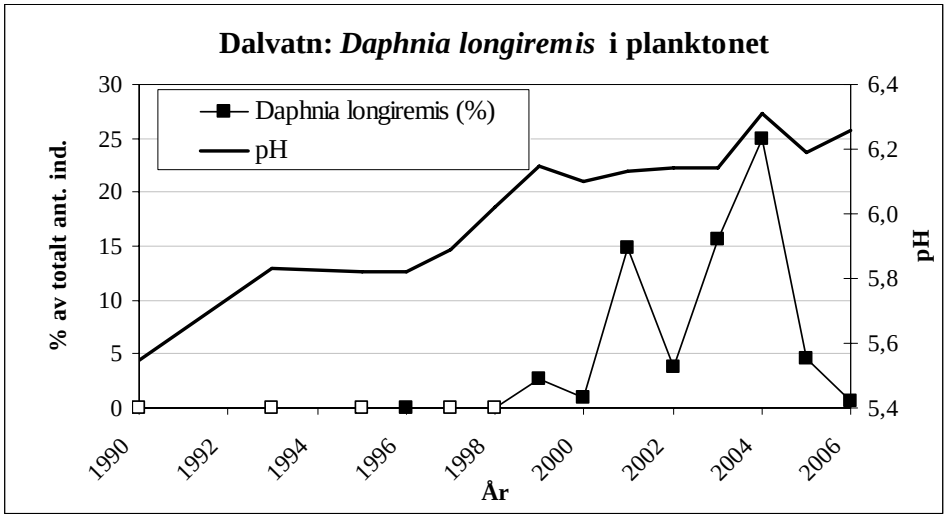
Vestlandet - Nord (region VII)
Region VII ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003. Antall arter var hhv. 35 (12 lok.) og 31 (7 lok.). Totalt er det registrert 49 krepsdyrarter i region VII i perioden 1996-2006. Samlet er region VII vurdert som moderat til sterkt forsuringsskadet (klasse 3-4) basert på krepsdyrfaunaen. Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon og innsjøene er klassifisert som ubetydelig/litt til sterkt/svært sterkt forsuringsskadet. Overvåkingssjøene i regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,1 - 1,0 mg Ca L^{-1}). Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen 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 forsuringsfølsomme arter er lav i alle innsjøene som for øvrig viser relativt store år til år variasjoner mhp. krepsdyrfaunaen. Resultatene indikerer ingen generell trend når det gjelder forsuringsskader i region VII.

Midt-Norge (region VIII)
Region VIII ble undersøkt i 2001 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 42 (10 lok.) og 48 (7 lok.). Totalt er det registrert 54 arter i region VIII basert på overvåkingen i 1996-2006. Andel forsuringsfølsomme arter varierte omkring 20%. Lavest andel forsuringsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Svartdalsvatn, Øvre Neådalsvatn og Skjerivatn. Region VIII er samlet vurdert som litt forsuringsskadet (klasse 2) basert på krepsdyrfaunaen. Klassifisering av den enkelte innsjø varierer fra ubetydelig til sterkt forsuret. Innsjøene i region VIII er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,3 - 1,1 mg Ca L^{-1}). Det er derfor sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer

alvorlig enn det som er realiteten. Undersøkelser av høyfjellslokaliteten Svartdalsvatn (Lesja) viser årlige forekomster av den forsuringsfølsomme vannloppen *Daphnia longispina*. Med unntak av 1999 og 2000 har andelene imidlertid vært svært lave. Tilsvarende forhold er også registrert for andre ionefattige klarvannssjøer (Schartau et al. 2006). Andelen forsuringsfølsomme 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 overvåkingsmetodikk. 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. Region IX er samlet vurdert som litt forsuringsskadet (klasse 2) basert på krepsdyrfaunaen. Situasjonen i de undersøkte innsjøene varierte fra ubetydelig/litt til moderat forsuringsskadet. Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen 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 forsuringstolerante arter. For øvrig varierer artssammensetningen av krepsdyr relativt mye, og det er lite som tyder på en generell endring i forsuringsstatus.

Øst-Finnmark (region X)
Region X 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.). Totalt er det funnet 40 arter av krepsdyr i region X i perioden 1996-2006. Samlet er region X vurdert som moderat forsuringsskadet (klasse 3) basert på krepsdyrfaunaen mens de enkelte innsjøene er klassifisert som litt til sterkt skadet. Kun Dalvatn blir undersøkt årlig. Fra denne lokaliteten fins det data fra de fleste år i perioden 1991-2006. Krepsdyrfaunaen i Dalvatn indikerer ustabile forhold med betydelig år til år variasjoner i vannkvaliteten. 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 (*Figur 24*). Mengden av andre forsuringsfølsomme arter varierer over år, men var spesielt høy i 2004 og blant de laveste i 2006. De vannkjemiske overvåkingsdataene kan ikke forklare de relativt store mellom-år variasjonene i biologiske forhold. 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 forsuringsstatus (Første Høgfjellsvatn og Otervatn), eller krepsdyrfauaen viser store år til år variasjoner (Store Skardvatn). I St. Skardvatn og Dalvatn kan tette bestander av krepsdyrspisende røye være en medvirkende årsak til variasjonene i krepsdyrfaunaen.



Figur 24. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen Daphnia longiremis *i Dalvatn (Reg. X, Øst-Finnmark) i 1990-2006. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH fra høstprøver i samme periode.*

Figure 24. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera Daphnia longiremis *recorded in Dalvatn (Reg. X, Eastern Finnmark) in 1990-2006. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken during Autumn.*

Trender

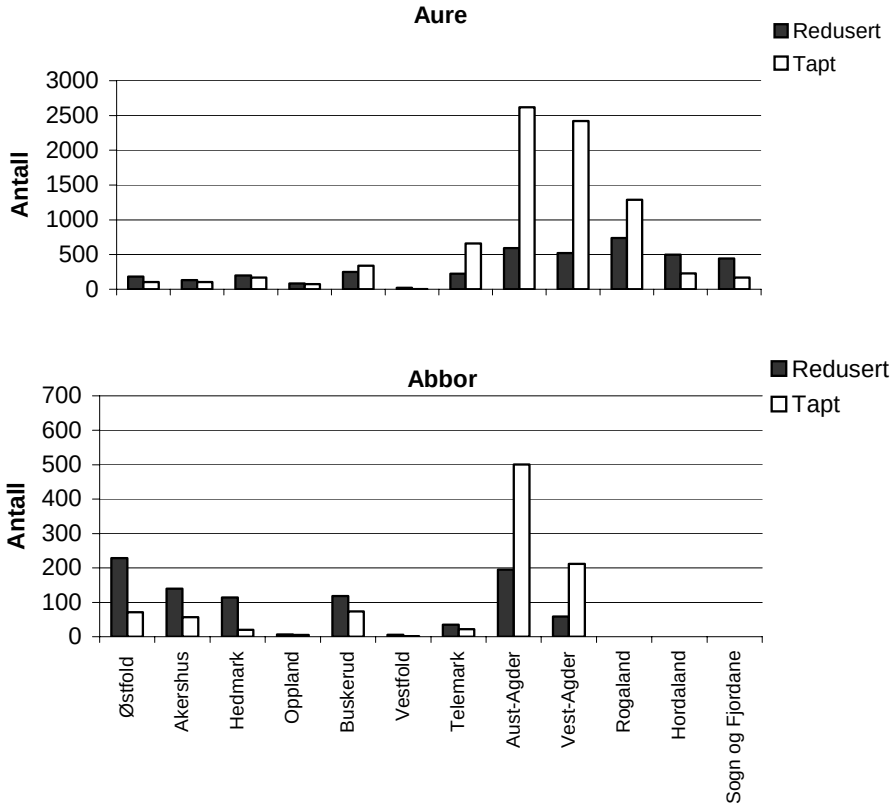
Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2006 var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer); 17 av disse er undersøkt siden 1997 eller tidligere. For et flertall av innsjøene på Østlandet og Sørlandet indikerte krepsdyrfaunaen noe bedre forhold i 1998-1999 og i 2003-2004 sammenlignet 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 overvåkingsperioden sett under ett. Det er imidlertid en relativt dårlig samvariasjon mellom artsantall og pH for de enkelte innsjøene. Variasjoner i artsrikdom kan skyldes variasjoner i andre miljøforhold, for eksempel år til år variasjoner i klima. Tre innsjøer som undersøkes årlig er uforsurete referansesjøer. 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 invertebratfaunaen. Krepsdyrfaunaen i Langtjern og Dalvatn indikerer imidlertid at miljøforholdene er ustabile, og at forholdene er mindre gunstig de to siste årene sammenlignet med foregående år. Disse variasjonene kan også ha andre årsaker enn forsuring, for eksempel variasjoner i beitetrykket fra fisk. For flertallet av innsjøene er mengden av forsuringsfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile. Endringene er foreløpig så små at de har ingen betydning for den samlede vurderingen av forsuringsstatus basert på krepsdyrfaunaen.

5.2.3 Effekter på fisk

Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadede bestander

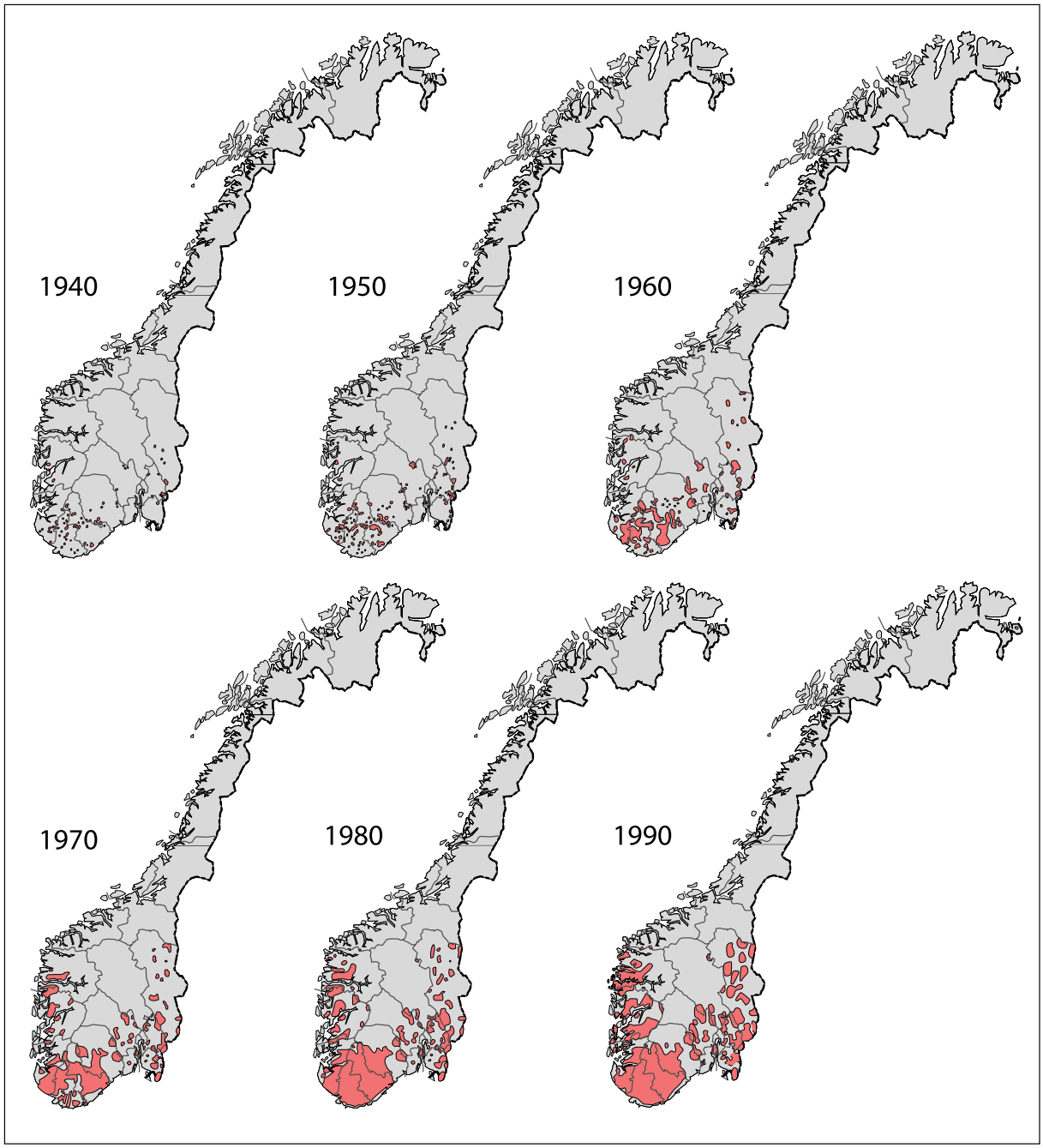
Rundt 8.200 innsjølevende aurebestander har gått tapt som følge av forsuring her i landet. Agderfylkene har blitt påført de største fiskeskadene, med til sammen rundt 5.000 tapte

aurebestander (*Figur 25*). I Telemark og Rogaland har skadene også vært omfattende, med henholdsvis rundt 660 og 1.290 tapte aurebestander. I tillegg har det vært betydelige reduksjoner i nærmere 4.000 aurebestander i Sør-Norge. Forsuringen har også forårsaket betydelige effekter på abbor, med rundt 1.900 skadede eller tapte bestander. Innsjøer med disse bestandene tilhører hovedsakelig Aust-Agder (n=502), Vest-Agder (n=212) og Østfold/Buskerud (n=145) (*Figur 25*). Nærmere 500 bestander av røye, mort, ørekyte og gjedde har også gått tapt pga forsuring, i tillegg til 600 skadde bestander. Skader på fiskebestander pga forsuring 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^2 (*Figur 26*). I de siste åra har mange fiskebestander enten blitt reetablert eller økt pga av bedre vannkvalitet som følge av kalking eller naturlig gjenhenting pga reduserte svovelutslipp. I mange innsjøer har fiskebestander også blitt styrket gjennom utsettinger. Fiskeskadene pga forsuring er derfor langt mindre omfattende nå enn det tallene ovenfor viser.



Figur 25. Antall tapte og reduserte aure- og abborbstander pga forsuring fordelt på enkelte fylker.

Figure 25. Number of lost (white bars) and damaged (black bars) populations of brown trout and perch due to acidification in different counties of Norway.



Figur 26. Utviklingen av areal (land- og innsjøareal) med tapte og skadede fiskebestander relatet til forsuring fra 1940-tallet og fram til 1990-tallet. Skadet areal på 1990-tallet var på 51.500 km^2.

Figure 26. Development of areas (land and surface water area) with damaged fish populations in Norway from 1940s to 1990s, due to acidification. Damaged area in the 1990s was 51.500 km^2.

Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer

Hensikten med undersøkelser av fiskebestander i innsjøer er å (i) dokumentere effekter av forsuring, (ii) hvordan forsuringen påvirker ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2006 ble 11 lokaliteter prøvefisket fordelt

på fire regioner (region I, II, VI, VII), samt Atnsjøen (Lok. I-1). Atnsjøen blir prøvefisket hvert år som en del av "Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann".

Ved igangsettingen av den biologiske overvåkingen tidlig på 1980-tallet, ble prøvefisket gjennomført med SNSF-garnserier. En slik serie består av 8 enkeltgarn (27 x 1,5 m), med maskevidder fra 10 til 45 mm. Disse garna ble satt enkeltvis fra land, og dekte vanligvis dybdeintervallet fra 0-6 m. Siden tidlig på 1990-tallet har Nordisk oversiktsgarn (30 m x 1,5 m) med 12 maskevidder fra 5 til 55 mm vært benyttet. Disse garna blir satt på bestemte 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 i innsjøer det er fisket med begge garntypene, bare inkludert fisk som er tatt på 0-6 m dyp og på maskeviddene 10-45 mm på de Nordiske oversiktsgarna. Fangstutbyttet blir uttrykt som antall individ fanget pr. 100 m^2 garnareal pr. natt, dvs ca. 12 timers fiske (CPUE).

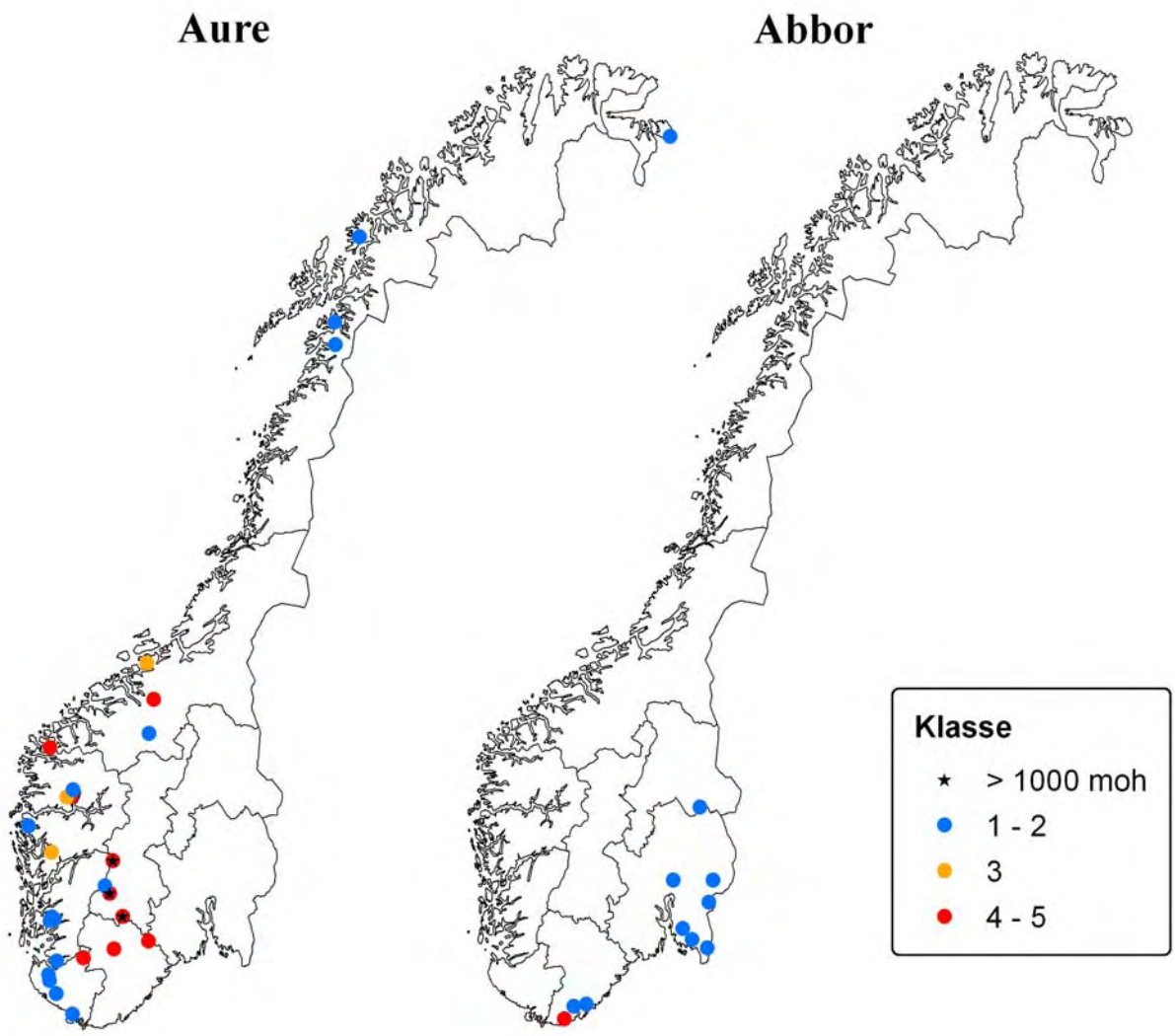
Vi benytter en forsuringsindeks (FI) for å sammenlikne fangstutbyttet hos aure og abbor i en lokalitet eller region over tid ut fra en bestemt forventning. Indeksen varierer mellom 0-1, og fangstutbyttet for aure- og abborbestander uten skader er satt lik 50 percentilen for et materiale som omfatter henholdsvis 79 og 35 innsjøer. Denne percentilen tilsvarer et fangstutbytte (CPUE) på ≥ 20 for aure og ≥ 40 for abbor, og for begge artene gir dette forsuringsindeks 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) fra ≥ 1,0 til < 0,25 der ≥ 1,0 representerer bestander uten skader til (Klasse 1) til bestander som er meget sterkt skadet (Klasse 5, FI < 0,25).

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	Indeks-verdi	Bestandstilstand
1	≥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 prøvefisket. Vi har ekskludert innsjøer med tapte bestander fordi en reetablering ofte er avhengig av en aktiv introduksjon (utsettinger). Sjøl 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. En forsuringsindeks (FI) under 1,0 trenger ikke å bety at en fiskebestand er påvirket av forsuring. Dette skyldes at bestanden kan være (i) rekrutteringsbegrenset pga lite eller uegnet gyteareal i tilløpsbekker, (ii) påvirket av ugunstig klimatiske forhold (tørke eller flom) eller (iii) konkurranse mellom arter, som f eks at aurebestander kan være fåtallige i innsjøer med tette abborbestander. Slike aurebestander blir derfor ekskludert.



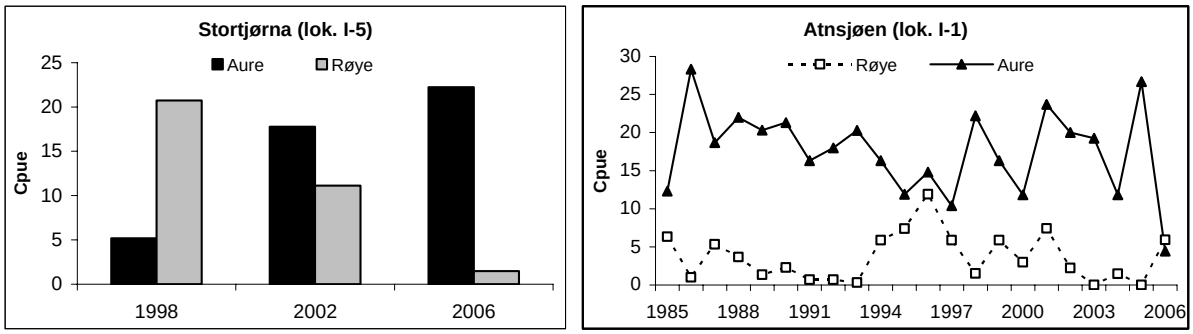
*Figur 27. Angivelse av relativ fisketetthet og med mulig forsuringsskader hos aure (1999-2006) og abborbestander (1998-2006), basert på fem klasser. Klasse 1-2: ingen/lite til moderate forsuringsskader, klasse 3: markerte forsuringsskader, klasse 4-5: sterke til meget sterke forsuringsskader. Røde punkter markert med * angir høyfjellslokaliteter (> 1000 m o.h.).*

Figure 27. Classification of relative fish density and possible acidification damage of brown trout (1999-2006) and perch populations (1998-2006) in lakes, assessed by test-fishing. Class 1-2: non or slightly to moderately damaged, 3: markedly damaged, 4-5: severely to very severely damaged. Lakes located at an altitude of more than 1000 metre above sea level is indicated (*).

Østlandet – Nord (Region I)

I region I ble Stortjørna (Lok I-5) prøvefisket i 2006, i tillegg til Atnsjøen som er inkludert i "Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann." Generelt sett har fiskebestandene i region I hatt en positiv utvikling i løpet av undersøkelsesperioden (1996-2006). I denne perioden har aurebestanden i Stortjørna hatt en stor økning i fangstutbytte (*Figur 28*). Fra å være en tynn bestand i 1998, kan den nå betegnes som god. Fangstutbyttet av røye har imidlertid gått ned i samme periode. Fangstene av røye i dypere områder av sjøen (6-20 m dyp) gir ingen indikasjoner på noen tetthetsøkning av røye som følge av en økt aurebestand i grunnere

områder. I 1998 var fangstutbyttet av røye på 6-20 m dyp 5,6 individ pr. 100 m^2 garnareal, mot 8,9 individ i 2006. En av lokalitetene har fortsatt en tynn aurebestand (Måsåbutjern, Lok I-3) til tross for en god vannkvalitet. Manglende bestandsøkning hos aure i denne lokaliteten skyldes mest sannsynlig svært dårlige gytebekker. Denne aurebestanden er derfor tatt ut ved vurderingen av forsuringsskader for regionen. De fleste innsjøene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, ørekyte og steinsmett er registrert i én eller flere innsjøer. Atnsjøen har gode bestander av både aure og røye. I perioden 1985-2006 har fangstutbyttet for aure og røye i bunnære områder (0-12 m dyp) variert mellom henholdsvis 4-28 og 0-12 individ (*Figur 28*). Tettheten av røye er imidlertid størst på 12-35 m dyp, med 2-31 individ pr. 100 m^2 garnareal.

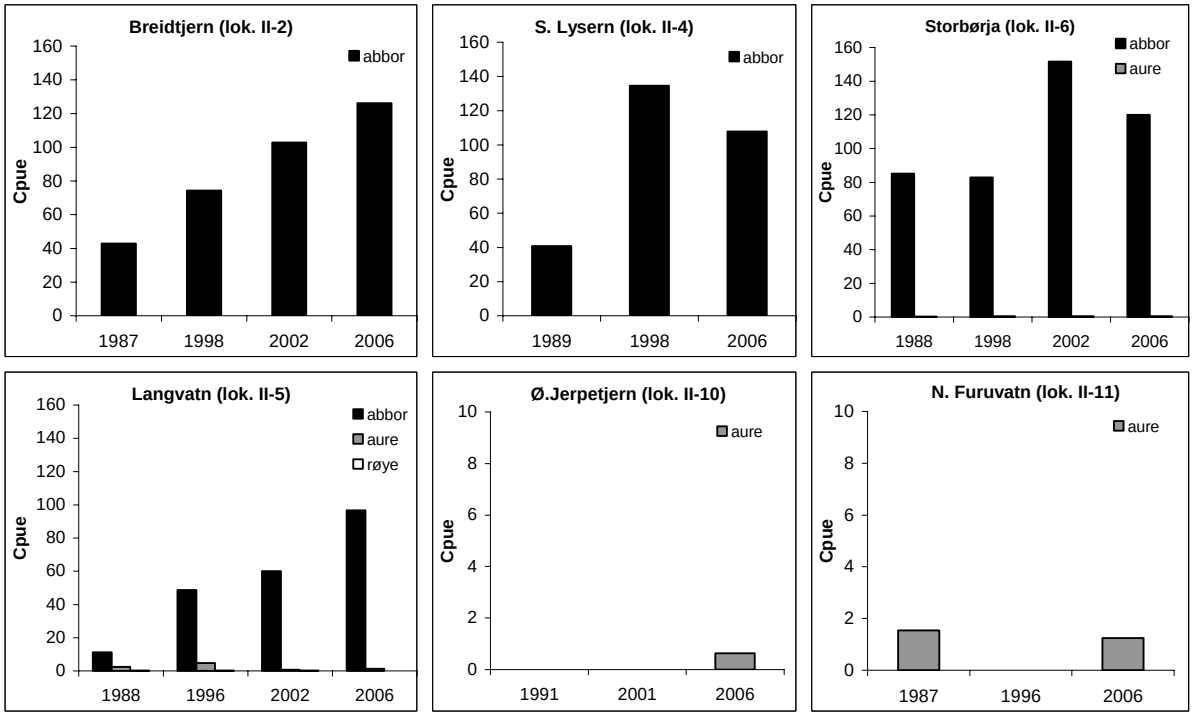


Figur 28. Fangst av aure og røye pr. 100 m^2 garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp) i Stortjørna i perioden 1998-2006, og i Atnsjøen (0-12 m dyp) i perioden 1985-2006.

Figure 28. Catches (Cpue) of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Stortjørna from 1998 to 2006 and Lake Atnsjøen from 1985 to 2006. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (Cpue) at 0-6 m and 0-12 m depths, respectively.

Østlandet – Sør (Region II)

I region II ble seks innsjøer prøvefisket i 2006. Lokalitetene i denne regionen har lave tettheter av aure. Åtte av lokalitetene har imidlertid svært tette bestander av abbor, og de vurderes ikke lenger som skadet (*Figur 27* og *Figur 29*). Bestandene av aure og røye har vært små gjennom hele undersøkelsesperioden, trolig pga sterk konkurranse fra abbor. I Ø. Jerpetjern og i N. Furuvatn settes det ut aure, og undersøkelsen i 2006 tyder ikke på noen naturlig rekruttering. Generelt sett er forsuringsskader på fiskebestander i denne regionen avtakende, selv om enkeltlokaliteter har lave tettheter av fisk.



Figur 29. Fangst abbor pr. 100 m^2 garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp) av Breidtjern og S. Lysern, av abbor og aure i Storbørja, av abbor, aure og røye i Langvatn og av aure i Ø. Jerpetjern og N. Furuvatn i perioden 1987-2006.Merk: ulik skala på y-aksen.

Figure 29. Catches (Cpue) of perch in the epibenthic zone of Lakes Breidtjern and S. Lysern, of perch an brown trout in Lake Storbørja, of perch, brown trout and Arctic charr in Lake Langvatn and of brown trout in Lakes Ø. Jerpetjern and N. Furuvatn during the period 1987-2006. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (Cpue) at 0-6 m depths.

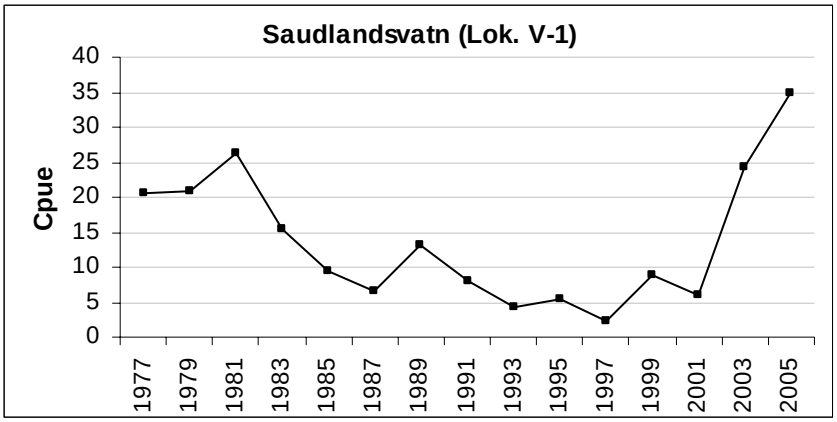
Fjellregionen – Sør-Norge (Region III)

Det ble ikke prøvefisket i region III i 2006. 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 prøvefisket i 2004 hadde relativt tette bestander av røye. Aurebestandene i fem innsjøer som ble undersøkt i 2004/2005 er imidlertid fortsatt tynne (*Figur 27*). Regionen har en forholdsvis lav forurensningsbelastning, og vannkvaliteten er nå i stor grad tilfredsstillende, med lavt innhold av labilt aluminium (SFT 2006). Vi antar derfor at fisketettheten i disse høyfjellssjøene i stor grad er rekrutteringsbegrenset.

Sørlandet – Øst (Region IV)

Det ble ikke prøvefisket i noen innsjø i region IV i 2006. Alle lokaliteter i regionen har forholdsvis tynne aurebestander, og ingen hadde høyere forsuringsindeks enn 0,4, dvs Klasse 4 (*Figur 27*). Regionen har aurebestander som både har økt og avtatt i løpet av de siste åra. Fire av fem innsjøer har imidlertid nå tette abborbestander (Klasse 1-2), mens den 5. innsjøen fortsatt har en svært tynn abborbestand (*Figur 27*). Forsuringssituasjonen i regionen vurderes fortsatt som alvorlig, med et stort antall tapte aure- og abborbestander (*Figur 25* og *Figur 26*).

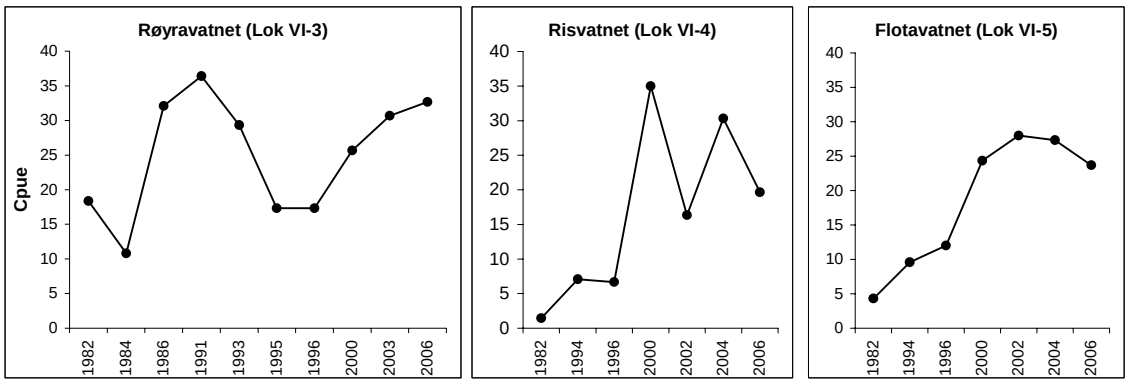
Sørlandet – Vest (Region V)
Sørlandet har flest tapte og skadede fiskebestander pga forsuring her i landet (*Figur 25* og *Figur 26*). Ingen av innsjøene i denne regionen ble prøvefisket i 2006. Av de fem aurebestandene som inngår i programmet, vurderes nå bare én som spesielt forsuringsskadet (*Figur 27).* Aurebestanden i Saudlandsvatn ble kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet, og den holdt seg på et lavt nivå fram til og med 2001 (*Figur 30*). Men i løpet av de siste åra har bestanden økt kraftig, med et rekordhøyt fangstutbytte i 2005. Elfiske på inn- og utløp viser at bestanden nå har god rekruttering (*Figur 34*).



Figur 30. Fangst av aure pr. 100 m^2 garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp) av Saudlandsvatn (Lok. V-1) i perioden 1977-2005.

Figure 30. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn (Lok. V-1) during the period 1977-2005. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (Cpue) at 0-6 m depths.

Vestlandet – Sør (region VI)
Tre innsjøer i region VI ble prøvefisket i 2006; Risvatn, Flotavatn og Røyravatn i Vikedalsvassdraget. Det har vært en positiv utvikling i disse aurebestandene i løpet av de siste 10-15 åra. Dette har medført at forsuringsindeksen har endret seg fra sterkt skadet før 1990 (Klasse 4-5) til små eller ingen skader i seinere år (Klasse 1-2) (*Figur 27*). Både Risvatn og Flotavatn hadde tynne aurebestander fram til slutten på 1990-tallet, men etter 2000 har de hatt en kraftig økning (*Figur 31*). I Risvatn har fangstutbyttet vært noe variabelt i det siste tiåret, men bestanden vurderes nå som god med en forsuringsindeks > 0,8. I Røyravatn startet den positive utviklingen hos aure noe tidligere enn i de to andre innsjøene i vassdraget, med en klar bestandsøkning fra 1982/84 til 1986. Her skjedde det imidlertid en bestandsreduksjon på midten av 1990-tallet, men i seinere år har bestanden igjen økt.

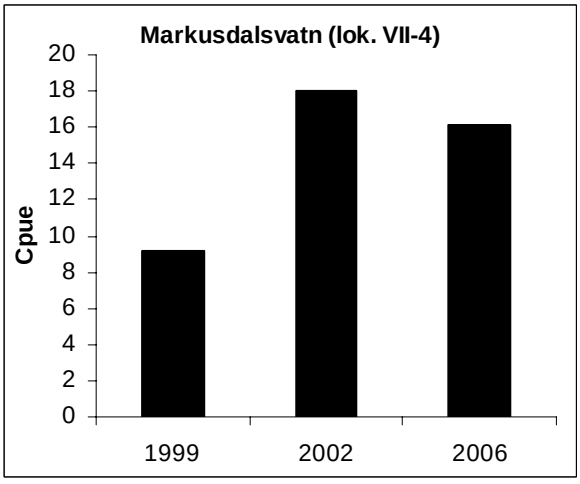


Figur 31. Fangst av aure pr. 100 m^2 garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp) i Røyravatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) og Flotavatn (Lok. VI-5) i Vikedalsvassdraget i perioden 1982-2006.

Figure 31. Catches of brown trout in the epibenthic zone of the lakes Røyravatn (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^2 net area (Cpue) at 0-6 m depths.

Vestlandet-Nord (Region VII)

I region VII ble bare Markusdalsvatn prøvefisket i 2006. Hos de undersøkte aurebestandene i denne regionen har forsuringsindeksen variert fra tynn (Klasse 4-5) til god (Klasse 1-2) (*Figur 27*). Hos aure i Markusdalsvatn (lok VII-4) ble fangstutbyttet fordoblet fra 1999 til 2002, og det synes å ha holdt seg på nær samme nivå fram til 2006 (*Figur 32*). Denne aurebestanden betegnes nå som god (Klasse 1-2). Dette til tross for at lokaliteten har en forholdsvis dårlig vannkvalitet med pH rundt 5,0, kalsium på 0,2 mg L^{-1} og labilt aluminium på 20-40 µg L^{-1} (SFT 2006). Regionen har fortsatt en del tapte og reduserte aurebestander (*Figur 25*).



Figur 32. Fangst av aure pr. 100 m^2 garnareal (Cpue) i bunnære områder (0-6 m dyp) av Markusdalsvatn (Lok. VII-4) i 1999, 2002 og 2006.

Figure 32. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Markusdalsvatn (Lok. VII-4) between 1999 and 2006. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m^2 net area (Cpue) at 0-6 m depths.

Midt-Norge (Region VIII)
Ingen innsjøer ble prøvefisket region VIII i 2006. Aurebestandene i denne regionen har hatt en varierende utvikling, med stor variasjon i forsuringsindeksen mellom de enkelte lokaliteter (*Figur 27*). En av innsjøene i denne regionen (lok. VIII-7) har en tett røyebestand. Forurensningsbelastningen for regionen er blant de laveste i landet (SFT 2006).

Nord-Norge (Region-IX)
Siste prøvefiske i denne regionen ble foretatt i 1999. Aure finnes i alle de undersøkte lokalitetene, og for innsjøer med data fra mer enn ett år har fangstutbyttet endret seg lite. Fangstdata gir ingen indikasjoner på fiskeskader i denne regionen (*Figur 27*). I likhet med region VIII har også region IX en lav forurensningsbelastning (SFT 2006).

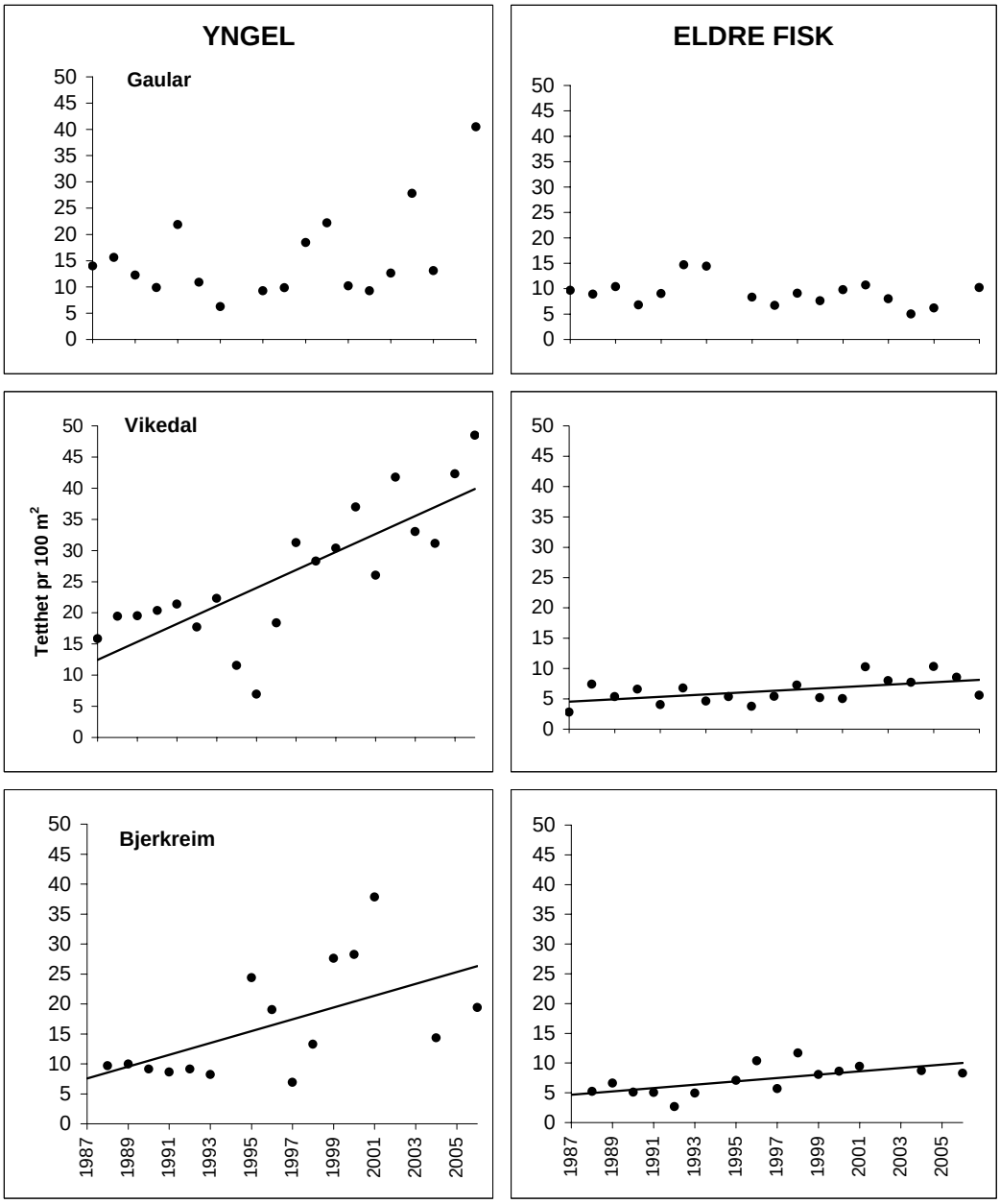
Øst-Finnmark (Region-X)
De aktuelle innsjøene i region X ble sist prøvefisket i 2004/2005. Aurebestandene i denne regionen tilhører Klasse 1-2 (*Figur 27*). Unntatt er Første Høyfjellsvatn som har en svært tynn aurebestand, pga manglende gytebekker (bare utsatt fisk). Denne bestanden blir derfor ikke vurdert mht mulige forsuringsskader. To av innsjøene i denne regionen har også en forholdsvis tett bestand av røye (SFT 2005). Regionen har store årlige variasjoner i forsuringsbelastning, men vannkvaliteten har bedret seg kraftig i løpet av de siste 10-15 åra (SFT 2006).

Rekrutteringen hos aure i bekker
Hensikten med disse undersøkelsene er å påvise endringer i rekrutteringen hos aure i områder med en forsuringsfølsom 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 de vandrer ut i nærmeste innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til tap av aurebestander i forsuringsområder. Dette resulterer i at mengden fisk 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 omfatter årlig elfiske på faste stasjoner på inn/utløp og tilløpsbekker til innsjøer i Vikedalsvassdraget i Rogaland. Tidligere var det også tilsvarende årlige registreringer i Bjerkreim - og Gaularvassdraget. I de siste åra har imidlertid bare ett av de to vassdragene blitt undersøkt hvert år. I 2006 ble 22 lokaliteter i både Bjerkreim-Vikedalsvassdraget elfisket, basert på faste stasjoner siden 1987/88. All fanget fisk ble lengdemålt og satt tilbake i bekken etter avsluttet fiske. På basis av lengdefordelingen blir det skilt mellom årsyngel (alder 0+) og eldre individ (alder ≥1+). Tettheten av fisk i de to aldersgruppene blir beregnet på bakgrunn av avtakende fangster, basert på samlet fangst i hvert vassdrag. I perioden 1987 til 1992 ble hver lokalitet avfisket én gang, i motsetning til tre ganger i seinere år (to omganger i Bjerkreim i 2006). For at dataene skal kunne sammenliknes, er fisketetthetene i de første åra beregnet ut fra en gjennomsnittlig fangstsannsynlighet etter tre omgangers elfiske for perioden 1993 til 2006. Tetthetene justeres 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 av aure vært økende i løpet av de siste 10 åra (*Figur 33*). Her forklarer tid (år) og vannføring henholdsvis 62 og 10 % av variasjonen i datasettet, dvs totalt 72 %. Vassdraget har også hatt en klar økning i tettheten av eldre aureunger. Det har også vært en økning i tettheten av yngel og eldre aureunger i Bjerkreimsvassdraget i de

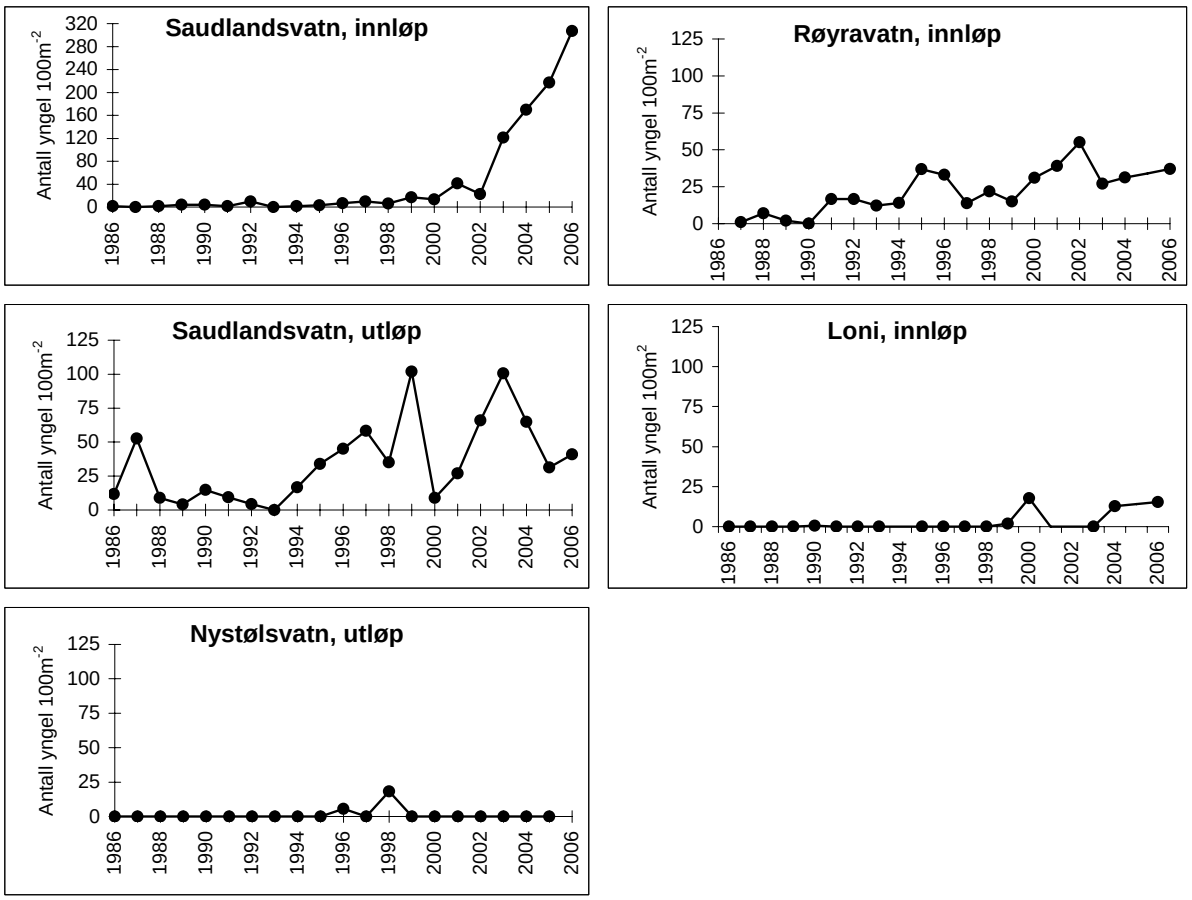
siste åra, der tid (år) og vannføring forklarer henholdsvis 33 og 22 % av variasjonen for perioden 1988 til 2006, dvs totalt 55 %. For dette vassdraget ble det ikke funnet noen signifikant sammenheng mellom yngeltetthet og vannføring. I Gaularvassdraget har tettheten av aureunger variert betydelig i løpet av de siste åra. Resultatene fra 2005 tyder på en positiv utvikling, men et redusert innsamlingsprogram pga av stor vannføring kan ha gitt noe misvisende resultater.



Figur 33. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m^2 i bekker i Gaular-, Vikedal- og Bjerkreimsvassdragene i perioden 1987-2006 (minus 2004 og 2006 for Gaular og minus 2002, 2003 og 2005 for Bjerkreim). Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

Figure 33. Estimated mean density per 100 m^2 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 2006 (expect for 2004 and 2006 in Gaular and 2002, 2003 and 2005 in Bjerkreim). Lines are given in cases of a positive statistical relationship (P>0.05) between density and time (year).

På inn- og utløp av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) har bestanden av aureunger vært overvåket nesten årlig siden 1986. Rekrutteringen på innløpet var svak fram til 2001, da det ble registrert 42 yngel pr. 100 m^2. To år seinere var yngeltettheten nesten tre ganger høyere, med 120 individ pr. 100 m^2. I 2005 og 2006 skjedde det en ytterligere økning i yngeltettheten på innløpet til denne innsjøen, til henholdsvis 217 og 307 individ pr. 100 m^2 (*Figur 34*). På utløpet av Saudlandsvatn begynte rekrutteringen å øke tidligere enn på innløpet, med en yngeltetthet på 34 individ pr. 100 m^2 allerede i 1995. Det har vært registrert over 100 yngel pr. 100 m^2 i to år, men i enkelte år har tettheten vært relativt lav. I både 2005 og 2006 var yngeltettheten henhold 31 og 41 individ pr. 100 m^2. Innløpselva til Røyravatn (Rogaland) har hatt bra med yngel siden 1995, men med til dels store årlige variasjoner (15-55 individ pr. 100 m^2). I både 2004 og 2006 var yngeltettheten middels høy, med henholdsvis 31 og 37 individ pr. 100 m^2 (*Figur 34*). I Bjerkreimsvassdraget (Rogaland) har innløpet til Loni vært undersøkt nesten hvert år siden 1987. Fram til 1999 ble det ikke registrert yngel på denne lokaliteten, bortsett fra ett individ i 1990. Det første året med noe yngel av betydning var i 2000, med 18 individ pr. 100 m^2. I 2001 ble det ikke påvist yngel på innløpet av Loni, men i de seinere åra har rekrutteringen igjen vært økende (*Figur 34*). På utløpet av Nystølsvatn i Gaularvassdraget er det bare påvist aureyngel i to år (1996 og 1998). Det ble imidlertid fanget ett individ på innløpet i 2004. I 2005 ble det ikke fanget aureunger verken på innløpet eller utløpet av denne innsjøen (*Figur 34*). Det ble ikke foretatt undersøkelser i dette vassdraget i 2006. I prøvefiskefangster fra Nystølsvatn i seinere år har det vært innslag av yngre fisk, noe som dokumenterer en viss naturlig rekruttering.



Figur 34. Antall aureyngel pr.100 m^2 på innløpet og utløpet av Saudlandsvatn (1986-2006), innløpet av Røyravatn (1987-2006), innløpet av Loni (1987-2006) og utløpet av Nystølsvatn (1986-2005).

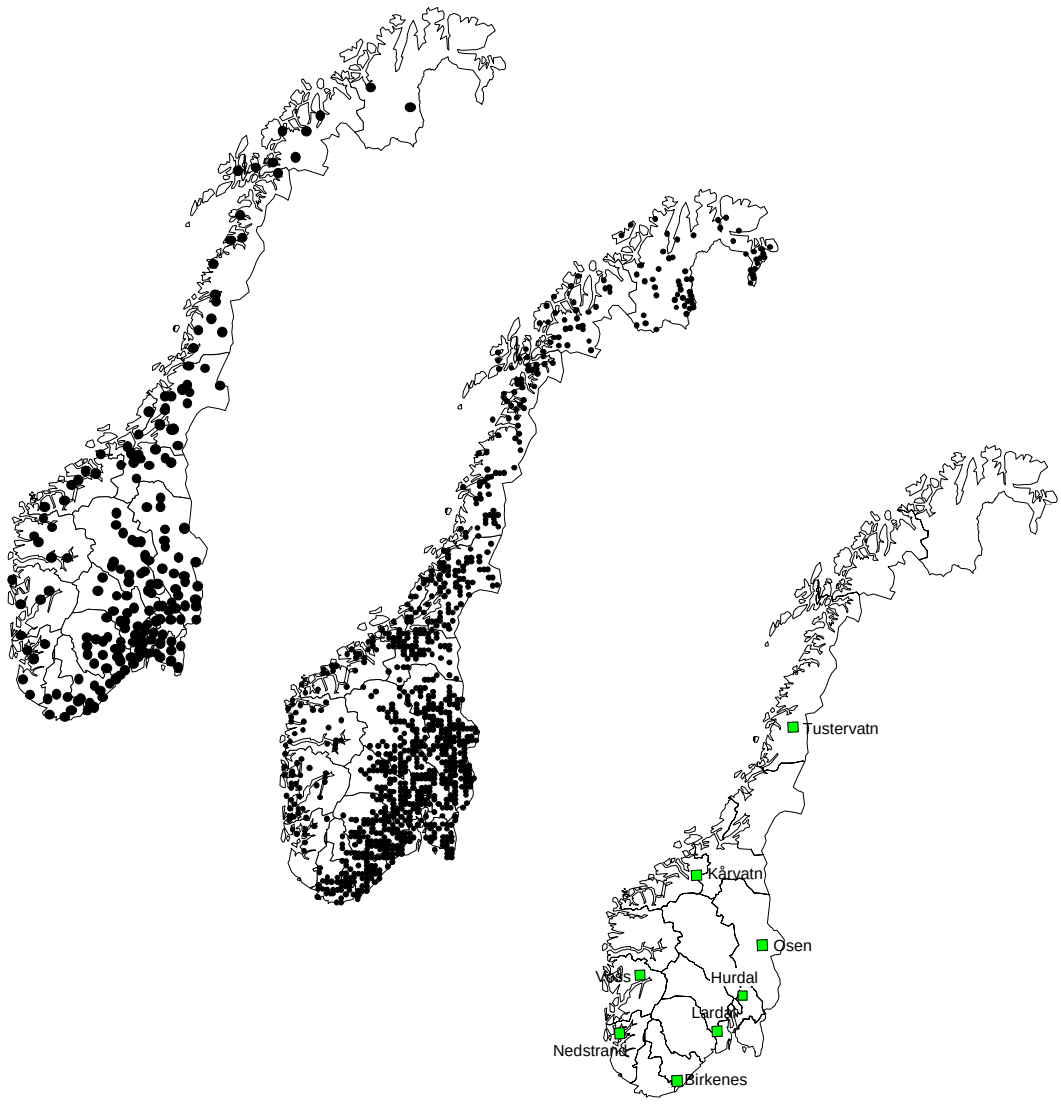
Figure 34. Estimated mean density per 100 m^2 stream area of young-of–the-year (age 0+) brown trout in the inlet and outlet of Lake Saudlandsvatn (1986-2006), inlet of Lake Røyravatn (1987-2006), inlet of Lake Loni (1987-2006) and outlet of Lake Nystølsvatn (1986-2005).

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 overvåkete flater (Figur 35). Overvåkingen på de **landsrepresentative flater** startet på midten av 1980-tallet. Fra 1989 til 2000 ble kronetilstandsregistreringer utført for alle gran- og furutrær som stod på flater som lå i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Registreringer i dette nettet ble delvis nedlagt før feltsesongen i 2001. Bjørk som stod på flater i et 18x18 km nett ble overvåket fra 1992 til og med 2001. Fra 2002 har den nasjonale overvåkingen av gran-, furu og bjørkeskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I tillegg kommer registreringer av kronetetthet og kronefargen til observasjonstrær av gran og furu i landsskogtakseringens flatenett (3x3 km). 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). De **intensivt overvåkete flatene** har et mer omfattende måleprogram der eksempelvis kjemisk analyse av jordvann 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 alle "intensivflatene" i OPS undersøkes jordvann i tre jorddybder ved hjelp av lysimetere 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 overvåkete flatene** rapporteres til det Europeiske skogskadeprogrammet ICP Forests. Fra de intensivt overvåkete flatene rapporteres også data til ICP IM. Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i manualen (UNECE/EC 1998) 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 35. Lokaliteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). Fra høyre mot venstre er det vist de regionale flater, landsrepresentative flater og intensive flater.

Figure 35. Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS).

Overvåking av markvegetasjon, epifyttiske vegetasjon og fauna

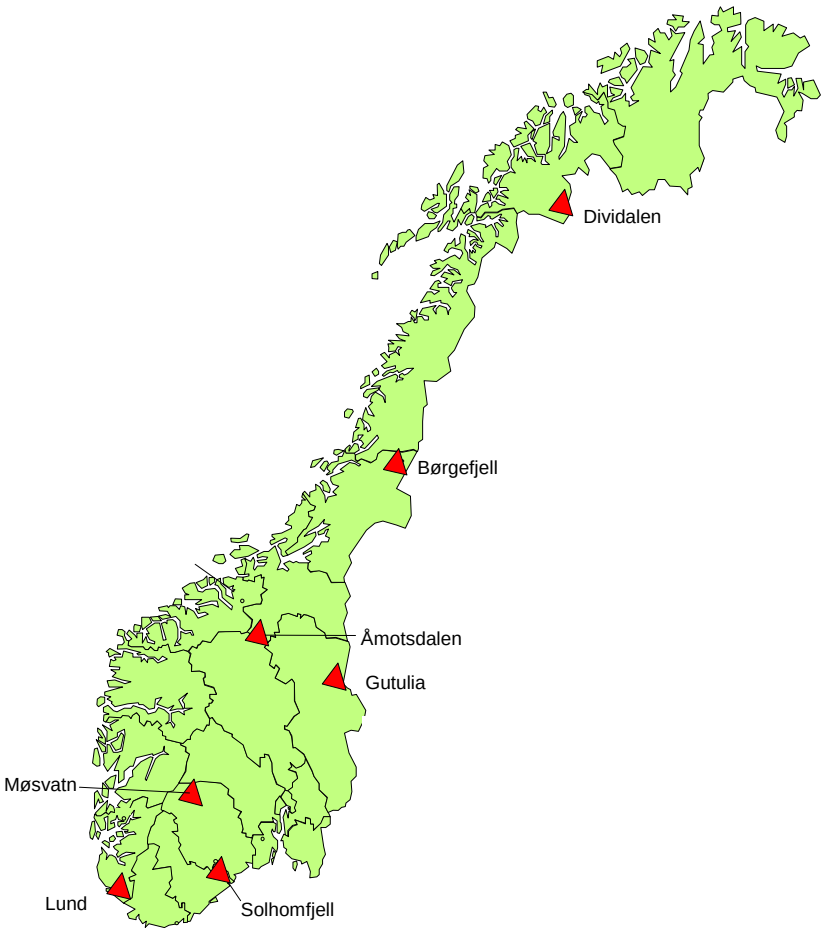
Programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) gjennomføres i hovedsak som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder etablert på fastlandet i 1988-93, henholdsvis ett område i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se *Figur 36*). Her studeres kjemiske forhold i 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 menneskeskapte miljøforhold. I hvert TOV-område registreres *markvegetasjonen* i (minst) 50 faste analyseruter à 1 m^2 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^2. 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 2006 ble markvegetasjonen undersøkt i bjørkeskog i Lund (1 analyserute ble ikke analysert pga humlebol i ruta) og Åmotsdalen.

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 2006 ble epifytter registrert på bjørketrær i Lund og Åmotsdalen.

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 overvåkings-område. I tillegg foretas årlige undersøkelser av klekkesuksessen hos svarthvit fluesnapper i 50 oppsatte fuglekasser i hvert område (i Lund, Solhomfjell, Gutulia og Åmotsdalen i 2006).

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 hunnfuglenes belastningsstatus ved starten av forplantningssesongen. Innsamlingene fra 2004 og 2005 er nå analysert og rapporteres her. 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 36. Lokaliteter på fastlandet som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV).

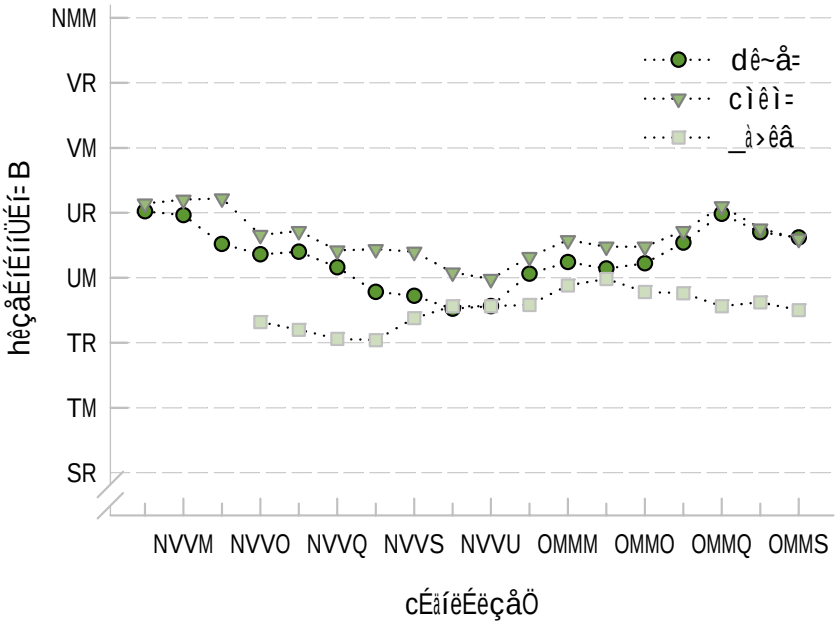
Figure 36. Sites on the Norwegian mainland where monitoring of terrestrial ecosystems is conducted.

6.1 Effekter på skog

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2006 viser at for skogens helsetilstand, landet sett under ett, er kronetetthet noe svekket, mens kronefarge har økt noe fra foregående år (2005).

Kronevurderinger på landsomfattende flatenett
I 2006 ble 1682 flater og 8995 trær oppsøkt og registrert i den landsrepresentative overvåkingen - ICP Forests Level I (Hylen og Larsson 2007). Kronetilstanden ble bedømt på 6828 bartrær og 2167 bjørketrær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2006 var 83,3 % for gran, 83,2 % for furu og 77,3 % for bjørk (*Figur 37*). For gran og furu representerte dette en nedgang på henholdsvis 0,6 og 0,8 %, mens for bjørk ble nedgangen noe større med 1,4 %, sammenlignet med året før. Fra 1989 til 1997 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu, mens trenden i perioden 1997 til 2004 har vært en økning. De siste to 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 2006 var for gran 51,1 %, for furu 31,2 % og for bjørk 33 %. Dette er en nedgang for alle treslagene sammenlignet med året før. Som forventet har eldre trær generelt lavere kronetetthet enn yngre trær.



Figur 37. Utvikling i kronetetthet på landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk.

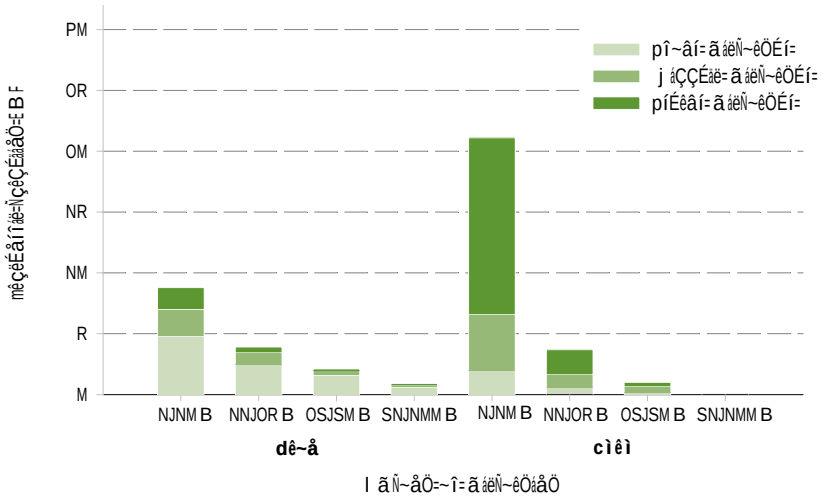
Figure 37. Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch for the national representative plots.

Andelen grantrær med frisk grønn kronefarge økte med hele 11 % fra 2005, og var på 84 % i 2006 (*Figur 38*). Dette er den høyeste andelen som er registrert under hele overvåkingsperioden. 94 % av grantrærne under 60 år hadde frisk grønn farge, mot 74 % av de over 60 år. Hos furu sank andelen trær med frisk grønn farge med 5 % til 75 %. Av furutrær yngre enn 60 år hadde 80 % frisk grønn farge, mens 72 % av de over 60 år hadde frisk grønnfarge. Også hos bjørk minket andelen friske grønne trær fra 2005. Andelen var i 2006 på 69 %, som er 10 % mindre enn året før. Nedgangen var størst for trærne over 60 år (58 % i 2006 mot 74 % året før).

Det ble registrert få skader i den landsrepresentative overvåkingen på gran og furu i 2006. Kun 0,6 % av de undersøkte grantrærne var angrepet av granrust. 4,3 % av furutrærne var skadd av furubarveps. Hos bjørk var 10,4 % av trærne skadet av fjellbjørkemåler, 8,7 % av andre insekter og 2,9 % av bjørkerustsopp. Dødeligheten var meget lav for gran og furu (0,05 ‰), og på et normalt nivå for bjørk (0,3 ‰).

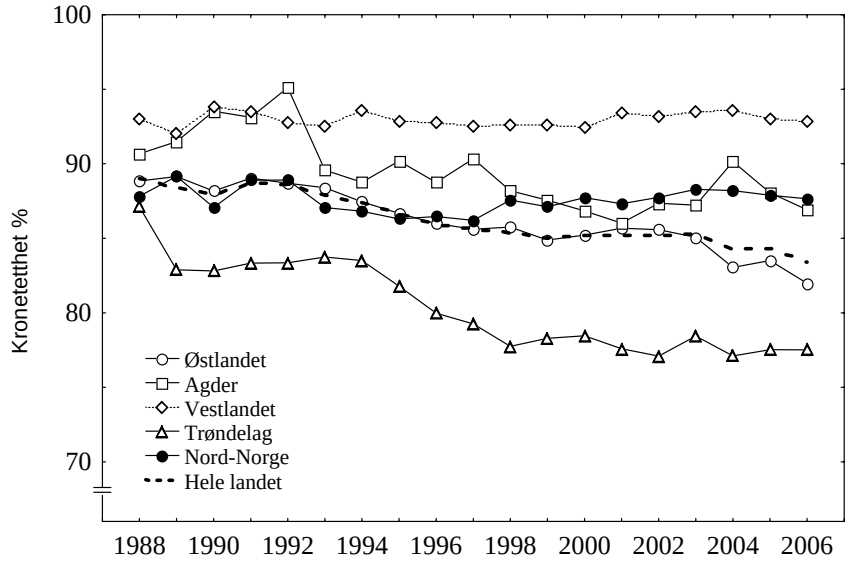
På de regionale skogovervåkingsflatene ble det i 2006 utført registreringer på 509 flater med 28134 trær. Kroneregistreringene viste en svak nedgang i kronetetthet for gran med 0,7 % fra 2005 til 83,4 % i 2006 (Timmermann 2007). Nedgangen var mest markant på Østlandet (særlig i Telemark) og i Agder. Lavest kronetetthet for gran var det i Oppland og i Sør- og Nord-Trøndelag. Etter en periode med stabil kronetetthet for gran mellom 1999 og 2003, har

kronetetthet igjen avtatt de tre siste årene (Figur 39**).** Kronetetthet for furu fortsatte å synke, og landsgjennomsnittet var på 74,1 % i 2006.



*Figur 38**.** Kronemisfarging for gran og furu, landsrepresentative flater. Prosentfordeling på grad og omfang av misfarging.*

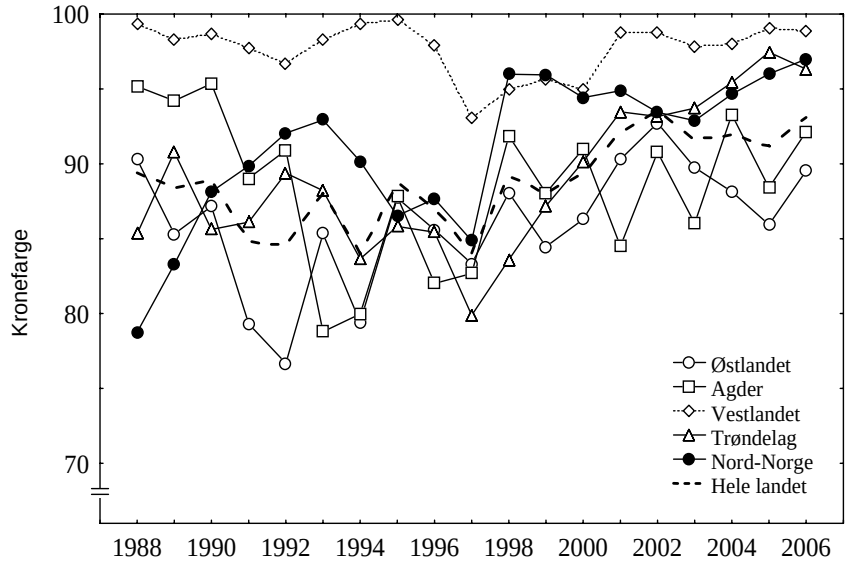
Figure 38. Percentage of Norway spruce and Scots pine in discoloration classes for the national representative plots.



Figur 39. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for gran på de regionale flatene 1988-2006, fordelt på landsdel.

Figure 39. Crown density for Norway spruce at the regional monitoring plots in regions.

Kronefarge for gran forbedret seg over store deler av landet fra 2005 til 2006. Gjennomsnittlig andel normalt grønne grantrær var 92 %. Bare i Hedmark og Vestfold var andelen normalt grønne grantrær med hhv. 78 og 85 % lavere enn 90 %. 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 40).* Andelen normalt grønne furutrær var også i 2006 veldig høy, 93 %.



Figur 40. Utvikling av kronefarge (prosentandel grønne trær) for gran på de regionale flatene 1988-2006, fordelt på landsdel.

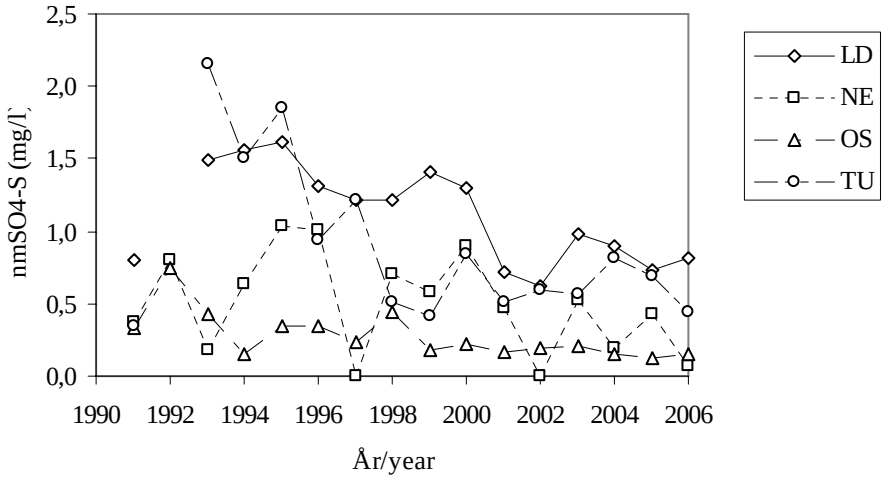
Figure 40. Crown colour (percentage green trees) for Norway spruce at the regional monitoring plots in regions.

Det ble registrert få biotiske skader (sopp- og insektskader) på gran og furu på de regionale overvåkingsflatene i 2006 (0,3 %). Blant de abiotiske skadene var de fleste relatert til klimatiske forhold (tørke, frost, snø- og vindskader, 0,7 %). Dødeligheten lå med 0,4 ‰ noe over langtidsgjennomsnittet for gran og furu.

Skogøkologiske undersøkelser på intensivt overvåkete flater (ICP Forests Level II). Kronetetthet for gran var omtrent uforandret fra 2005 til 2006 (80,7 %) på de intensivt overvåkede flatene (Andreassen et al.2007). Andelen normalt grønne grantrær (kronefarge) gikk derimot noe ned sammenlignet med året før (fra 95 til 89 %).

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 sulfat (*Figur 41*). Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deposisjon enn feltene i nord. Sulfatnedfallet har vært avtakende særlig sør i landet, og noenlunde konstant i nord siden 1990. pH i jordvann 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, ofte nær

deteksjonsgrensen. Imidlertid, har vi målt høyere nitratkonsentrasjoner i jordvann om våren på noen av flatene. Dette var særlig markant på flaten i Lardal. Årsaken til disse er ukjent. Tilførsel av sjøsalter er betydelig på de kystnære feltene, og gjenspeiles i Na- og Cl-konsentrasjoner i nedbøren og jordvannet. Risikoen for aluminiumgiftighet 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 usikkert om disse har noen effekt på skogøkosystemet. Generelt ser det ut til at tilførselen av forsurende stoffer har stabilisert seg de siste 5 åra på de fleste av disse overvåkingsflatene.



Figur 41. Langtidstrender i ikke-marint (nm) SO4-S jordvann fra 15 cm-sjiktet i Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

Figure 41. Long-term trends in non-marine (nm) SO4-S in soil water from 15 cm depth at Lardal, Nedstrand, Osen and Tustervatn.

6.2 Effekter på markvegetasjon

Undersøkelsene av markvegetasjonen i bjørkeskog i overvåkingsområdet i Lund viser signifikante endringer som kan knyttes til mulige effekter av både forsuring og nitrogen-gjødsling, så vel som et mildere klima. Resultatene fra overvåking av markvegetasjonen i Åmotsdalen tyder ikke på noen effekter av forurensninger, men snarere av noe mildere klima.

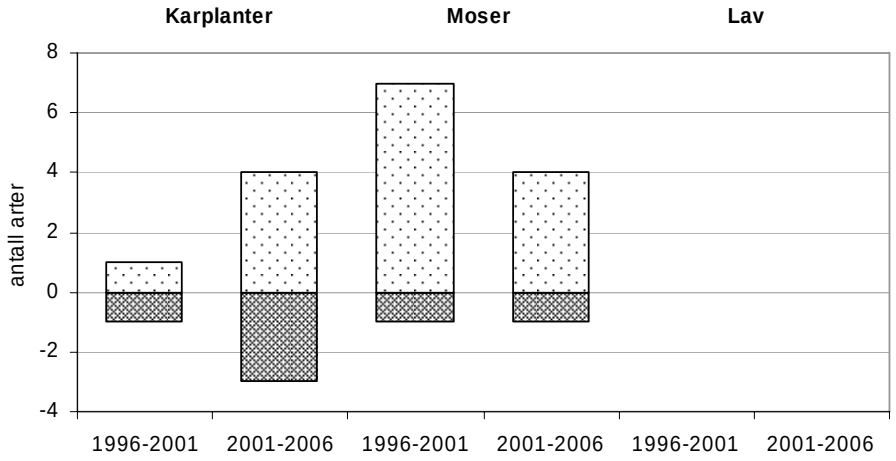
Ved utgangen av 2006 var markvegetasjonen i overvåkingsområdene i bjørkeskog reanalysert to ganger i 5 av 6 områder, etter at undersøkelsesdesignet ble justert i 1993 for å kunne følge og beskrive endringer i et bredt spekter av vegetasjonstyper. I 2006 ble overvåkingsområdene i Lund og Åmotsdalen analysert for tredje gang (1996, 2001, 2006), og resultater fra disse analysene presenteres her. Én av analyserutene i Lund ble ikke analysert i 2006 pga tilstedeværelse av et humlebol. Overvåkingsområdene i Lund og Åmotsdalen ligger i områder av Norge med henholdsvis mest og minst påvirkning fra langtransporterte forurensninger.

I de 49 reanalyserte rutene fra Lund i 2006 ble 71 arter registrert: 33 karplanter, 20 bladmoser, 2 torvmoser, 15 levermoser og 1 lavart. Totalt antall registrerte arter har økt svakt fra 69 arter i 1996 og vært stabilt siden 2001. Antall karplantearter har avtatt noe fra 35 i 1996 til 33,

mens antall bladmosearter har økt fra 17 til 20 arter. *Figur 42* viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2001-2006 ble det funnet signifikant framgang for fire karplantearter (blåbær *Vaccinium myrtilllus*, stri kråkefot *Lycopodium annotinum*, tepperot *Potentilla erecta*, blåtopp *Molinia caerulea*) og signifikant reduksjon for tre arter (fugletelg *Gymnocarpium dryopteris*, maiblom *Maianthemum bifolium*, skogstjerne *Trientalis europaea*). I perioden 1996-2001 ble det bare registrert signifikant framgang for én karplanteart (blåtopp) og tilbakegang for én (maiblom). Blant mosene viste fire arter signifikant framgang i perioden 2001-2006, mens én art viste tilbakegang. I perioden 1996-2001 viste hele sju mosearter framgang og ingen tilbakegang. Det er generelt lite lav i markvegetasjonen i Lund, og ingen arter viste signifikant endring i frekvens. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste signifikante endringer fra 1996 til 2001, mot vegetasjon typisk for voksesteder fattige på humus og basekationer. Perioden 1996-2006 sett under ett, viste samme utvikling.

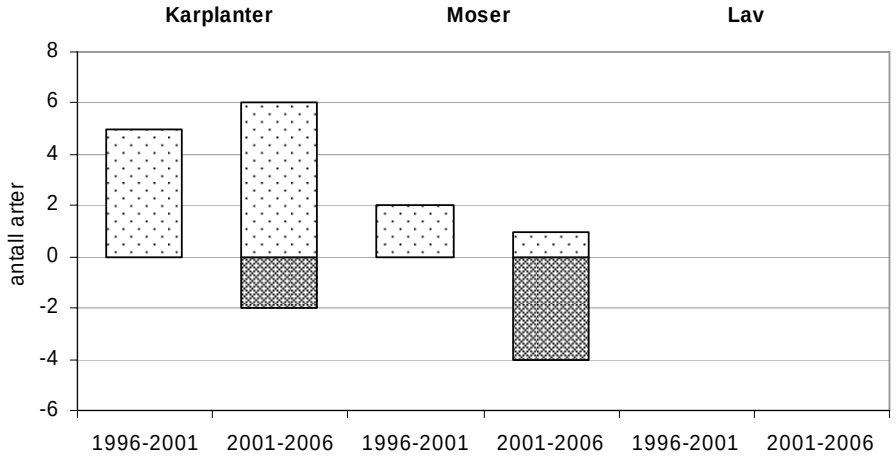
I de 50 reanalyserte rutene fra Åmotsdalen i 2006 ble 91 arter registrert: 54 karplanter, 15 bladmoser, ingen torvmoser, 12 levermoser og 10 lavarter. Totalt antall registrerte arter har variert noe gjennom perioden, fra 90 i 1996 og 85 i 2001. Antall arter av karplanter har variert mest, mens antall lavarter har vist en liten reduksjon. *Figur 43* viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2001-2006 viste hele seks karplantearter signifikant framgang (røsslyng *Calluna vulgaris*, krekling *Empetrum nigrum*, linnea *Linnaea borealis*, tepperot *Potentilla erecta*, skogstjerne *Trientalis europaea*, finnskjegg *Nardus stricta*), mens to viste signifikant tilbakegang (blokkebær *Vaccinium uliginosum*, harerug *Bistoria vivipara*). I perioden 1996-2001 viste fem karplantearter signifikant framgang (tyttebær *Vaccinium vitis-idaea*, harerug, engkvein *Agrostis capillaris*, smyle *Avenella flexuosa*, engfrytle *Luzula multiflora*) og ingen karplanter viste tilbakegang. Blant mosene viste fire arter signifikant tilbakegang i perioden 2001-2006, og én viste framgang, sammenlignet med perioden 1996-2001 da kun to mosearter viste signifikant framgang og ingen tilbakegang. Det ble ikke registrert noen signifikante endringer i frekvens for lavarter i noen av periodene. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste ikke-signifikante endringer fra 1996 til 2001, men i siste periode viste vegetasjonen endringer mot vegetasjon typisk for tørrere og rikere voksesteder.

Endringene i markvegetasjonen som er registrert i overvåkingsområdet i Lund, er konsistente med effekter av forurensning. Framgangen for arten blåtopp kan skyldes nitrogengjødsling fra lufttransportert nitrogen. Samtidig er tilbakegangen for flere av karplantearter med krav til noe baserikhet (fugletelg, maiblom, skogstjerne) konsistent med en langvarig næringsutvasking som kan knyttes til forsuring. Øvrige endringer i markvegetasjonen i Lund, som framgang av moser, kan i hovedsak knyttes til effekter av et mildere og fuktigere klima de siste tiårene. De registrerte endringene i markvegetasjonen i overvåkingsområdet i Åmotsdalen tyder ikke på noen effekter av forurensninger, men reflekterer i hovedsak effekter av et noe mildere klima og muligens effekter av endret beitebruk.



Figur 42. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Lund med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang i frekvens (negative verdier) mellom analyseårene 1996, 2001 og 2006. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 42. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) in frequency between the census years 1996, 2001 and 2006 at the monitoring site Lund. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.



Figur 43. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Åmotsdalen med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang i frekvens (negative verdier) mellom analyseårene 1996, 2001 og 2006. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 43. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) in frequency between the census years 1996, 2001 and 2006 at the monitoring site Åmotsdalen. 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 lavarter.

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 bladlavarter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*), snømållav (*Melanelia olivacea*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). I 2006 ble epifyttvegetasjonen i overvåkingsområdene i Åmotsdalen og Lund 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 44*). Dessuten er en stor andel av laven registrert som skadd (*Figur 45*). 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 (*Figur 46*). 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.

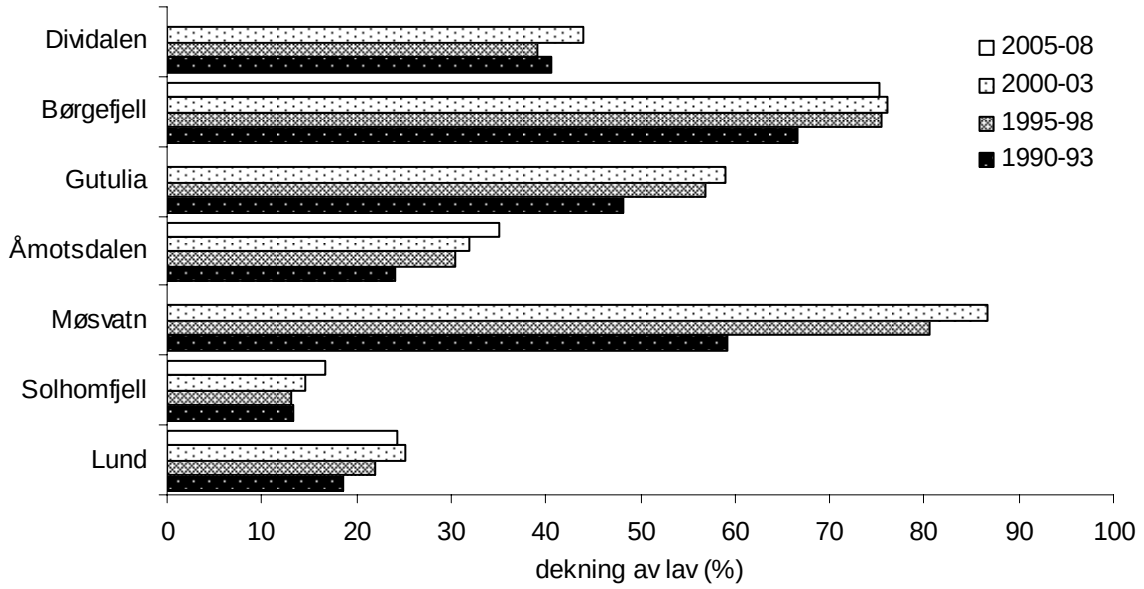
I Solhomfjell kartlegges epifyttene på furu, som har fattigere epifyttflora og generelt lavere dekning enn bjørk. Solhomfjell-området har i lengre tid vært utsatt for betydelige forurensningsbelastninger. Økning i lavdekningen og betydelig reduksjon i skadefrekvens for lav på furu i Solhomfjell (*Figur 44* og *Figur 45*) er konsistent med effekter av reduksjon i svovelnedfall og forsuring 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 44* og *Figur 45*). Det er særlig økt skade på snømållav, noe som kan ha sammenheng klimaet.

Det er mest lav på trestammene i Møsvatn, Gutulia og Børgefjell (*Figur 44*). 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 45*), og brunskjegg har vist tydelig framgang, fra 1,8 % dekning i 1992 til 15,5 % dekning i 2002. 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 45*). Denne økningen kan ha sammenheng med klimabetinget

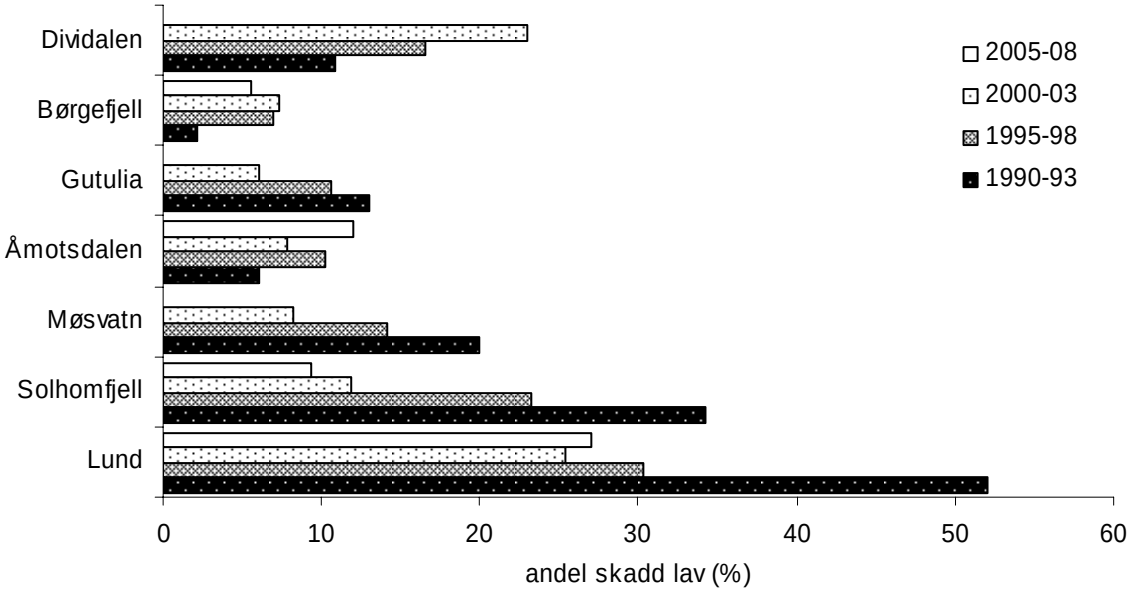
skade på bl.a. snømållav, som også er vesentlig redusert i frekvens gjennom overvåkingsperioden.

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.



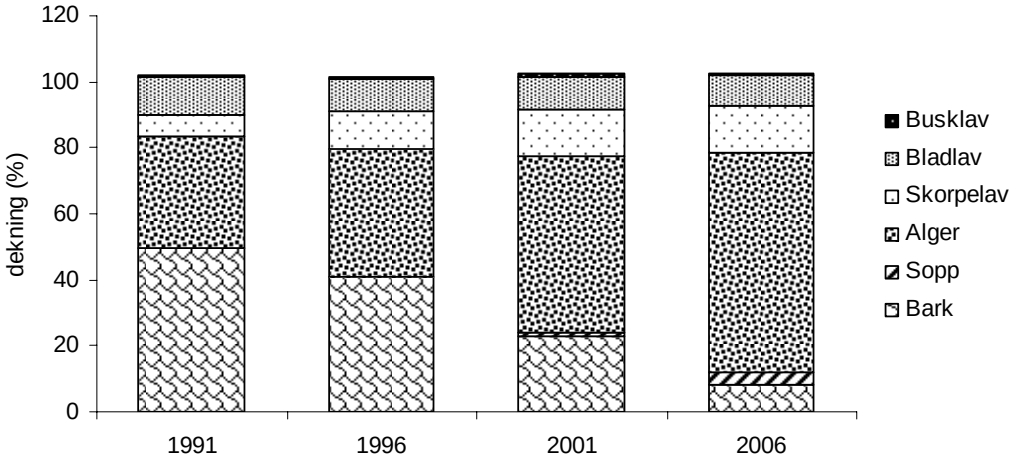
Figur 44. Dekningen av epifyttiske lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08), angitt som total dekning av lav i prosent av kartlagt stammeareal. Følgende prøvefelt er ikke tatt med: Børgefjell prøvefelt 0 (etablert 2005), Åmotsdalen prøvefeltene 6 og 7 (etablert 2004).

Figure 44. 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).



Figur 45. 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).

Figure 45. 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).



Figur 46. Dekning av bark og ulike grupper av epifytter på bjørketrær i overvåkingsområdet i Lund, angitt som prosent av kartlagt areal. Summen kan overstige 100% siden enkelte arter kan vokse over hverandre.

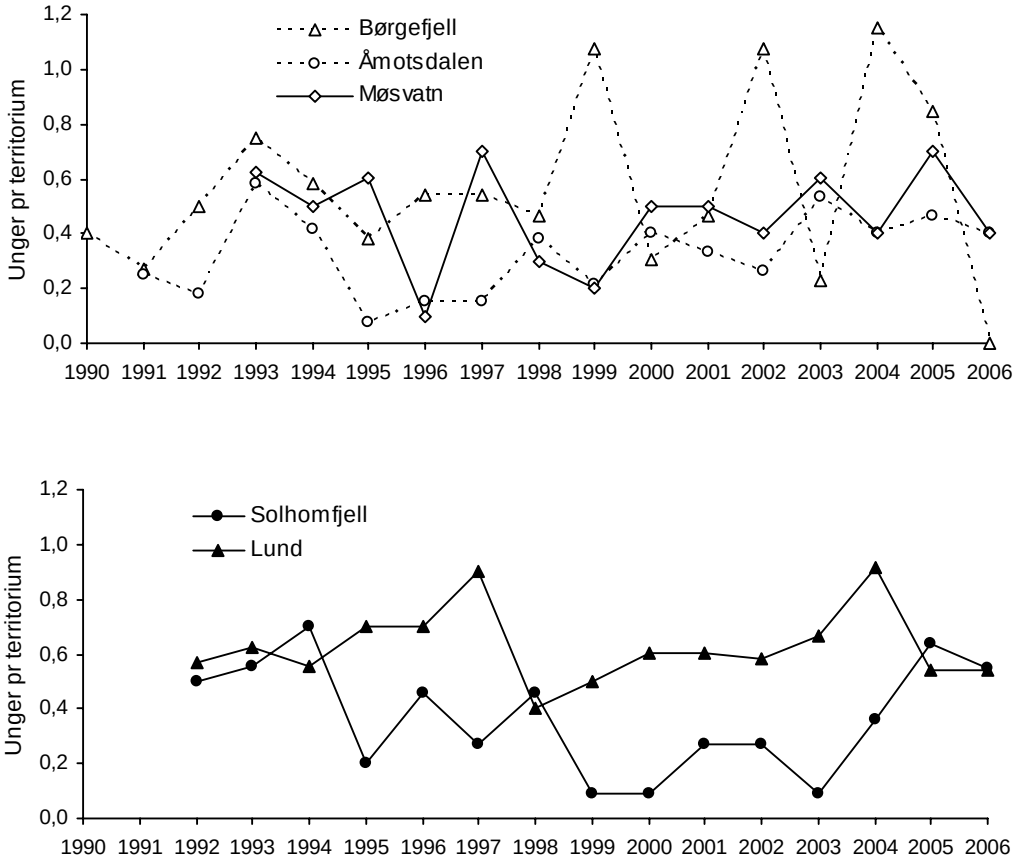
Figure 46. Cover of bark and various groups of epiphytes on birch trees at the monitoring site in Lund, given as per cent of mapped trunk area. The sum may exceed 100% due to hyperepiphytism.

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. Belastningen av organiske miljøgifter i rovfuglegg er redusert de siste tiårene, mens skalltykkelsen generelt har økt, men ennå har ikke disse indikatorene nådd normale nivåer fra før DDT kom i vanlig bruk (1947). For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensningsbelastede 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.

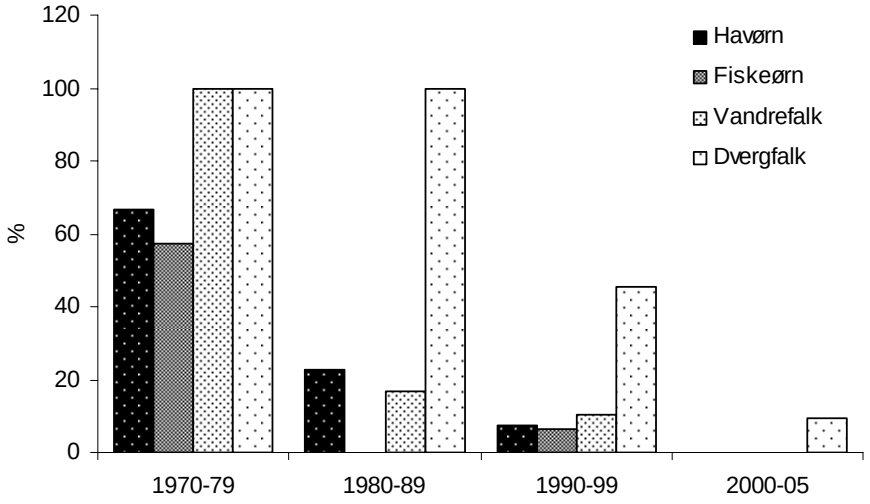
Rovfugl
Ungeproduksjonen hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryper for jaktfalk. For kongeørn vil imidlertid også tilgangen på kadaver fra vilt og husdyr kunne være en viktig føderessurs. Resultatene fra overvåkingsområdene 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 1991–2006 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 47*). 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.

Overvåking av miljøgifter i egg av rovfugl, med dvergfalk som hovedart, har foregått som del av Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) siden 1992. Ved i tillegg å benytte publiserte og upubliserte data helt tilbake til 1966, har vi nå utviklingstrender for miljøgifter i egg i løpet av de siste fire tiårene for enkelte arter. Denne dataserien er dermed en av de aller lengste i sitt slag i Norge. Resultatene viser i hovedtrekk at nivåene av de klassiske miljøgiftene fortsatt er på vei nedover i norske rovfugler, og de fleste analysene viser nivåer under antatte faregrenser (*Figur 48*). Det er noe usikkerhet om utviklingen for innholdet av bromerte flammehemmere hos fugler, da materialet ennå er lite og tidsserien kort. Vi har for første gang analysert for perfluorerte organiske stoffer (PFC), og det ble funnet urovekkende høye verdier, på nivå med de bromerte flammehemmerne. Et hubroegg fra Hitra hadde de høyeste verdiene som er kjent i fugl i Norge til nå. Vi vet ennå lite om mulige biologiske effekter av disse stoffene, som brukes til overflatebehandling av tekstiler mv, samt til brannhemmende formål. Forekomst av de fleste organiske miljøgiftene er positivt korrelert med hverandre. Kvikksølvnivåene ser ut til ha stabilisert seg på et nivå som sannsynligvis er langt over de før-industrielle bakgrunnsnivåene, og havørna, vandrefalken og dvergfalken har de høyeste nivåene.



Figur 47. Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990-2006.

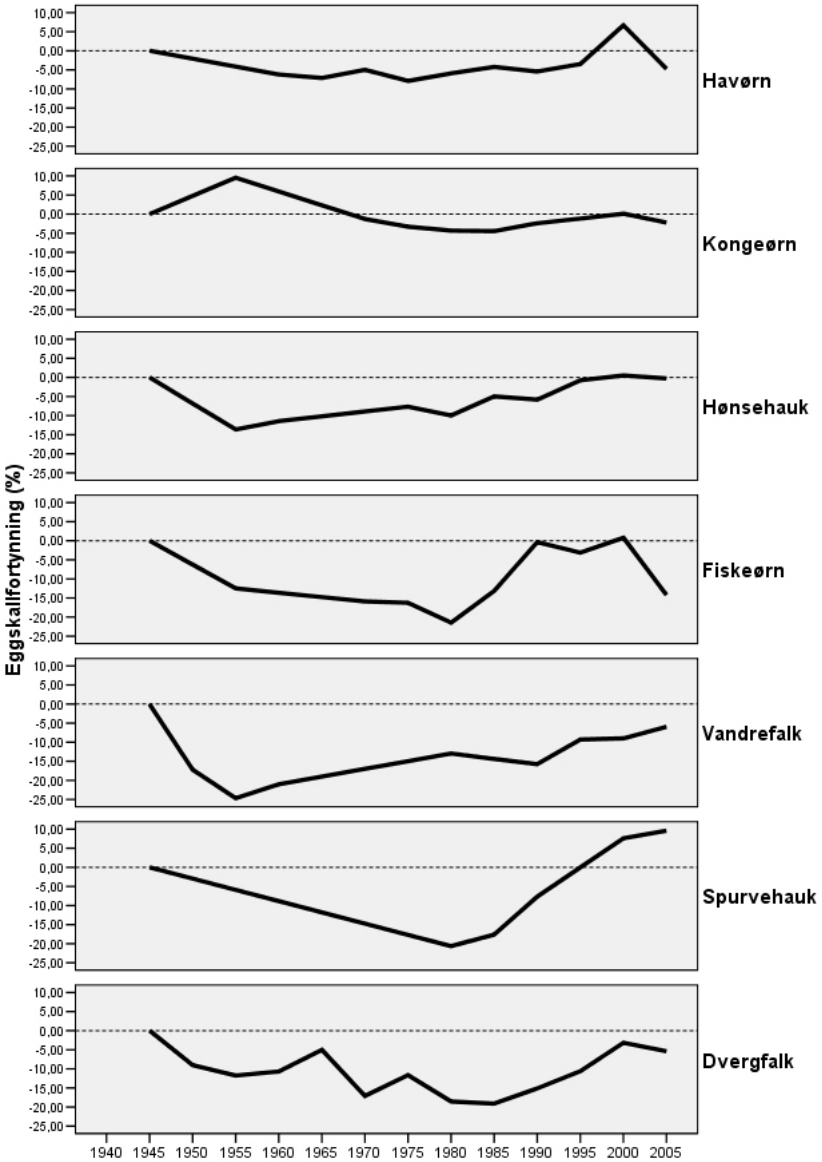
Figure 47. Production of young per investigated territory of golden eagles at the monitoring sites 1990-2006.



Figur 48. Andelen egg (%) med DDT-nivåer som kan gi redusert produktivitet eller bestandsnedgang, fordelt på tiår. Ukorrigerte konsentrasjoner basert på våtvekt, er brukt for sammenlignbarhetens skyld.

Figure 48. Proportion of eggs (%) with DDT levels associated with breeding depression or population decline, by decade. Uncorrected concentrations based on wet weight are used to ensure valid comparisons.

Flere av de organiske miljøgiftene fører til at fuglenes reproduksjon blir dårligere, bl.a. ved at eggskallene blir tynne og får økt risiko for knusing. For de fleste undersøkte rovfuglartene er eggskallene i ferd med å bli tykkere (*Figur 49*), men for de fleste artene har tykkelsen ennå ikke nådd opp til normale verdier fra tiden før DDT kom i alminnelig bruk (før 1947). For de fleste artene av rovfugl i Norge ser tykkelsen av eggskall ut til å være stabil eller økende, og dette skyldes utvilsomt delvis redusert miljøgiftbelastning. For noen arter, slik som vandrefalken, har restriksjoner og forbud mot bruken av noen giftige kjemikalier vært av avgjørende betydning for at arten har tatt seg opp igjen. Bruk av rovfuglegg som miljøgiftindikator er vurdert som en ikke-destruktiv og effektiv måte for å overvåke naturmiljøene på bred basis.

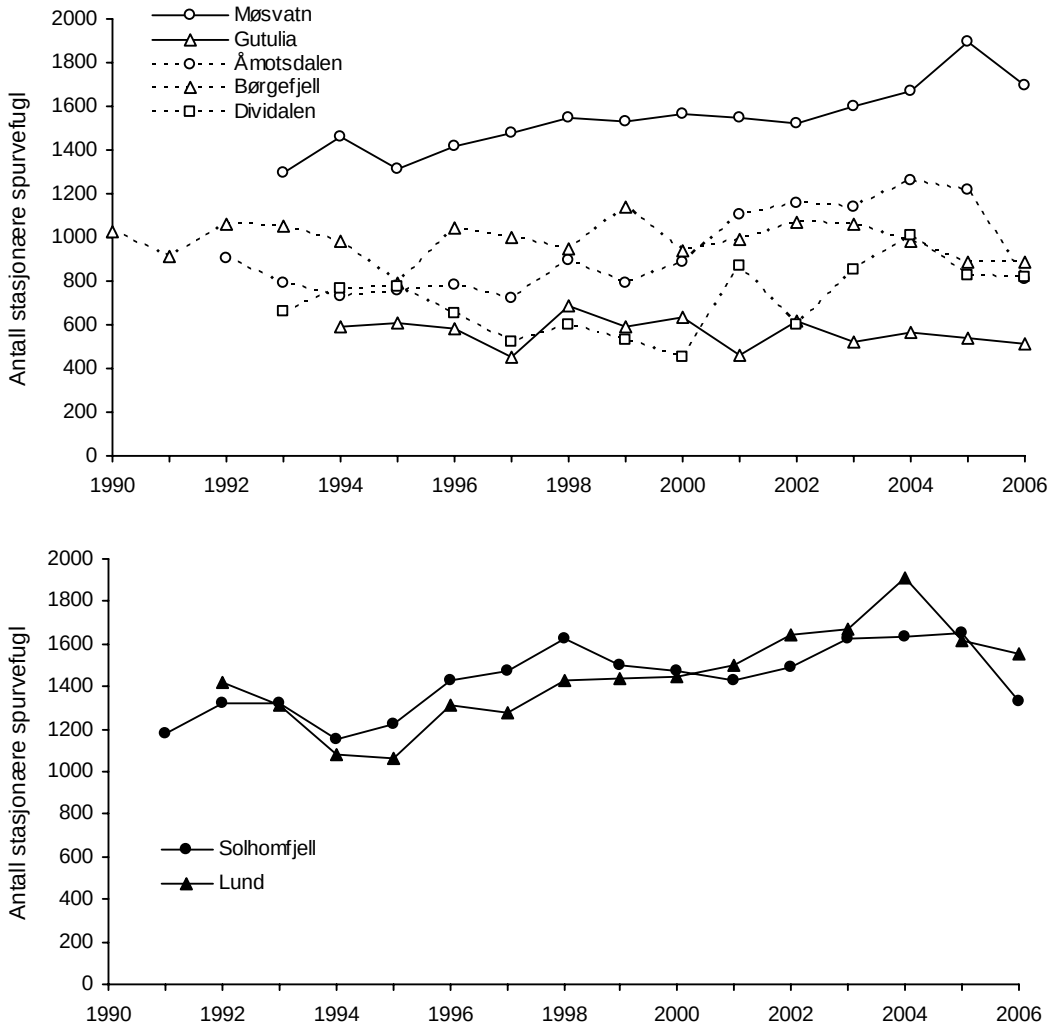


Figur 49. Gjennomsnittlig avvik fra normal skalltykkelse (før 1947) hos noen norske rovfuglarter 1947-2005.

Figure 49. Mean deviation from normal egg shell thickness (pre 1947) in some Norwegian birds of prey 1947-2005.

Spurvefugler

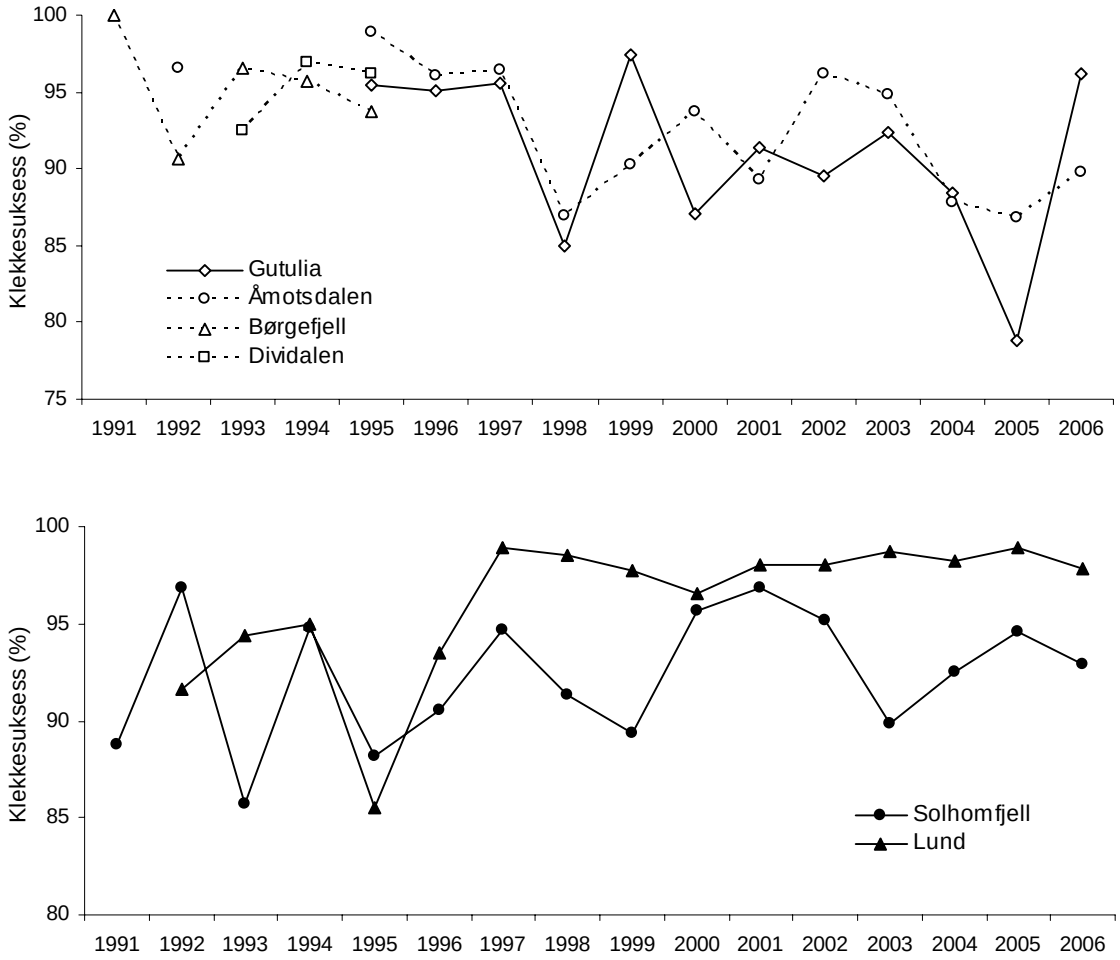
Spurvefuglartene i overvåkingsområdene er i hovedsak knyttet til nordboreale og alpine økosystemer der artsantallet er betydelig lavere enn i mellom- og sørboreale økosystemer. De sørligste områdene, Lund og Solhomfjell, inkluderer en større andel mellom- og sørboreale økosystemer, men det er likevel stor grad av likhet i spurvefuglfaunaen for TOV-områdene. Etter 2006-sesongen har vi tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på minst 13 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 invasjonspreget 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 1990-2006.



Figur 50. Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990-2006.

Figure 50. Changes in the populations of regular, territorial passerine birds at the monitoring sites 1990-2006.

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. 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 1991-2006, 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 1991-2006, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches that were not destroyed.

7. Referanser

Luft og nedbør:

SFT 2007. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2006. Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. SFT rapport 985/2007. NILU OR 22/2007.

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.

SFT 2006. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2005. SFT-rapport 9702006, TA-2205/2006.

SFT 2007. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2006. Statlig program for forurensningsovervåking. SFT-rapport xxx/2007, Statens forurensningstilsyn, Oslo, Norway. Ferdigstilles ca oktober 2007.

OPS

Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V. og Aas, W. 2007. Intensiv skogovervåking i 2006. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Viten fra Skog og landskap (in prep.)

Hylen, G. og Larsson, J. Y. 2007. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-2006. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 09/2007.

Timmermann, V. 2007. Vitalitetsregistreringer på de regionale skogovervåkingsflater. Resultater 2006. Forskning fra Skog og landskap 01/2007.

UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe - European Commission) 1998. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests.

TOV

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

Framstad, E. (red.). 2007. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2006: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. NINA Rapport 262, 117 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.

Nygård, T., Herzke, D. & Polder, A. 2006. Natur i endring. Utviklingen av miljøgifter i rovfuglegg i Norge fram til 2005. Program for terrestrisk naturovervåking, Rapport nr. 133. NINA Rapport 213, 42s.

Referer til denne rapporten som:

SFT 2007. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2006 - Sammendragsrapport. SFT-rapport 988/2007, TA-2274/2007.

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
Internett: www.sft.no

Utførende institusjoner	Kontaktperson SFT	ISBN-nummer
NILU, NIVA, NINA, UiB, Skog og landskap	Tor Johannessen	978-82-577-5177-7

Statlig program for forurensningsovervåking	Avdeling i SFT	TA-nummer
SFT-rapport 988/2007		2274/2007

Oppdragstakers prosjektansvarlig	År	Sidetall	SFTs kontraktnummer
Brit Lisa Skjelkvåle	2007	86	6004057

Utgiver	Prosjektet er finansiert av
Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport OR-5442-2007	Statens forurensningstilsyn (SFT) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Landbruksdepartementet (LD)

Forfatter(e)
Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI-Unifob, UiB), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Dagmar Hagen (NINA), Erik Framstad (NINA), Gro Hylen (Skog og landskap), Gunnar Halvorsen (NINA), Gunnar R. Raddum (LFI-Unifob, UiB), Inga E. Bruteig (NINA), John Atle Kålås (NINA), John Y. Larsson (Skog og landskap), 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), Tore Høgåsen (NIVA), Torgeir Nygård (NINA), Trygve Hesthagen (NINA), Vegar Bakkestuen (NINA), Volkmar Timmermann (Skog og landskap), Wenche Aas (NILU).

Tittel - norsk og engelsk
Overvåking av langtransporterte forurensninger 2006 - Sammendragsrapport
Monitoring long-range transboundary air pollution 2006 - Summary report.

Sammendrag – summary
Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2006 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 2006 from three national monitoring programmes on long-range transboundary air pollution.

4 emneord	4 subject words
Overvåking	Monitoring
Luftforurensning	Air pollution
Akvatisk miljø	Aquatic environment
Terrestrisk miljø	Terrestrial environment