



Statlig program for forurensningsovervåking

SAMMENDRAGSRAPPORT

Overvåking av langtransporterte forurensninger 2008

2522

2009





Statlig program for forurensningsovervåking
Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

SPFO-rapport: 1050/2009

TA-2527/2009

ISBN 978-82-577-5545-4

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn (SFT)

Utførende institusjoner: NILU, NIVA, NINA, LFI, Unifob

Miljøforskning, Skog og landskap

: **Overvåking av
langtransporterte
forurensninger 2008**

**Rapport
1050/2009**

Sammendragsrapport

Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2008 fra tre overvåkingsprogrammer: “Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”, “Overvåkingsprogram for skogskader” (OPS) og “Program for terrestrisk naturovervåking” (TOV). Disse tre programmene organiserer omfattende måleprogrammer på luft, vann, jord, skog og annen vegetasjon og akvatisk og terrestrisk fauna. Resultatene rapporteres i forskjellige hovedrapporter og delrapporter, og det kan derfor være vanskelig å få den totale oversikten over hovedresultatene fra overvåkingsprogrammene og hvordan de kompletterer og utfyller hverandre. Vi presenterer her en kortfattet og samlet oversikt over de viktigste resultatene fra de tre overvåkingsprogrammene. For en grundig dokumentasjon om gjennomføring og resultater henviser vi til rapportene som denne Sammendragsrapporten baserer seg på.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av denne rapporten har vært:

“Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør”

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

Vannkjemi: Brit Lisa Skjelkvåle, Liv Bente Skancke og Tore Høgåsen (NIVA)

Bunndyr: Arne Fjellheim og Godtfred A. Halvorsen (LFI, Unifob Miljøforskning)

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 flater: Volkmar Timmermann (Skog og landskap)

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

TOV Samlet redigering: Erik Framstad (NINA)

Markvegetasjon: Per Arild Aarrestad (NINA), Tonje Økland, Ingvald Røsberg og Harald Bratli (Skog og landskap), Rune Halvorsen og Anders K. Wollan (NHM, UiO), Vegar Bakkestuen (NMH, UiO/NINA)

Epifytter: Inga E. Bruteig og Marianne Evju (NINA)

Fauna: John Atle Kålås (NINA)

NIVA, Oslo, juni 2009

Brit Lisa Skjelkvåle
Redaktør

Innhold

1.	Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2008.....	5
2.	Results from monitoring effects of long-range transboundary air pollution in Norway 2008	11
3.	Innledning	15
3.1	Presentasjon av programmene	15
3.2	Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv	16
4.	Luft og nedbør	18
4.1	Utslipp	18
4.2	Nedbørkjemi - våtavsetninger	18
4.3	Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger	22
4.4	Totalavsetning fra luft og nedbør	23
4.5	Bakkenær ozon	24
4.6	Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP)	25
4.7	Partikler (PM ₁₀ , PM _{2,5} og PM ₁) i luft på Birkenes	27
5.	Det akvatiske miljøet	29
5.1	Effekter på vannkjemi	32
5.2	Effekter på akvatisk fauna.....	45
5.2.1	Effekter på bunndyr	45
5.2.2	Effekter på krepsdyr.....	52
5.2.3	Effekter på fisk.....	59
5.2.4	Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer	61
6.	Det terresteriske miljøet	71
6.1	Effekter på skog	74
6.2	Effekter på markvegetasjon	77
6.3	Effekter på epifyttisk vegetasjon.....	82
6.4	Effekter på fauna	85
7.	Referanser.....	88

1. Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2008

Det er langt igjen før forsuringproblemet i Norge er løst

Selv om vi kan glede oss over en positiv utvikling på forsuringssituasjonen, er det viktig å understreke at det er langt igjen før forsuringproblemet 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.

Både sulfat og nitrat avtar fortsatt i nedbør

Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 63-87% fra 1980 til 2008. Nitrogenutslippene går også ned. I Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjon i nedbør blitt redusert med hhv. 23-46 % og 45-31 % i samme tidsperiode. Endringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Konsentrasjon og avsetning av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i nedbør i 2008 er relativt likt 2007. Det har vært noe høyere avsetning særlig på sørøstlandet pga mer nedbør i forhold til det rekordlave nivået i 2007.

Nedgangen i sulfat og nitrat i vann og vassdrag forstetter og foruringen reduseres

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer fra 40-80% fra 1980 til 2008, med de største nedgangene i den sørlige delen av landet. Nedgangen var markert også i 2008. Forsuringssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar forbedring siden midten av 90-tallet, med økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC), alkalitet og pH og nedgang i uorganisk aluminium (LAl, "giftig aluminium").

Den akvatiske faunaen er i ferd med å reetablere seg

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 har vist en klar positiv utvikling etter 1990, mens endringene i innsjøfaunaen er små.

Skogens helsetilstand er i bedring

I Norge er skogtilstanden nokså stabil, selv om det forekommer perioder med endringer. Etter flere år med en svekking av skogens helsetilstand, ble det i 2008 igjen registrert økende kronetetthet og lite misfarging hos de overvåkede skogtrærne. Luftforurensninger og ugunstige værforhold kan virke både sammen eller hver for seg og føre til en svekking av trærnes helsetilstand - enten direkte eller indirekte ved at mengden av en eller flere typer naturlige skadegjørere økes så mye at trærnes vitalitet skades.

Nitrogenedfall påvirker markvegetasjon og algevekst negativt

Registrerte endringer i markvegetasjonen kan knyttes til svak økning i nitrogentilgangen for overvåkingsområdene i bjørkeskog. En tilsvarende endring er ikke funnet i granskog som har fortsatt reduksjon i mengden av karplanter. Dekningen av moser har økt i flere av overvåkingsområdene. Det er registrert gradvis reduksjon i skadefrekvens og økning i mengden av lav på trær i sørlige overvåkingsområder, noe som kan knyttes til reduksjon i svovelnedfall og forsuring. Økning i deknningen av alger på bjørkestammer i sørvest kan knyttes til fortsatt tilførsel av nitrogenforbindelser. Det er ikke registrert endringer i fuglebestander i Sør-Norge knyttet til forurensningseffekter.

Luft og nedbør

Utslipp

Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert i Europa med hhv. 57%, 25% og 26% fra 1990 til 2007 (EMEP Status report 1/2008). Utslipsreduksjonen spesielt for svovel er en del høyere om man ser fra 1980, men det er naturlig å sammenligne med 1990 da dette er sammenligningsåret man bruker i Gøteborgprotokollen.

Svovel og nitrogen

Konsentrasjonene av sulfat i 2008 var gjennomgående lavere eller likt nivå som foregående år. For ammonium og nitrat er det noe høyere enn 2007, men tilsvarende nivåer som tidligere år. Våtavsetningen for de fleste komponenter var noe høyere, særlig i Sør- og Øst Norge i 2008 enn i 2007, som var rekordlavt. Langtidsendringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa. Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant på alle målesteder på fastlands-Norge; mellom 63% og 87% siden 1980 og mellom 26% og 76% siden 1990. Reduksjonene for svoveldioksid med 1980 som referanseår er beregnet til å være mellom 85% og 93% (67-91% fra 1990), og for sulfat mellom 71% og 80% (52-60% fra 1990). Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat i nedbør viser signifikant reduksjon, mellom 23% og 46% reduksjon siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. Fra 1990 har reduksjonen vært tilsvarende. For ammonium i nedbør har det også vært en signifikant reduksjon fra 1980, mellom 45% og 63%, ved nesten alle av de samme målestasjonene, mens det har vært en økning ved Tustervatn. Det samme observeres fra 1990, men noe lavere reduksjon. Årsmiddelkonsentrasjonene av ammonium og nitrat i luft viser derimot ingen entydig tendens siden målingene startet i 1986, det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO₂ på de fleste stasjonene.

Ozon

Nivået av bakkenært ozon var generelt høyere i 2008 sammenlignet med året før, men 2007 var et år med svært lavt ozonnivå i Norge. Til sammenligning var ozonnivået uvanlig høyt i hele landet i 2006. Disse variasjonene fra år til år er i stor grad styrt av den dominerende meteorologien i de enkelte årene. De høyeste maksimumsverdiene i 2008 ble registrert på Birkenes (160 µg/m³) og på Haukenes, Sandve og Prestebakke. Maksimumsmålingene, som var 155-160 µg/m³ på alle disse fire stasjonene, skriver seg fra samme episode i første halvdel av mai. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer (AOT40), ble overskredet på Prestebakke, Birkenes og Sandve. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble ikke overskredet på noen stasjoner i 2008. Det er vanskelig å identifisere noen langtidstrend i ozon basert på observasjonene alene siden meteorologien er så bestemmende for nivåene fra år til år.

Metaller

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

Co, Cu) de siste årene på Svanvik. Kvikksølv i nedbør på Lista/Birkenes viser en nedadgående trend.

Miljøgifter

På Birkenes (CAMP) hadde HCB i luft generelt et noe høyere nivå de første fire månedene. For HCH og PCB var det ingen store endringer i forhold til året før, mens årsmiddel for HCB i nedbør hadde en nedgang på årsbasis. Resultatene for Zeppelinfjellet (AMAP) hadde lavere årsmiddel i 2008 enn i 2007 for parameterne sum HCH, sum klordaner, sum PCB, PAH, PBDE og HBCD, mens HCB og PFAS hadde en økning. Generelt er nivåene på stasjonen lave.

Partikler

I 2008 var årsmidlet for PM_{10} $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mens det var 3,0 for $PM_{2.5}$ og $2,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ for PM_1 . Årsmidlene for 2008 er gjennomgående svært lave. Noe høyere for PM_{10} sammenlignet med 2007, men lavere for de mindre størrelsesfraksjonene. Sesongvariasjonen for 2008 tilsvarer de observert for 2004 og 2007 som også er karakterisert med lave årsmiddel. For 2008 var SO_4^{2-} fortsatt den dominerende enkeltforbindelsen med 15% av massekonsentrasjonen av PM_{10} , men OC-fraksjon var tilsvarende stor (15%). Andre fraksjoner som utgjorde 10% eller mer er NO_3^- (12%) og sjøsaltene (19%).

Vannkjemi

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer fra 40-80% fra 1980-2008, med de største nedgangene i den sørlige delen av landet. Nedgang i sulfat flatet noe ut fra 2001 til 2006, men 2007 og 2008 viser fortsatt nedadgående trend og for de fleste regioner viser 2008 de laveste konsentrasjonene av sulfat i vann registrert så langt. Forsuringssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar forbedring gjennom hele 90-tallet, med økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC), alkalitet og pH og nedgang i uorganisk aluminium (LAI, "giftig aluminium"). Forbedringene i forsurede regioner har vært mest markert i de sterkest forsurede områdene på Sørlandet og noe mindre markert på Vestlandet og Østlandet. Også Midt-Norge og Nord-Norge, som har svært lav forurensningsbelastning, og Øst-Finnmark, som er påvirket av industri-utslipp på Kola, har vist en positiv utvikling.

Nitrat viser nedgang i alle regioner av landet. Nitrat varierer noe fra år til år, men 2006-2008 sett under ett viser de laveste nitratkonsentrasjonene registrert så langt innen overvåkingen.

I 2006 var det en markert økning i kalsium som ga utslag i en økning i ANC. I 2007 og 2008 har kalsiumkonsentrasjonene igjen avtatt, noe som har medført at også ANC har avtatt. På tross av dette viser ANC en klart økende trend gjennom overvåkingsperioden.

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

Uorganisk aluminium viser nær uendret konsentrasjonsnivå fra 2001-2007. Dette er interessant fordi nivået av aluminium er kritisk for biologien, og dermed også for den biologiske gjenhenting som følges i den biologiske delen av overvåkingsprogrammet. I 2008 observerte vi en ny nedgang i labilt Al i de mest forsurede regionene.

Økningen i organisk karbon (TOC), som ble registrert i perioden fra 1989 til 2001, har flatet noe ut. De høyeste gjennomsnittsverdiene registrert så langt i overvåkingen ble imidlertid registrert i 2006, mens 2007 og 2008 har omtrent likt nivå (og noe lavere enn i 2006).

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

Akvatisk fauna

Invertebrater

Overvåkingen av bunndyr i elver viser at skadene på faunaen har avtatt i løpet av de siste 20 årene. Den forbedrede tilstanden vises både ved økt mangfold og ved økte andeler av forsuringfølsomme bunndyr i tidligere kronisk sure lokaliteter. Det er først og fremst lokaliteter i de mest forsurete områdene i sørvest som er blitt bedre i denne perioden. Det biologiske mangfoldet i 2008 er ennå lavt sammenlignet med uforsurede lokaliteter i samme regioner. Rekoloniseringen av den mest følsomme faunaen er fremdeles ustabil, og det er i de senere år en tendens mot en stagnasjon av den positive utviklingen. Overvåkingen viser generelt at skadene på bunndyrfaunaen er størst om våren. Den sørligste lokaliteten i Farsund kommune er et eksempel på dette med sporadisk tilstedeværelse av de mest følsomme bunndyrartene om høsten.

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 noen av innsjøene er endringene likevel 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 forsuringfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile og gir ikke grunnlag for å konkludere med en generell bedring i forsuringssstatus. Resultatene viser at vannkvaliteten i mange forsurede innsjøer fremdeles er dårlig i forhold til overlevelse og reproduksjon hos forsuringfølsomme invertebrater. Det forventes at biologisk gjenhenting tar vesentlig lengre tid for innsjøene enn for elvene, og selv når vannkvaliteten har blitt tilfredsstillende kan det ta flere år før en klar biologisk respons observeres.

Fisk

Fisken i norske vassdrag er i betydelig grad berørt av forsuring, med henholdsvis rundt 9.600 tapte og 5.400 skadde innsjølevende bestander. Beregningene er basert på lokaliteter over 3 hektar. Aure er hardest rammet, med rundt 8.200 tapte og 3.900 skadde bestander. Videre har nærmere 1.900 abborbestander enten blitt skadet eller gått tapt pga forsuring, mens tilsvarende tall samlet for røye, mort, ørekyt og gjedde er 1.110 bestander. Fiskeskadene pga forsuring er størst i Agderfylkene og Rogaland, med henholdsvis rundt 62% (n=5.038) og 16% (n=1.289) av alle tapte aurebestander (n=8.200). Det er nå en positiv utvikling av fiskebestander i flere regioner, spesielt i Sørlandet-Vest (region V), Vestlandet-Sør (region VI) og Øst-Finnmark (region X). Men enkelte fiskebestander i Sør-Norge er fortsatt tynne, noe som trolig skyldes forsuring. I tillegg er det ennå ikke reetablert fisk i mange innsjøer der de stedege bestandene er tapt. I våre mest forsuringbelastede områder er derfor situasjonen for fisk fortsatt alvorlig. I tilløpsbekker til innsjøer i Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i

Rogaland har det vært en klar økning i tettheten av aureunger i løpet av de siste 10 åra. I Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane har rekrutteringen hos aure vært mer ustabil, men også her har det vært en positiv utvikling i seinere år. Midt-Norge og nordover har gode fiskebestander uten skader, kanskje bortsett fra noen små områder på Jarfjordfjellet i Øst-Finnmark.

Terresterisk miljø

Skog

I årene fra 2004 til 2007 avtok kronetettheten for både gran, furu og bjørk etter en relativt stabil periode på slutten av 1990-tallet og en økning frem til år 2004. I 2008 ble det igjen registrert økende kronetetthet for alle treslagene. For kronefarge har tilstanden vært nokså stabil etter år 2000 med lite misfarging hos de undersøkte trærne. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sjukdommer (eksempelvis ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter eller blir sjuke skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. De variasjonene vi har sett de siste årene skyldes ofte sopp- og insektskader som igjen er betinget av klimatiske forhold. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg eller i samspill med disse påvirkningene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen har vært svært liten i forhold til de andre påvirkningsfaktorene. I fremtiden vil eventuelle utslag av et endret klima trolig spille en større rolle. Resultater fra skogøkologiske undersøkelser viser at det er betydelige variasjoner fra år til år i enkelte målinger. Disse variasjonene ligger likevel innenfor det som er vanlig i boreal barskog.

Terrestrisk flora

Registrerte endringer i markvegetasjonen i bjørkeskog i Gutulia og Dividalen viser en mulig effekt av svak nitrogengjødsling. Disse endringene kan skyldes lokale gjødslingseffekter av store angrep av bjørkemålere eller noe nedfall av nitrogenforbindelser. Dessuten er endringene i markvegetasjonen i Dividalen også konsistente med effekter av et mildere klima de siste tiårene. Endringer for karplanter i Rausjømarka naturreservat var inkonsistente, men i Solhomfjell naturreservat er mengden av ni karplantearter redusert (både for arter i rikere granskog og andre granskogsarter). Disse endringene i Solhomfjell kan dels skyldes jordforsuring, men kan også forklares som respons på fortetting av tresjiktet. I begge granskogsområdene var det framgang for en del store moser og tilbakegang for mindre moser, særlig levermosearter. Endringene for store moser kan skyldes effekter av et mildere klima og lengre vekstsesong, mens mindre moser trolig overvokses av de store, noe som samlet gir mindre arts mangfold for mosene.

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

Terrestrisk fauna

Fuglefaunaen i TOV-områdene viser ikke observerbare effekter av langtransporterte eller lokale forurensninger. Overvåkingen av rovfugl (kongeørn og jaktfalk) i TOV-områdene viser generelt god produksjon også i de forurensete områdene i Sør-Norge, selv om produksjonen varierer en god del på grunn av fluktuasjoner i næringsgrunnlaget. For spurvefugl er det ingen tegn til vesentlig annerledes bestandsvariasjoner i sørlige, forurensningsbelastete områder enn

i nord. Svarthvit fluesnapper har tidligere år vist noe lavere klekkesuksess i de sørligste områdene, men har i flere år vist klekkesuksess på samme nivå i sørlige som i nordlige områder.

2. Results from monitoring effects of long-range transboundary air pollution in Norway 2008

About the monitoring programmes

This report covers the main results for 2008 from three national monitoring programmes “Monitoring of long-range transboundary air pollution”, “Monitoring programme for forest damage” (OPS) and “Programme for terrestrial ecosystem monitoring” (TOV). These three programmes organize extensive monitoring of air, water, soil, forest and other terrestrial vegetation, and aquatic and terrestrial fauna.

Air and precipitation

The emissions of sulphur dioxide, nitrogen oxides and ammonia in Europe have decreased by 57%, 25 and 26% respectively since 1990 (EMEP Status report 1/2008). The concentration in precipitation and the deposition of main ions in precipitation in 2008 is similar or somewhat above the record low level in 2007. The observed long-term reductions in concentration levels in deposition are in agreement with emission reductions in Europe. Since 1980 the content of sulphate in precipitation at the Norwegian monitoring sites decreased by 63-87% and between 26% and 76% from 1990. Similar trends are seen in the airborne concentrations with 85%-93% and 71-80% reductions for sulphur dioxide and sulphate, respectively from 1980, (67-91% and 52-60% from 1990). The decrease of sulphur was highest until the late nineties, the latter years the trend is slower. Nitrate and ammonium concentrations show significant decrease in concentration in precipitation at most sites in southern Norway, 23-46% and 45-63% reduction respectively. There is, however, not observed any significant trends for nitrogen species in air except for a clear decrease in NO₂ concentration the last 10 years. For ammonium there are both positive and negative trends at different sites, probably due to local influence of ammonia.

The measurements of ground-level ozone in 2008 show a higher level compared to the previous year, which was very low though. The maximum hourly average in 2008 was 160µg/m³ measured at Birkenes, Haukenes, Sandve and Prestebakke. The same long range transport episode observed at all these sites. There were exceedances of the threshold values for accumulated ozone exposure to crops (3 months AOT40) at Prestebakke, Birkenes og Sandve, but no exceedence of the treshold values for forest (6 months AOT40).

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

At Birkenes (CAMP) the level of HCB in air was somewhat higher than expected during the first four months of year 2008. For HCH and PCB there were no major changes compared to the previous year. The annual averages at Zeppelin Mountain (AMAP) had lower values in year 2008 than in year 2007 for the parameters sum HCH, sum chlordanes, sum PCB, PBDE and HBCD, while HCB and PFAS had higher values than in the previous year. Generally the levels observed are low.

In 2008, the annual mean concentration of PM₁₀ 5,9 µg/m³, while 3,0 for PM_{2,5} og 2,2 µg/m³ for PM₁. The annual mean concentrations of PM₁₀, PM_{2,5} and PM₁ reported for 2007 are low. SO₄²⁻ is the dominant specie in PM₁₀, with a mass fraction of 15%, similar as organic mass. NO₃⁻ has a mass fraction of 12% while seasalt 19%.

Water

The decrease in sulphur deposition has caused a decrease in the concentration of sulphate in surface waters in Norway by approx. 40-80 % from 1980 to 2008. From 2001 to 2006 there has been a very slight decrease in sulphate, but 2007 and 2008 again showed the lowest concentrations of sulphate registered and show that there is still a decreasing trend. There has also been a decrease in nitrate, although much smaller than the decrease in sulphate in all parts of Norway. As a response to the decrease in sulphate (and nitrate), the acidification situation in lakes and rivers showed a clear improvement in the 1990s with increase in pH and ANC (Acid Neutralizing Capacity) and a decrease in inorganic (toxic) aluminium. The improvements have been most pronounced in southernmost Norway, and somewhat less pronounced in western and eastern parts of the country. Even the less affected areas in central and northern Norway, and the areas close to the Russian border influenced by pollution from the Kola Peninsula, have shown a positive development in surface water chemistry related to acidification.

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

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

Aquatic fauna

Invertebrates

The invertebrate monitoring in rivers demonstrate that acidification damages generally have decreased during the last two decades. Sensitive species responds to this by increased distribution and are in a process of occupying areas which earlier were damaged. The southernmost locality gives an example to this. Here the most sensitive mayflies have been recorded some years. The populations are however unstable, probably as a result of strong sea-salt episodes during the winter.

The monitoring of benthic invertebrates as well as planktonic and littoral microcrustaceans in lakes (1996-2008) confirm the general trend that watersheds in southernmost Norway are more damaged than those situated further north and in the central mountain areas of Southern Norway. Some acidified lakes show signs of slight improvements during the last years, with increased presence of acid-sensitive fauna and increased biodiversity. Biological recovery of lake communities are, however, still weak and unstable and therefore the ecological status of these lakes are unchanged. For some few sites, however, the improvements are unambiguous, indicating that the invertebrate fauna is now recovering in these lakes. Many acidified lakes are still too toxic to support biological recovery. Furthermore, the 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 ha have been assessed in relation to effects of acidification during recent years. The number of lost and damaged populations of the six most common species of fish were estimated to be about 9.600 and 5.400, respectively. Brown trout has suffered the most severe damage with a total loss of 8.200 stocks. Lakes in southernmost Norway (Agder) have suffered the highest damage with about 5.000 lost brown trout stocks. Test-fishing with gill nets in lakes throughout Norway, indicate an increase in fish abundance in most areas. However, some fish populations are still low in abundance, which can be due to acidification. The density of young brown trout in tributaries to lakes in Vikedal and Bjerkreim watersheds in southwestern Norway (Rogaland County) has increased significantly since the mid 1990s. Corresponding densities of young brown trout in Gaular watershed in western Norway have been more unstable, however, there has been an increase in abundance in recent years.

Terrestrial ecosystems

Forest

In the years from 2004 until 2007, crown density for Norway spruce, Scots pine and birch was slightly reduced after a stable period followed by some years of improvement from the late 1990s until the year 2004. In 2008, crown density improved again. Crown colour has been relatively stable after the year 2000 with only small amounts of discolouring for all the observed trees. 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 varying crown condition we have seen in the last years has mainly been due to a combination of climatic stress to the trees and favourable climatic conditions 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 has been small compared with other factors and thus hard to estimate. In the future, effects of climate change may play a larger role. Results from ecological investigations on the intensive monitoring plots suggest that the forest environment in general is stable, although there have been large fluctuations from year to year in some measurements. However, these fluctuations are probably within the normal range of variation for boreal coniferous forests.

Terrestrial flora

Observed changes in the ground vegetation of birch forests of the Gutulia and Dividalen monitoring sites are consistent with effects of weak nitrogen eutrophication. These changes may be due to both local effects of large attacks of defoliating moths (Dividalen) and to some nitrogen deposition (Gutulia). The changes in the ground vegetation in Dividalen also reflect effects of a milder climate over the last few decades. The changes for vascular plants in Rausjømarka were inconsistent, whereas the frequency of nine vascular plants (both those associated with richer spruce forest and those of other spruce forests) increased in Solhomfjell. These changes in Solhomfjell may be due to long-term soil acidification but may also be due to a denser crown cover. In both spruce forest areas large mosses exhibited an increase in frequency and a reduction for small bryophytes, especially for some common hepatics. The changes for the larger mosses may be due to a milder climate and a longer growing season, whereas smaller bryophytes probably get overgrown by the larger mosses, resulting in a reduced species diversity of bryophytes.

Surveys of epiphytic vegetation on trunks of birch at the monitoring sites (pine at Solhomfjell) show clear relationships between lichen cover and damage status and deposition

patterns of pollutants, with the lowest cover and highest damage frequency in the southernmost sites. The epiphytic flora of the monitoring sites in Gutulia and Dividalen shows continuing increase in the cover of lichens in general as well as a decreasing damage frequency. These changes may be linked to effects of reduced sulphur deposition and a milder and moister climate the last few decades.

Terrestrial fauna

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

3. Innledning

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

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

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

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

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

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

3.1 Presentasjon av programmene

Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

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

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)

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

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV) ble startet av Direktoratet for naturforvaltning (DN) i 1990 for å belyse effektene av langtransporterte forurensninger på representative terrestriske økosystemer i norsk natur. Programmet omfatter studier av effekter av forsuring, 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.

I 1988 etablerte Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (fra 2006 Norsk institutt for skog og landskap) vegetasjonsovervåking i granskog. Siden 2001 er resultatene fra denne vegetasjonsovervåkingen og fra TOVs vegetasjonsovervåking i bjørkeskog (barskog i Solhomfjell) i økende grad sett i sammenheng. Fra 2005 har DN bidratt med midler til videreføring av vegetasjonsovervåkingen i granskog, og fra 2007 er det lagt opp til felles rapportering av resultatene fra vegetasjonsovervåkingen.

3.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv

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

1. **Nitrogenprotokollen (1988)** forplikter landene til å redusere sine NO_x-utslipp til 1987-nivå.
2. **VOC-protokollen (1991)** forplikter landene til å redusere utslippene av flyktige organiske komponenter (VOC) med 30% relatert til 1988 (eller et valgfritt år mellom 1984 og 1990).
3. **Svovelprotokollen (1985)** forplikter landene til å redusere utslippene av svovel med 30%

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

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

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

4. Luft og nedbør

Den atmosfæriske tilførselen av forurensende forbindelser overvåkes ved måling av kjemiske forbindelser i luft og nedbør. Forurensningene tilføres med nedbør, og ved tørravsetning av gasser og partikler. Målet for overvåking av luftens og nedbørens kjemiske sammensetning på norske bakgrunnsstasjoner er å registrere nivåer og eventuelle endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger. Bakgrunnsstasjonene er derfor plassert slik at de er minst mulig påvirket av nærliggende utslippskilder. NILU startet regelmessig prøvetaking av døgnlign 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 2008 utført døgnlign ved 6 stasjoner og på ukebasis ved 10 stasjoner (*Figur 1*). Konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er bestemt på 5 stasjoner med ukentlig prøvetaking. De uorganiske hovedkomponentene i luft er bestemt på totalt 7 stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 8 stasjoner. Partikkelmålinger av PM₁₀ 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, men siden 1980 har utslippene av spesielt svovel blitt redusert signifikant pga internasjonale avtaler (se kapittel 3.2). Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert med hhv. 57%, 25% og 26% fra 1990 til 2006 (EMEP Status Report 1/2008). Utslppsreduksjonen spesielt for svovel er en del høyere om man ser fra 1980, men naturlig å sammenligne med 1990 da dette er sammenligningsåret man bruker i Gøteborgprotokollen. 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%.

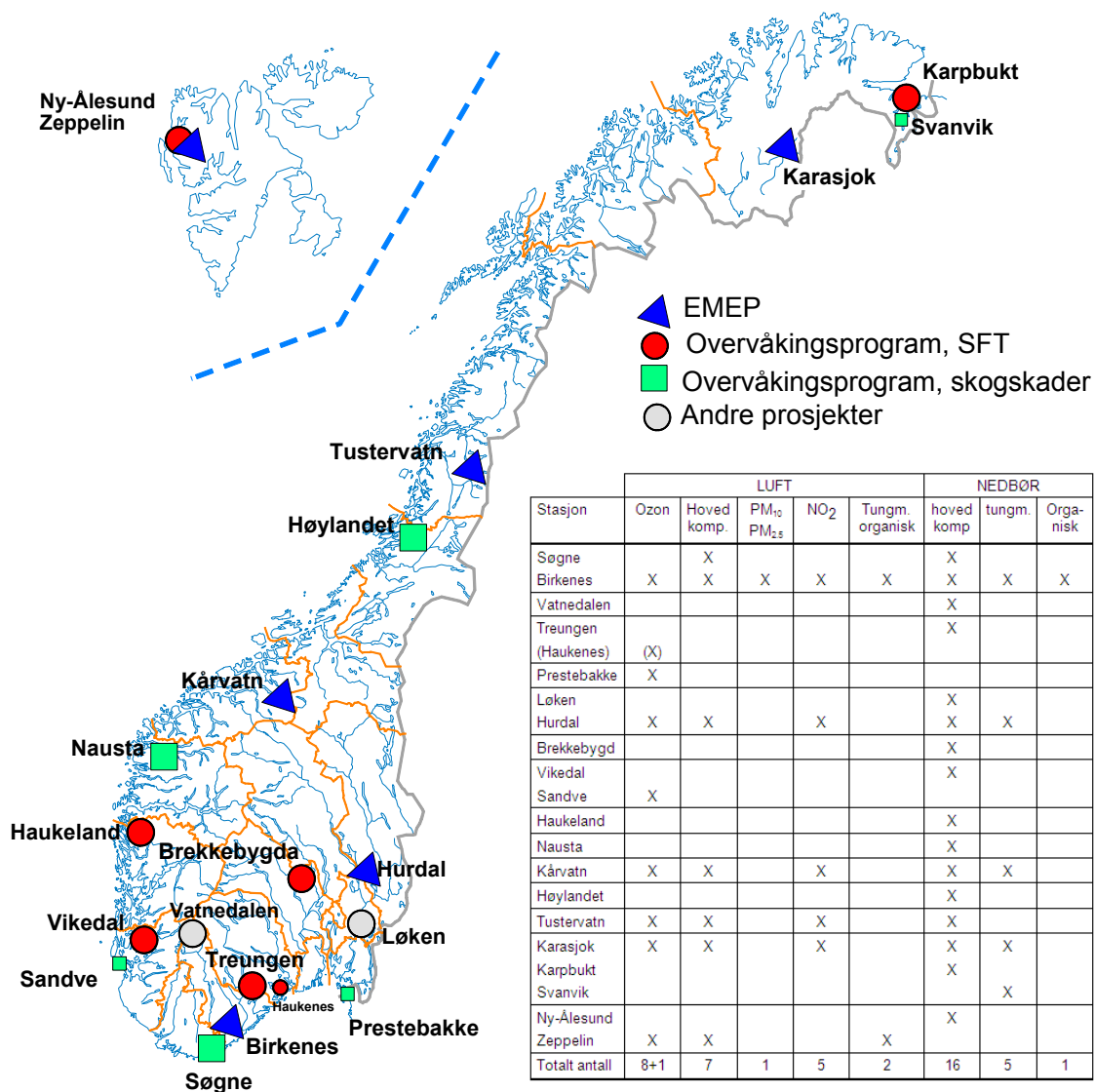
4.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

Ioneinnholdet utenom sjøalter 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 2008 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 2008 hadde ikke noen entydig sesongvariasjon. Man kan se en forhøyning på høst og vår på enkelte stasjoner i sør, mens man lenger nord mer ser en tendens til høyere nivå på sommeren. Regionale fordelinger av middelkonsentrasjoner og våtavsetninger er vist på kart i *Figur 2*.

Konsentrasjonene av sulfat i 2008 var gjennomgående lavere eller likt nivå som foregående år. For ammonium og nitrat noe høyere enn 2007, men tilsvarende nivåer som tidligere år. Våtavsetningen for de fleste komponenter er noe høyere særlig i Sør- og Øst Norge i 2008 enn for 2007, grunnet store forskjeller i nedbørmengde. I et lengre tidsperspektiv har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre avtatt betraktelig de siste 20 årene.

Veide gjennomsnittsverdier av sulfat for fem representative målesteder på Sørlandet og Østlandet viser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold (*Figur 3*). Innholdet av nitrat og ammonium viser også noe lavere nivå.

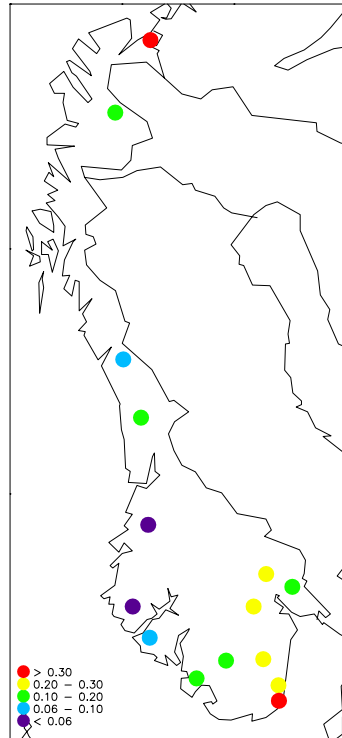
Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder. I perioden 1980-2008 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 63% og 87%; fra 1990 mellom 26% og 76%. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon mellom 23% og 46% på stasjonene i Sør-Norge. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle av de samme målestasjonene utenom Vatnedalen og Kårvatn, mellom 45% og 63%. Det er en økning av ammonium på enkelte stasjoner som sannsynligvis skyldes påvirkning av lokale utslipp. Nitrogentrendene er signifikante også fra 1990, men noe lavere reduksjoner sammenlignet med 1980. Basekationer (representert ved kalsium) har også hatt en signifikant reduksjon på flere stasjoner.



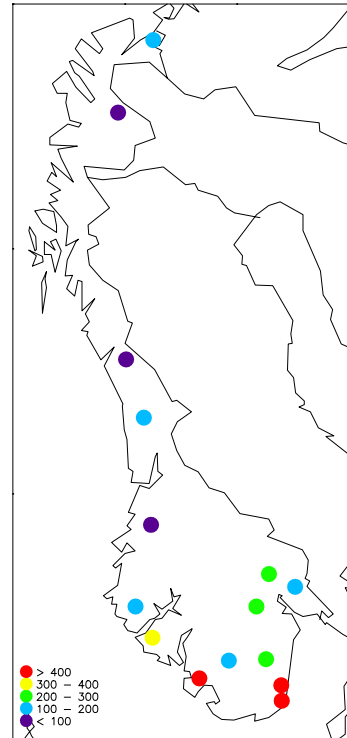
Figur 1. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 2008.

Figure 1. Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2008.

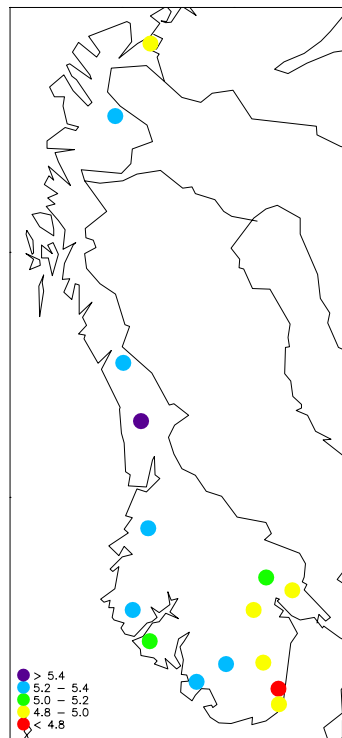
Sulfat –
konsentrasjoner
i nedbør 2008
mg S/l



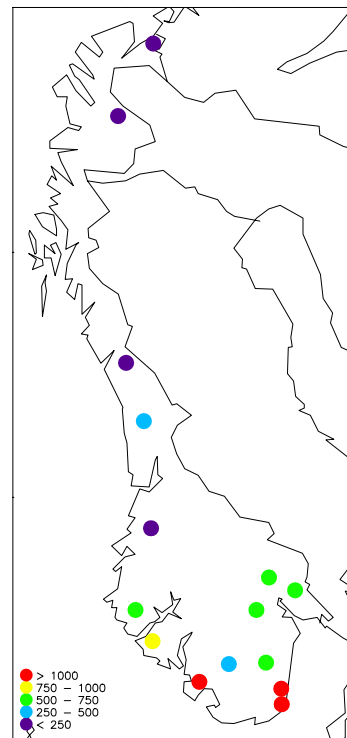
Sulfat –
våtavsetning i
nedbør 2008
mg S/m²



pH
middelverdier
2008

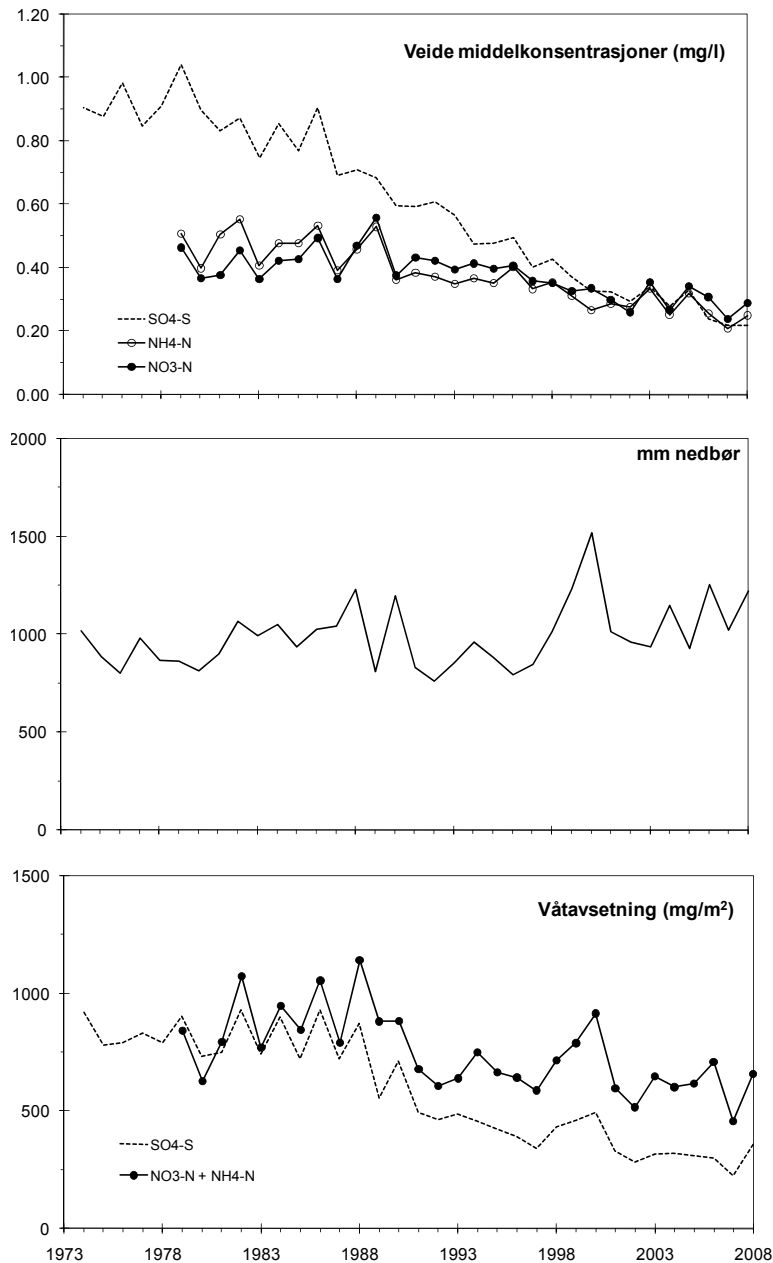


Sum nitrat og
ammonium
avsetning
2008
mg N/m²



Figur 2. Middelkonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2008.

Figure 2. Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2008

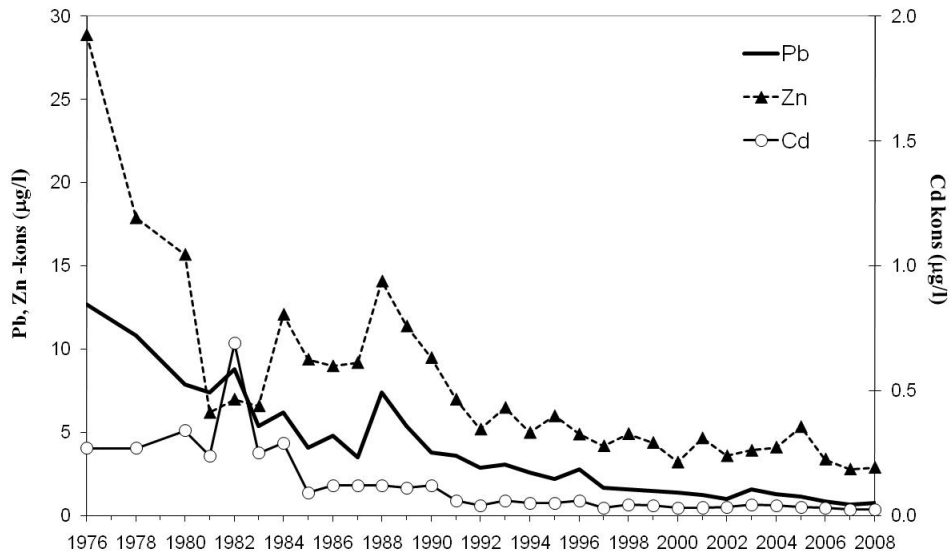


Figur 3. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1973 til 2008 for 5 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda 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 2007 based on 5 representative sites in Southern Norway.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium ble målt på Svanvik med henholdsvis 1,25 og 0,23 µg/l. Svanvik i Sør-Varanger har også høyest nivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly var størst på Birkenes, mens Hurdal hadde høyest avsetning av kadmium og sink. For de andre elementene var det høyest våtavsetning på Svanvik. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med 60-80% siden 1978. På Svanvik var det en periode fra 2000-2003 med forhøyde verdier, men

ellers har nivået vært relativt konstant siden 1990, med årlige variasjoner avhengig av meteorologiske forhold. Innholdet av sink har avtatt med ca. 70% siden 1976. Kadmiuminnholdet har avtatt med 50-80% siden slutten av 1970-årene, og endringen har vært størst på Birkenes (Figur 4). Kadmiumnivået på Svanvik og i Hurdal har steget noe de siste par årene, særlig markant er det på Svanvik med rekordhøyt nivå i 2007, noe lavere i 2008.



Figur 4. Middelmiddelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2008.

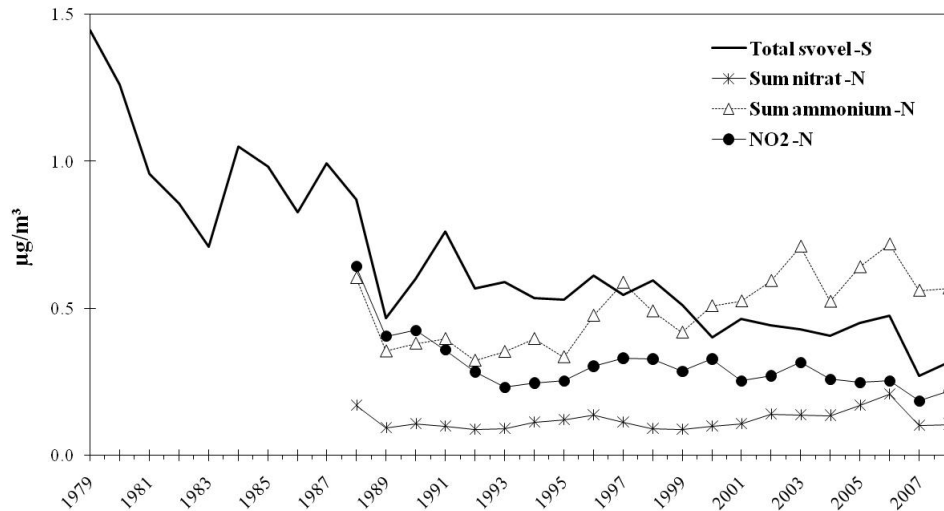
Figure 4. Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2008.

4.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

Årsmiddelmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med SO₂-konsentrasjon på Søgne på 0,15 µg S·m⁻³ og Karasjok med 0,35 µg S·m⁻³. Høyeste døgnmiddel ble målt i Karasjok med ekstreme 23,6 µg S·m⁻³ 27. februar 2008. Trajektoriene for denne dagen viser at luftmassene kommer fra Kolahalvøya. 28. januar var det også veldig høyt nivå. Samme episode gjenspeiles i høye sulfatverdier. Høyeste årsmiddel av partikulært sulfat ble målt på Søgne (0,32 µg S/m³). Den høyeste episoden ble observert på Birkenes 30. juni (4,18 µg S/m³).

Høyest NO₂-nivå ble observert på Hurdal med årsmiddel på 0,73 µg N·m⁻³. Denne stasjonen påvirkes av den store biltrafikken i denne regionen. Den høyeste døgnmiddelveidien av NO₂ ble også målt på Hurdal (5,6 µg N·m⁻³) 23. desember. Høyeste årsmiddelveidier for "sum nitrat" hadde Søgne med 0,26 µg N·m⁻³. Tustervatn har høyest nivå av sum ammonium med 0,98 µg N m⁻³, men denne stasjonen er påvirket av lokal gårdsdrift.

Reduksjonene er for svoveldioksid, med 1980 som referanseår, er beregnet til å være mellom 85% og 93% (67-91% fra 1990), og for sulfat mellom 71% og 80% (52-60% fra 1990) for fastlands-Norge. Årsmiddelmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk og summen nitrat+salpetersyre i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet mellom 1986 og 1989. Det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO₂ på flere av stasjonene (Figur 5).

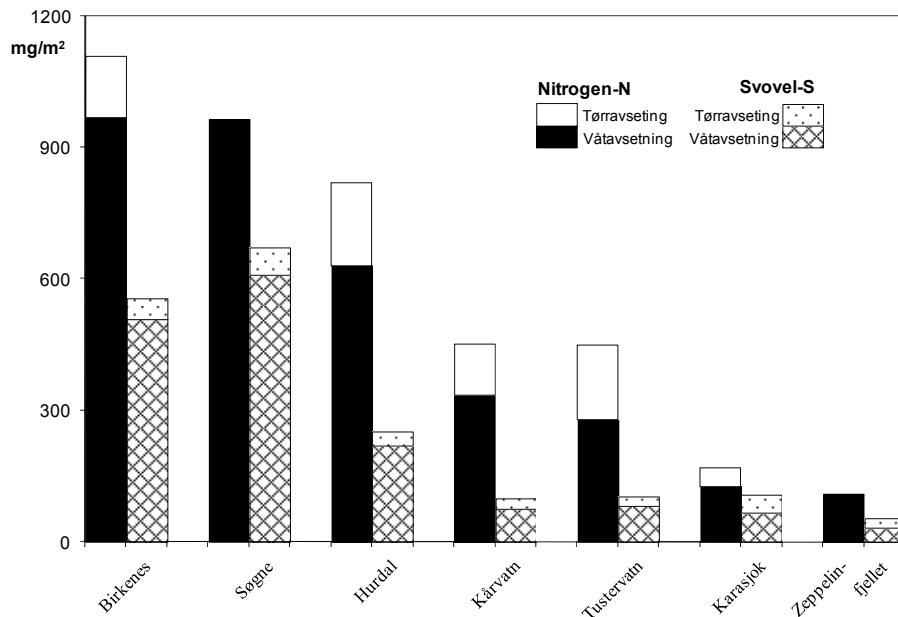


Figur 5. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($SO_2+SO_4^-$), oksidert nitrogen (HNO_3+NO_3), redusert nitrogen (NH_3+NH_4) og NO_2 på fire norske EMEP stasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn og Karasjok/Jergul).

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

4.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

Våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen i alle landsdeler, unntatt i Finnmark (Figur 6). Tørravsetningsbidragene av nitrogenforbindelser på Tustervatn og Kårvatn skyldes delvis lokale ammoniakkutslipp. Tørravsetningsbidraget er kun beregnet for stasjonene med fullt måleprogram. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 21-28% om sommeren og 2-13% om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget høyere på grunn av relativt høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. På Karasjok er det hhv. 36% tørravsetning om sommeren og 44% 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 2008.

Figure 6. Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2008.

4.5 Bakkenær ozon

De høyeste maksimumsverdiene i 2008 ble registrert på Birkenes (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) og på Haukenes, Sandve og Prestebakke (Tabell 1). Maksimumsmålingene, som var 155-160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på alle disse fire stasjonene, skriver seg fra samme episode i første halvdel av mai. Ozonmålingene viser generelt høyere nivåer i 2008 sammenlignet med året før, men 2007 var et år med svært lave nivåer av bakkenært ozon i Norge. I 2006 var ozonnivået uvanlig høyt i hele landet. Disse variasjonene fra år til år er i stor grad styrt av den dominerende meteorologien i de enkelte årene.

Timemiddelverdier over 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ble målt på alle målestasjonene, og grenseverdien for helse med 8-timers middel på 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (SFTs grenseverdi) ble overskredet hyppig på alle stasjonene. Grenseverdien på 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for løpende 8-timers middel (EU's luftkvalitetsdirektiv, 2008/50/EC) ble imidlertid overskredet på alle stasjonene sør for Finmark i 2008.

Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996) og EUs luftkvalitetsdirektiv. Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong. Grenseverdien på 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som 7-timers middel for kl. 09-16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2008. Middelerdien var størst på Sandve (79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). 7-timers middelverdier for Birkenes i perioden 1985-2008 (Figur 7) viser at det er en del variasjon fra år til år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden.

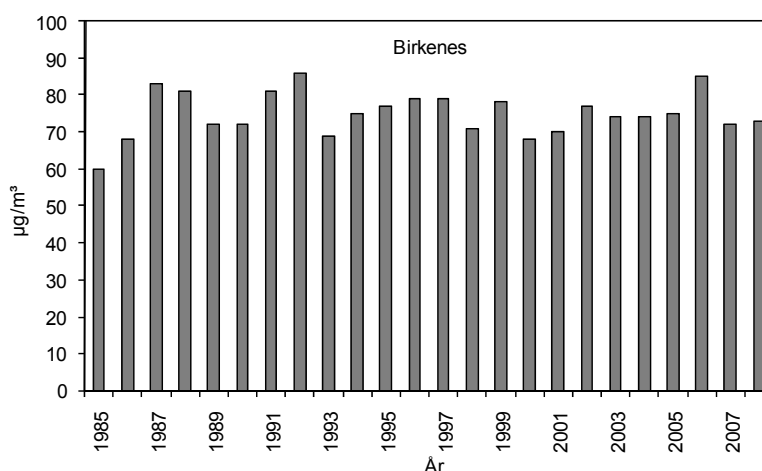
Grenseverdien for beskyttelse av vegetasjon er basert på parameteren AOT40, som betegner summen av ozonverdiene som overstiger 40 ppb gjennom vekstsesongen. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer, ble overskredet på Prestebakke, Birkenes og Sandve i

2008. Høyest var verdien på Sandve med 4571 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble ikke overskredet på noen stasjoner i 2008.

Tabell 1. Overskridelser av grenseverdier for helse. Antall timer (h) og døgn (d) med timemiddelverdier av ozon større enn 100, 160 and 180 $\mu\text{g m}^{-3}$ i 2008.

Table 1. Exceedance of guidelines for protection of human health. Number of hours (h) and days (d) with hourly mean values of ozone exceeding 100, 160 and 180 $\mu\text{g m}^{-3}$, 2008.

Målested	Totalt antall		100 $\mu\text{g/m}^3$		160 $\mu\text{g/m}^3$		180 $\mu\text{g/m}^3$		Høyeste timemiddelverdi	
	Timer	Døgn	h	d	h	d	h	d	$\mu\text{g/m}^3$	Dato
Prestebakke	8766	366	349	42					155,1	2008-05-10
Hurdal	8733	366	206	28					139,4	2008-05-11
Haukenes	5919	249	231	38					156,6	2008-05-11
Birkenes	8663	366	256	38					159,8	2008-05-11
Sandve	8748	366	349	52					155,8	2008-05-10
Kårvatn	8522	364	157	18					132,6	2008-04-29
Tustervatn	8752	366	408	48					136,8	2008-05-11
Karasjok	8763	366	163	23					123,2	2008-05-03
Zeppelinfjellet	8516	365	69	8					109,8	2008-05-19
Sum datoer		366		86						



Figur 7. Middelskonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1985-2008.

Figure 7. Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1985-2008.

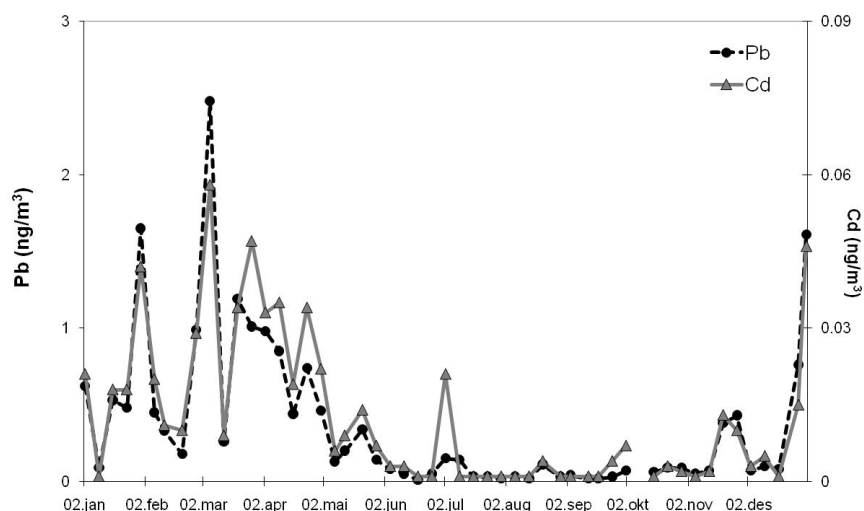
4.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zepelinfjellet (AMAP)

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) startet i 1994. I AMAP deltar: Norge, Sverige, Danmark, Island, Finland, Canada, USA og Russland. Programmet omfatter både kartlegging, overvåking og utredning av miljøgiftbelastningen i nordområdet. CAMP, Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme er en av aktivitetene innen Oslo og

Paris Kommisjonens (OSPAR) studier av transport av landbasert forurensning til havområdene i tilknytning til OSPAR-landene. Det er 17 forurensningskomponenter i måleprogrammet under CAMP og målingene utføres ved 28 stasjoner i 10 OSPAR-land. Tungmetaller og POP'er har vært målt på Lista siden 1991, disse aktivitetene ble flyttet til Birkenes januar 2004.

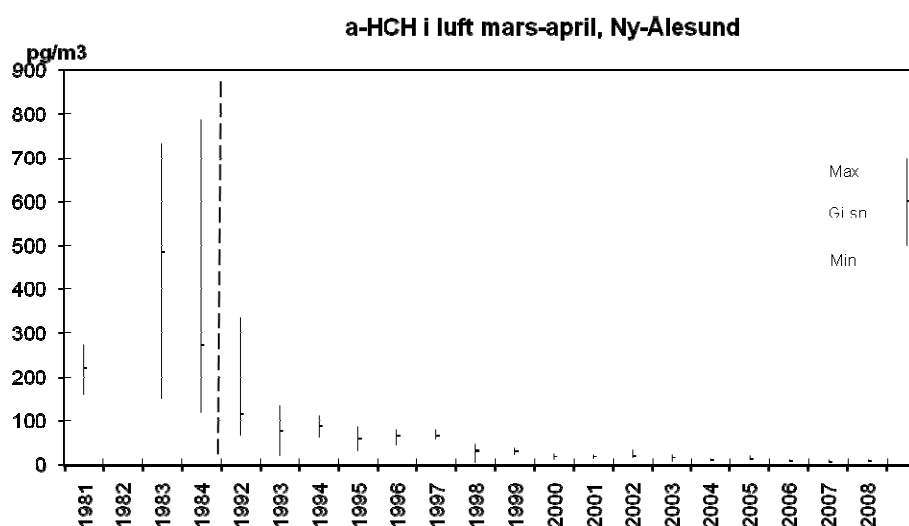
For tungmetaller har det ikke vært observert noen trend i luftkonsentrasjonene, med unntak av Ni, i motsetning til hva som er observert i nedbør (*Figur 4*) men dette har bla sammenheng med at nedbørmålingen har vært utført mye lenger og de har fanget opp reduksjonene på 70- og 80-tallet. Måned- og årsmiddelkonsentrasjoner 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. Kvikksølv 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 værssystemer: Et høytrykkssystem over Sibir presser den arktiske front lenger sør vinter og vår, slik at viktige forurensningsområder kommer innenfor de arktiske luftmasser denne perioden.

2008 er det fjerde 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 2008 var 14,1 pg/m³. Dette er noe høyere verdi enn den som ble observert året før, men lavere enn alle målinger før 2007. 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 2008. Middelveidien for sum PCB på Birkenes for 2008 var 6,12 pg/m³, høyere enn for 2007, men tilsvarende nivå som tidligere år. For de samme kongenerer var den tilsvarende sum PCB 3,55 pg/m³ i Ny-Ålesund i år 2008. På Zeppelinfjellet utføres også målinger av heksaklorsykloheksaner (HCH), heksaklorbenzen (HCB), klordaner, DDT med metabolitter, polyklorerte bifenyl (PCB) og polyaromatiske hydrokarboner (PAH) i luft. Den gjennomsnittlige luftkonsentrasjonen av HCH (sum α - og γ -HCH) på Zeppelinfjellet i 2008 var 10.5 pg m⁻³. Som på Lista/Birkenes observeres en nedgang i konsentrasjonen av α -HCH i luft på Zeppelin/Ny-Ålesund (*Figur 9*). Dette gjenspeiler redusert bruk av teknisk blanding av dette sprøytetmiddelet.



Figur 8. Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelifjellet, Ny-Ålesund i 2008.

Figure 8. Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2008.



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

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

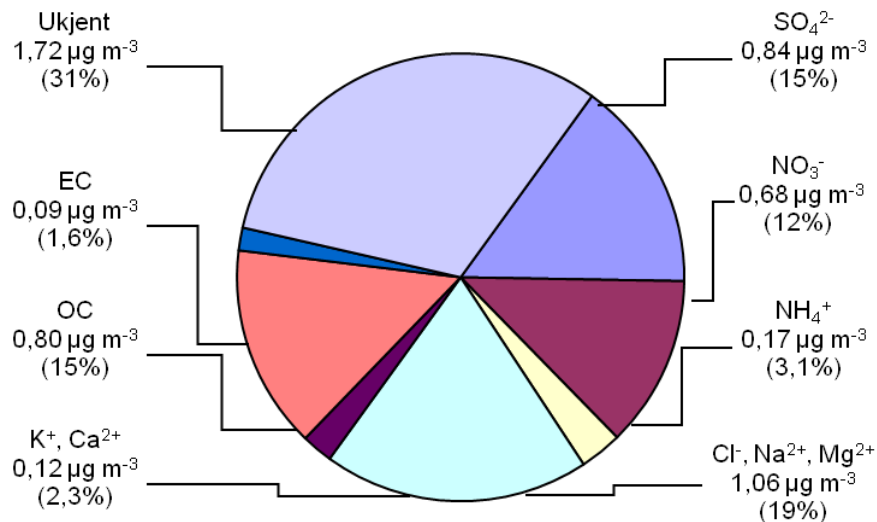
4.7 Partikler (PM₁₀, PM_{2,5} og PM₁) i luft på Birkenes

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

I 2008 var årsmidlet for PM₁₀ 5,9 µg/m³, mens det var 3,0 for PM_{2,5} og 2,2 µg/m³ for PM₁. Årsmidlene for 2008 er gjennomgående svært lave. Noe høyere for PM₁₀ sammenlignet med 2007, men lavere for de mindre størrelsesfraksjonene. Karakteristisk for 2008 er det lave

årsmidlet for PM_{10} , $PM_{2,5}$ og PM_{10} . Årsmidlet for PM_{10} ligger langt under den årlige grenseverdien satt av EU ($40 \mu\text{g m}^{-3}$), samt de reviderte retningslinjene fra WHO ($20 \mu\text{g m}^{-3}$). Det høyeste månedsmidlet ble rapportert for mars ($9.0 \mu\text{g/m}^3$) og det laveste for november ($2.8 \mu\text{g/m}^3$). Det høyeste månedsmidlet av PM_{10} ble rapportert for april ($7,7 \mu\text{g/m}^3$) og det laveste for oktober ($2.7 \mu\text{g/m}^3$).

Det er estimert at de uorganiske forbindelsene og de karbonholdige fraksjonene som er analysert til sammen utgjorde i overkant av 70% av PM_{10} . Den gjennomsnittlige kjemiske sammensetning (massebalanse) av PM_{10} på Birkenes for 2008 er illustrert i Figur 10.



Figur 10. Gjennomsnittlig kjemisk sammensetning (massebalanse) av PM_{10} på Birkenes for 2008.

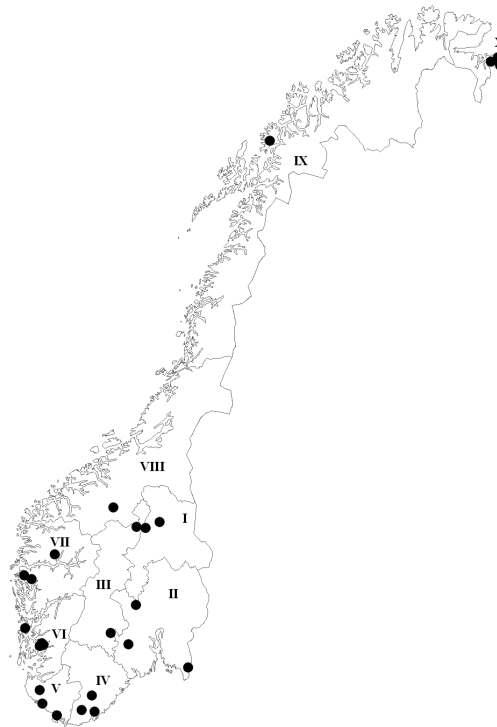
Figure 10. Mean chemical composition of PM_{10} at Birkenes in 2008.

5. Det akvatiske miljøet

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

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

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



Figur 11. Inndeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2008.

Figure 11. Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2008.

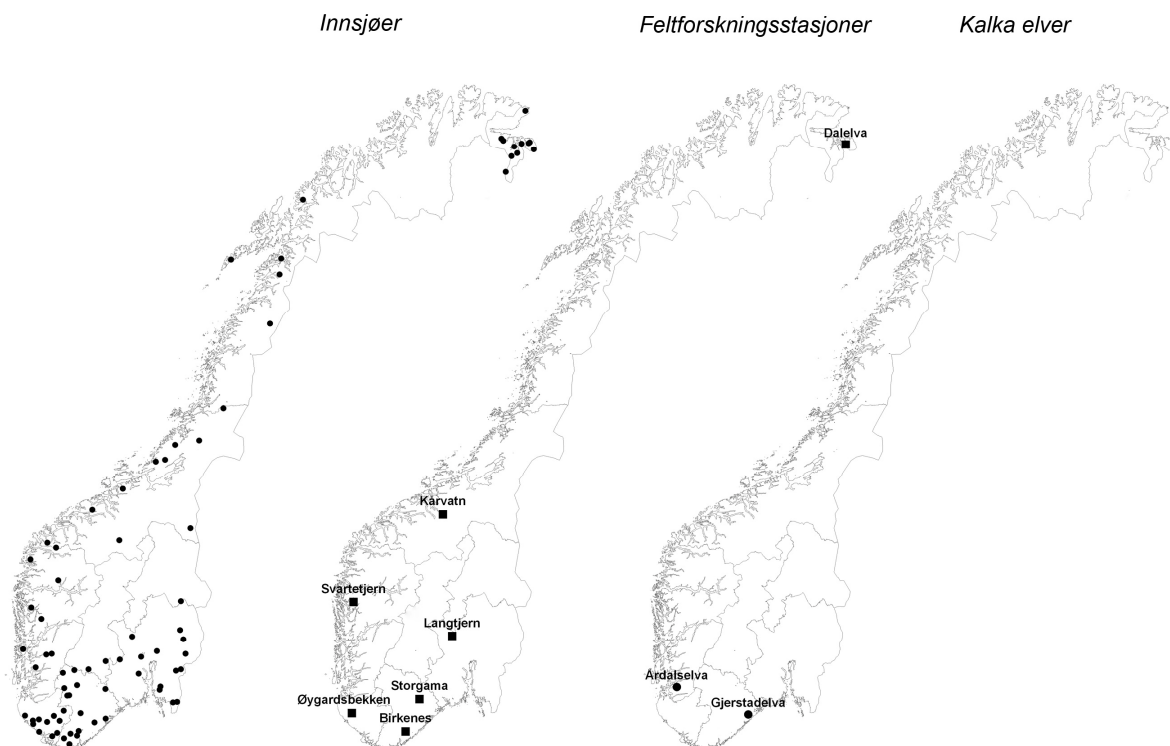
Vannkjemisk overvåking

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

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

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

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



Figur 12. Lokalteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2008.

Figure 12. Locations in the surface water monitoring programme 2008.

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

undersøkelser er mindre egnet for å studere regionale forskjeller i forurensningskader 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 2008 ble totalt 26 innsjøer undersøkt (*Figur 11*). Hovedvekt ble lagt på region VI (Vestlandet - Sør) og region X (Øst-Finnmark) 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 13 årene. Det gjennomføres dessuten bunndyrundersøkelser i seks vassdrag fordelt på regionene V-VII (tre av disse overvåkes hvert andre år). Tidligere ble fiskebestandene i disse også undersøkt, men fra 2008 gjennomføres fiskeundersøkelser kun i Vikedalsvassdraget.

For bunndyr, krepsdyr og fisk er det gjort en vurdering av tilstand mht. forurensning/forurensningskader. Forurensningstilstanden er inndelt i fem klasser basert på avvik fra forventet biologisk mangfold i ikke-forurente 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 Vanndirektivet (VD) slik at klasse 1-5 tilsvarer VDs fem klasser for økologisk tilstand. For å kunne gjøre en vurdering av forurensningstilstanden 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 forurente lokaliteter. For å kunne gjøre en vurdering av forurensningskader (biologi) må man i tillegg kjenne til og ta høyde for eventuelt andre skadeårsaker (reguleringer, overfiske, andre forurensninger med mer). Andre skadeårsaker enn forurensning er forsøkt begrenset gjennom utvalget av overvåkingslokaliteter. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget for vurdering av forurensningstilstanden i Norge og dessuten tilpasse en slik klassifisering til kriteriene gitt for vurdering av økologisk tilstand i hht. Vanndirektivet.

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

Eventuelle forurensningskader 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 forurente lokaliteter må dessuten forventes.

5.1 Effekter på vannkjemi

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i vann og vassdrag (*Figur 13*). Nedgangen i sulfat varierer fra 37% for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 70% for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2008, mens enkeltlokaliteter (feltforskningsstasjoner) i Sør-Norge viser reduksjoner > 75% for perioden 1980-2008 (*Tabell 2*).

Vannkjemien reflekterer endringer i nedbørkjemien som viser at konsentrasjonene av sulfat i 2008 var gjennomgående lavere eller likt nivå som foregående år. For ammonium og nitrat var konsentrasjonene noe høyere enn 2007, men tilsvarende nivåer som tidligere år (se kapittel 4.2).

Det var en tendens til utflating av nedgangen i sulfat vann og vassdrag fra 2001-2006, men 2007 og 2008 viser de laveste konsentrasjonen i sulfat som er registrert gjennom hele overvåkingsperioden og viser at det fortsatt er en nedadgående trend.

Tabell 2. Endring i ikke-marin sulfat per år i $\mu\text{ekv L}^{-1}$ for perioden 1980 til 2008 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2008 for innsjøene. Tallene er basert på lineær regresjon.

Table 2. Changes in non-marine sulphate per year in $\mu\text{eq L}^{-1}$. Time period 1980 to 2008 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2006 for lakes. The results are based on linear regression.

Innsjøer Region	Antall innsjøer	1986 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2008 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% nedgang fra 1986-2008
I. Østlandet - Nord	1	56	24	58
II. Østlandet - Sør	15	99	30	70
III. Fjellregion - Sør-Norge	3	36	12	68
IV. Sørlandet - Øst	14	63	21	67
V. Sørlandet - Vest	11	59	20	67
VI. Vestlandet - Sør	3	34	11	68
VII. Vestlandet - Nord	5	19	8	59
VIII. Midt-Norge	10	18	9	46
IX. Nord-Norge	5	19	9	53
X. Øst-Finnmark	11	73	46	37

Elver	Region	1980 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2008 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% nedgang 1980-2008
Gjerstad	IV	111	43	61
Årdalselva	VI	35	16	54
Feltforskningsstasjoner				
Langtjern	II	74	17	77
Storgama	II	80	14	82
Birkenes	IV	128	39	70
Kårvatn	VIII	15	7	52

Innsjøovervåkingen viser generelt høyere nitrat-konsentrasjoner i årene før 1996 enn årene fra 1997 og frem til i dag (*Figur 13*). Fra 2005 til 2006 var det en kraftig nedgang i nitrat i flere av regionene i Sør-Norge, og nivået har holdt seg på omtrent det nye lave nivået også i 2007 og 2008. 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*) har vist en klar økning i pH (se også *Figur 14*), syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og alkalitet, mens labilt aluminium (uorganisk ”giftig” aluminium) har avtatt. Nedgangen i labilt aluminium har flatet helt ut siden 2001.

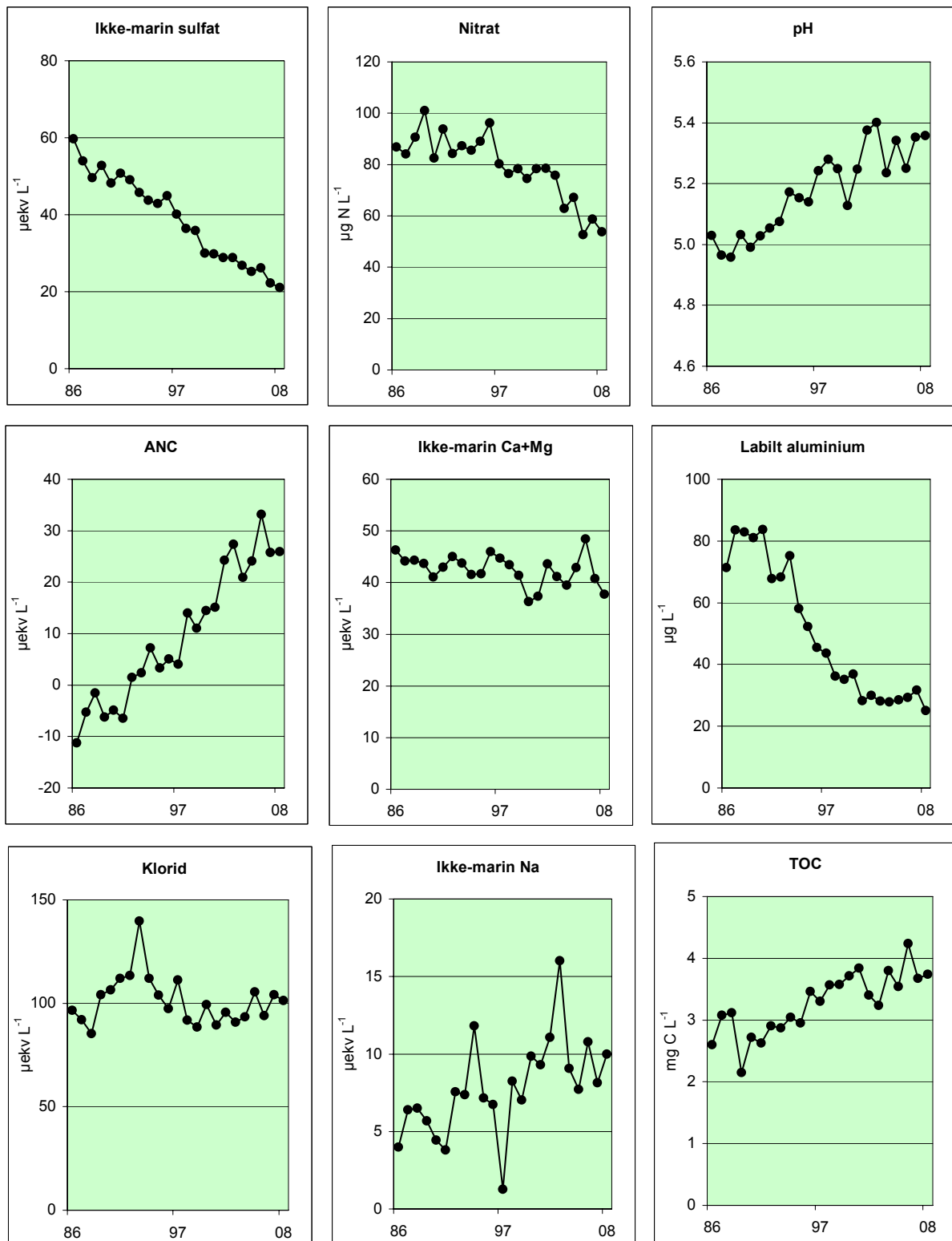
Statistisk beregning av trender for viktige forsuringsparametere fordelt på regioner (*Tabell 3*) viser at endringene vi observerer er signifikante. Sulfat og ANC har store årlige endringer, mens nitrat, H^+ og alkalitet viser små årlige endringer. Basekationene (kalsium og magnesium) viser ingen systematiske trender (både øker, avtar og ingen trend). Organisk karbon (TOC) som er fulgt med interesse de siste årene pga økende trend, viser statistisk signifikant økning i 7 av 10 regioner, med årlig økning fra 0,005 - 0,17 mg C L⁻¹ per år fra 1990 til 2008.

Tabell 3. Tosidig regional Kendall test og estimert trend for perioden 1990-2008. Verdiene angir estimert trend for de enkelte regioner. Signifikante resultater ($p < 0,05$) vises i gult (avtagende) og blått (økende). Enheter for SO_4^ , NO_3 , H^+ , ikke marine basekationer, alkalitet og ANC er $\mu\text{ekv L}^{-1} \text{år}^{-1}$, labilt Al $\mu\text{g L}^{-1} \text{år}^{-1}$, TOC $\text{mg C L}^{-1} \text{år}^{-1}$. n er totalt antall observasjoner i innsjøene i perioden (bare høstprøver).*

Table 3. Two-sided regional Kendall tests for trends for the period 1990-2008. Values are estimated trends. Significant results ($p < 0,05$) shown in yellow (decreasing) and blue (increasing). Units for SO_4^ , NO_3 , H^+ , Ca+Mg*, alkalinity and ANC are $\mu\text{eq L}^{-1} \text{yr}^{-1}$, labile Al $\mu\text{g L}^{-1} \text{yr}^{-1}$, TOC $\text{mg C L}^{-1} \text{yr}^{-1}$. n is the total number of observations in the period (only autumn samples)*

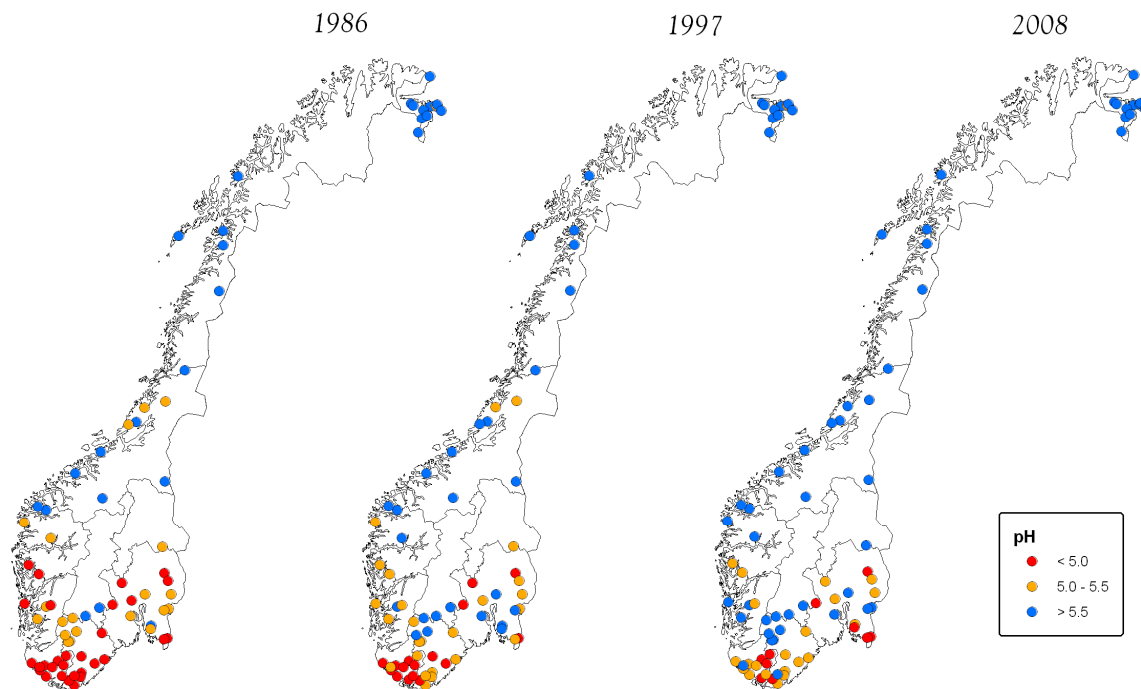
Region	n	SO_4^*	NO_3	H^+	Ca+Mg*	Alkalitet	ANC	Labilt Al	TOC
I. Østlandet - Nord	19	-1.71	-0.03	-0.21	0.47	0.27	2.62	-0.38	0.163
II. Østlandet - Sør	282	-3.16	-0.09	-0.17	-1.00	0.00	2.50	-2.67	0.171
III. Fjellr. - Sør-Norge	54	-1.08	-0.24	-0.09	0.11	0.45	1.82	-1.03	0.016
IV. Sørlandet - Øst	263	-1.64	-0.23	-0.35	-0.19	0.00	1.89	-3.38	0.050
V. Sørlandet - Vest	205	-1.83	-0.29	-0.72	-0.11	0.00	2.67	-7.21	0.050
VI. Vestlandet - Sør	56	-0.90	-0.14	-0.25	0.35	0.00	1.48	-1.29	0.008
VII. Vestlandet - Nord	95	-0.51	-0.09	-0.15	0.16	0.00	0.89	-0.73	-0.001
VIII. Midt-Norge	189	-0.36	-0.04	-0.02	0.44	0.41	1.06	0.00	0.005
IX. Nord-Norge	94	-0.48	-0.02	-0.03	0.41	0.66	1.36	0.00	0.011
X. Øst-Finnmark	205	-1.13	-0.01	-0.01	0.15	0.70	1.78	0.00	0.000

Gjennomsnittlig endring i 78 innsjøer fra hele landet



Figur 13. Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 78 innsjøer fra 1986-2008 fordelt over hele landet (se Figur 12).

Figure 13. Trends in average concentrations of a selection of components in 78 lakes from 1986-2008 all over Norway (see Figure 12 for locations).



Figur 14. pH i overvåkingsinnsjøene i 1986, 1997 og 2008. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forsuringssituasjonen, ved at sjøene blir mindre sure (får høyere pH)

Figure 14. pH in the monitoring lakes in 1986, 1997 and 2008. The figures clearly illustrate the improvement in surface water acidification, with increasing pH in the lakes.

Trender for perioden fra 1986 til 2008 for de 10 ulike regionene er framstilt i Figur 15- Figur 20. Hvert punkt på disse kurvene representerer gjennomsnittsverdier for et antall innsjøer (se Tabell 2 for antall innsjøer). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år siden 1986.

Østlandet – Nord (region I)

Regionen Østlandet-Nord strekker seg fra skogkledde områder i sør til trebare og alpine områder i nord. Forurensningsbelastningen er lav, likevel ser vi en stabil nedgang i sulfat fra år til år, samtidig med en klar bedring i vannkvalitet mhp forsuring. I denne regionen har vi bare én lokalitet, men den er typisk for forsuringfølsomme sjøer i denne regionen. Fra 2001 – 2006 flatet konsentrasjonen av ikke-marin sulfat ut på et nivå mellom 26-28 $\mu\text{ekv L}^{-1}$, men 2008 viser den laveste konsentrasjonen av sulfat hittil på 23 $\mu\text{ekv L}^{-1}$. pH viser økende trend fra pH < 5,3 før 1993 til > 5,5 etter 2002. I 2006 raste pH ned til 4,89. Dette kan trolig forklares med en dobling i TOC fra 7,5 mg L^{-1} i 2005 til 13,5 mg C L^{-1} i 2006. ANC, som er et mål på vannets syrenøytraliserende effekt, har relativt høye verdier i denne lokaliteten. Fram til 1992 var ANC < 20 $\mu\text{ekv L}^{-1}$. Fra 2002 - 2007 har verdien vært > 50 $\mu\text{ekv L}^{-1}$, mens den i 2008 igjen gikk ned til 43 $\mu\text{ekv L}^{-1}$. Årsaken til dette er en nedgang i kalsium. Labilt Al (den formen som er antatt giftig for fisk) var i perioden frem til 1990 opp til 37 $\mu\text{g L}^{-1}$, men har siden 1991 (med unntak av 2005) vært < 10 $\mu\text{g L}^{-1}$. Nitrat viser en svak nedgang i perioden, mens organisk karbon (TOC) viser signifikant økning.

Østlandet - Sør (region II)

Region Østlandet-Sør er skogdekket og har det høyeste nivået av TOC av alle regionene. Flere av sjøene har TOC fra 15 til 20 mg C L⁻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 forsurenings-situasjonen gjennom overvåkingsperioden. Ikke-marin sulfat er redusert med gjennomsnittlig 70% fra 1986 til 2007 i de 15 sjøene som representerer denne regionen og sulfatkonsentrasjonene i 2008 (27 µekv L⁻¹) er den laveste som er registrert. Gjennomsnittsverdien for pH var < 5,0 fram til 1993, og har økt til 5,0 - 5,2 i perioden 1994 til 2008, med unntak av høsten 2000 (pH 4,87) som var preget av flom. ANC viser en jevnt økende trend. Fra 1986 til 1991 var gjennomsnittlig ANC ca. 0 µekv L⁻¹, i perioden 1992-1997 15-20 µekv L⁻¹, 1998-2003 25-40 µekv L⁻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 nå omkring 10 µekv L⁻¹. Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994 > 90 µg L⁻¹, men har siden avtatt markert. Fra 2001 til 2007 har labilt Al vært < 65 µg L⁻¹. Det er nedgang i nitrat (signifikant for perioden 1990-2008), mens TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet; fra < 9 mg C L⁻¹ fram til 1997, til foreløpig høyeste registrerte gjennomsnittsverdi på 11 mg C L⁻¹ i 2006.

Fjellregion – Sør-Norge (region III)

Alle de tre lokalitetene i fjellregionen i Sør-Norge ligger over tregrensa og regionen er dominert av fjellområder med 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 relativt lav, og sulfatnivået i innsjøene er i dag på nivå med det en finner i de minst belastede regionene i Norge. Likevel finner vi også her en markert nedgang i sulfat på 68 % fra 1986-2008. I årene 2000-2006 var gjennomsnittsnivået for sulfat tilnærmet uforandret (15-17 µekv L⁻¹), men 2008 viser det laveste nivået registrert så langt (12 µekv L⁻¹). ANC har vist en jevn økning i hele perioden fra < 10 µekv L⁻¹ fram til 1998 og > 20 µekv L⁻¹ siden 2004. I 2006 var gjennomsnittsverdien på 29 µekv L⁻¹ den høyeste som er registrert så langt. ANC vil sannsynligvis aldri bli særlig høy i dette området pga. det generelt ionefattige vannet. Labilt Al viser nedgang fra et gjennomsnittsnivå på > 30 µg L⁻¹ i perioden 1986-1990 til konsentrasjoner < 15 µg L⁻¹ etter 1997. Nitrat viser nedgang fra nivåer > 80 µg N L⁻¹ før 1999 og < 55 µg N L⁻¹ siden 2004. Gjennomsnittskonsentrasjonen i 2007 på 40 µg N L⁻¹ er den laveste som er registrert så langt. TOC viser en svak økning på gjennomsnittlig 0,016 mg C L⁻¹ per år (*Tabell 2*).

Sørlandet – Øst (region IV)

Regionen Sørlandet-Øst strekker seg fra kysten, gjennom skogbeltet til heiområdene. Forurensningsbelastningen er høy, og sulfatnivået i innsjøene i denne regionen er også høyt. I Sør-Norge er det bare region II som har høyere sulfatnivå enn denne regionen. Nedgangen i sulfat i de 14 innsjøene som representerer denne regionen har vært 67 % fra 1986-2008. Nedgangen i sulfat flatet noe ut fra 2000-2006, men den laveste verdien så langt er registrert i 2008 (19 µekv L⁻¹). Regionen har vært sterkt forsuret, men det er nå klare tegn til bedring. Gjennomsnittlig pH var < 5 fram til 1993 og > 5,1 siden 2001. GjennomsnittspH i 2008 var 5,29. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner < -20 µekv L⁻¹ fram til 1991. Siden 2002 har gjennomsnittsnivået vært > 10 µekv L⁻¹. Tilsvarende gjelder for alkalitet som fram til 1993 var < 0 µekv L⁻¹. Fra 1994 til 2008 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.

Konsentrasjonsnivået av LAI har imidlertid holdt seg på samme nivå siden 2001. Det er en avtagende trend i nitrat fra konsentrasjoner $> 130 \mu\text{g N L}^{-1}$ fram til 1996 til $< 100 \mu\text{g N L}^{-1}$ siden 2003 og gjennomsnittskonsentrasjonen i 2008 på $59 \mu\text{g N L}^{-1}$ er den laveste verdien som er registrert så langt. TOC viser en klar tendens til økning fra et gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå $< 3 \text{ mg C L}^{-1}$ fra 1986-1995 til $> 3 \text{ mg C L}^{-1}$ siden 1996.

Sørlandet – Vest (region V)

Regionen Sørlandet-Vest er dominert av heiområder med lite jordsmonn og lite vegetasjon. Denne regionen har den høyeste forurensningsbelastningen. Det er også i denne regionen vi finner de mest forurede innsjøene. De 11 innsjøene som representerer denne regionen, har i 2008 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (5,04) og alkalitet ($0 \mu\text{ekv L}^{-1}$) av alle de ti regionene. Denne regionen har til nå også hatt de den høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al, men nedgangen av LAI i denne regionen har vært kraftigere enn i region II, slik at det nå er region II som har den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjonen av LAI. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjon av nitrat ($148 \mu\text{g N L}^{-1}$) som en konsekvens av høy N-deposisjon. Regionen må karakteriseres som betydelig forurenet, men situasjonen er i ferd med å bedres. På samme måte som i de andre regionene, ser vi en kraftig nedgang i sulfat (67%) fra 1986 til 2008, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. pH viser i både 2007 og 2008 en gjennomsnittsverdi $> 5,0$. ANC har økt fra konsentrasjonsnivåer $< -50 \mu\text{ekv L}^{-1}$ til nivåer opp mot $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$, og var i 2003 for første gang positiv ($4 \mu\text{ekv L}^{-1}$). Labilt Al viser nedgang fra konsentrasjoner $> 165 \mu\text{g L}^{-1}$ i perioden 1986-1994 til $< 75 \mu\text{g L}^{-1}$ fra 2002. Den laveste gjennomsnittsverdien av labilt Al ($49 \mu\text{g L}^{-1}$) ble registrert i 2008. Nitrat viser nedgang og gjennomsnittskonsentrasjonen i 2008 ($148 \mu\text{g N L}^{-1}$) er den laveste som er registrert i overvåkingsperioden. TOC viser en svakt økende trend med lavere konsentrasjoner før 1994 ($< 2,3 \text{ mg C L}^{-1}$), enn perioden 1995-2008 ($2,3-3,2 \text{ mg C L}^{-1}$).

Vestlandet – Sør (region VI)

Regionen Vestlandet-Sør er preget av lite skog og mye åpne heiområder med til dels lite vegetasjon og skrint jordsmonn. Forurensningsbelastningen er moderat. Nedbørmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortynning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig $\text{Ca } 0,4-0,5 \text{ mg L}^{-1}$) og TOC ($1,5 \text{ mg C L}^{-1}$). Sulfatnivået i innsjøene i regionen er lavt, og innsjøene er moderat forurenet. Nedgangen i sulfat i de tre innsjøene, som representerer denne regionen, er 68 % fra 1986 til 2008. Den laveste gjennomsnittsverdien for sulfat så langt er registrert i 2007 og 2008 ($10 \mu\text{ekv L}^{-1}$). Denne regionen viste for første gang i 1996 en gjennomsnittlig positiv ANC, men ANC varierer en del fra år til år. I 2008 var gjennomsnitt ANC $19 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Variasjonen i ANC skyldes variasjon i ikke-marine basekationer (kalsium) fra år til år. Siden 1996 har pH vært $> 5,4$, og 2008 har den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien så langt (pH 5,88). Sammenfallende med dette viser labilt Al en nedadgående trend. Gjennomsnittsverdien for Labilt Al var $> 30 \mu\text{g L}^{-1}$ før 1993 og $< 15 \mu\text{g L}^{-1}$ siden 2000. Nitratnivået er relativt høyt (gjennomsnittlig $132 \mu\text{g N L}^{-1}$ i 2008) av samme grunn som i regionen Vestlandet-Sør (høy N-deposisjon og lite kapasitet for retensjon av nitrogen i jorda). Det er en svak nedgang i nitrat i denne regionen, men TOC viser ingen trend.

Vestlandet – Nord (region VII)

Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensningsbelastningen er lavere og nedbørmengdene større. Dette medfører at ionestyrken i innsjøene i denne regionen er den laveste av alle regionene ($\text{Ca } < 0,3 \text{ mg L}^{-1}$). Nedgangen i sulfat har vært markert i overvåkingsperioden (59%) og gjennomsnittskonsentrasjonen av ikke-marin sulfat i de 5 sjøene som representerer denne regionen, var $7 \mu\text{ekv L}^{-1}$ i 2007 og 2008. Dette

har resultert i endringer i forsuringsskjemien. ANC har økt fra $< -10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ før 1991 til $10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ i 2006 og 2008, mens pH har økt fra $< 5,2$ før 1991 til $> 5,4$ etter 2002. Gjennomsnittskonsentrasjonen for pH var 5,66 i 2008, som er den høyeste verdien som er registrert så langt. Labilt Al har avtatt fra nivåer $> 25 \mu\text{g L}^{-1}$ til $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ siden 2001. Nitrat viser en svakt nedadgående trend, mens TOC ikke viser noen trend i denne regionen.

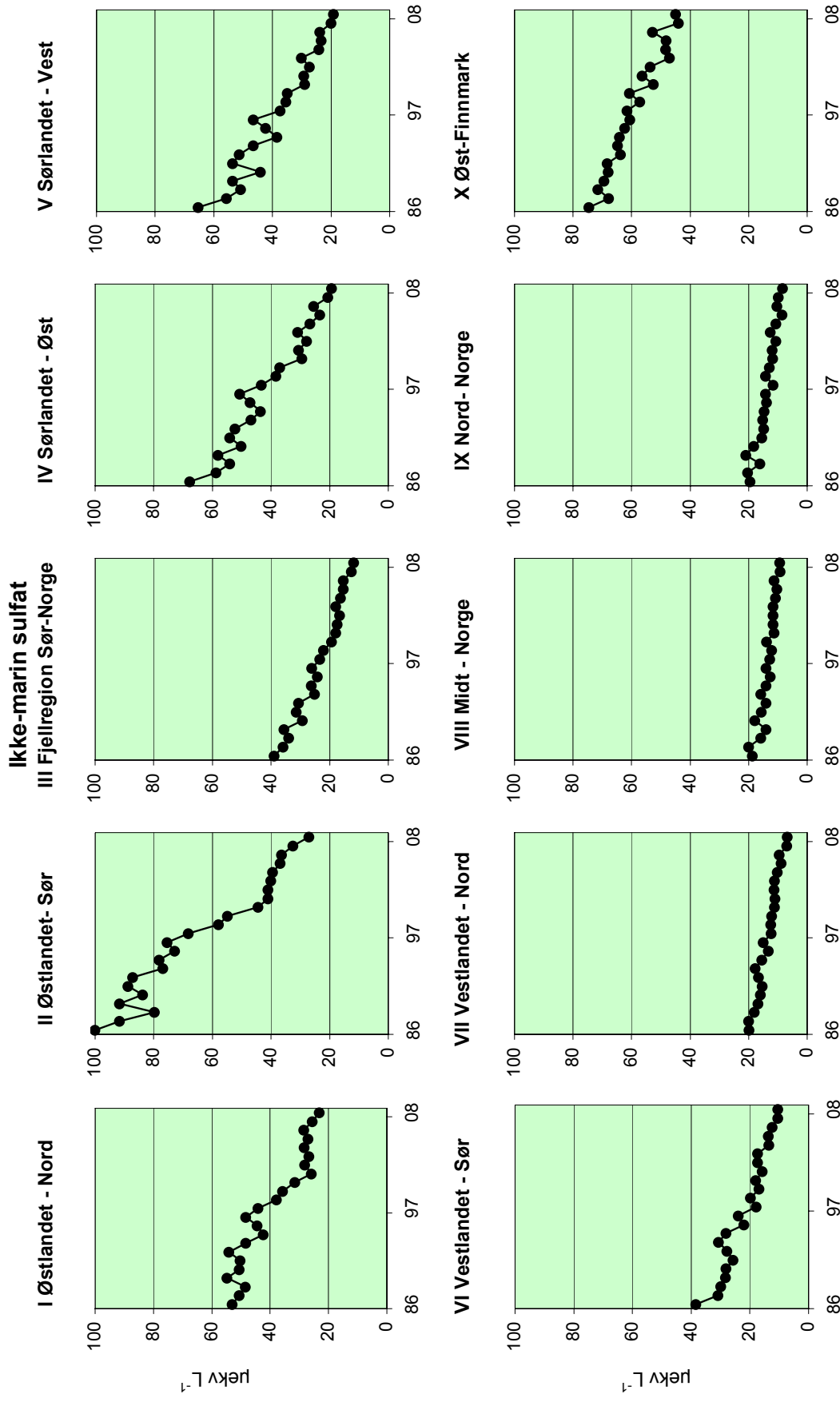
Midt-Norge (region VIII) og Nord-Norge (region IX)

Disse to regionene spenner over store områder med svært variert natur fra vegetasjonsfattig kystlandskap til høyfjell og skogkledte innlandsområder. Forurensningsbelastningen er lav i hele området. Sulfatnivået i innsjøene i disse regionene er nå 7-11 $\mu\text{ekv L}^{-1}$. Region VI, VII, VIII og IX har nå omtrent samme konsentrasjonsnivå av sulfat og men region VII har det laveste nivået av de 10 regionene. Nivået begynner å nærme seg antatt naturlig bakgrunnsnivå for ikke-marin sulfat. De 15 innsjøene, som representerer disse to regionene, må likevel karakteriseres som svakt sure. Selv i disse regionene med svært lav forurensningsbelastning, ser vi en nedgang i sulfat (hhv. 46% og 53% fra 1986 - 2008), økning i alkalitet, ANC og pH og nedgang i labilt Al. Gjennomsnittsverdien av ANC har vært i intervallet $25-40 \mu\text{ekv L}^{-1}$ siden ca 2000. Begge regionene har vist en svak økning i pH fra starten av overvåkingen, og gjennomsnittsverdien for pH er i 2008 hhv. 5,9 i region VIII og 6,2 i region IX. Nitrat viser en svak nedgang selv i disse regionene som i utgangspunktet har veldig lave konsentrasjoner. Gjennomsnittlig konsentrasjonsnivå av nitrat er i 2008 hhv. 14 og 11 $\mu\text{g N L}^{-1}$ i region VIII og IX. TOC viser en svak økning i begge regionene.

Øst-Finnmark (region X)

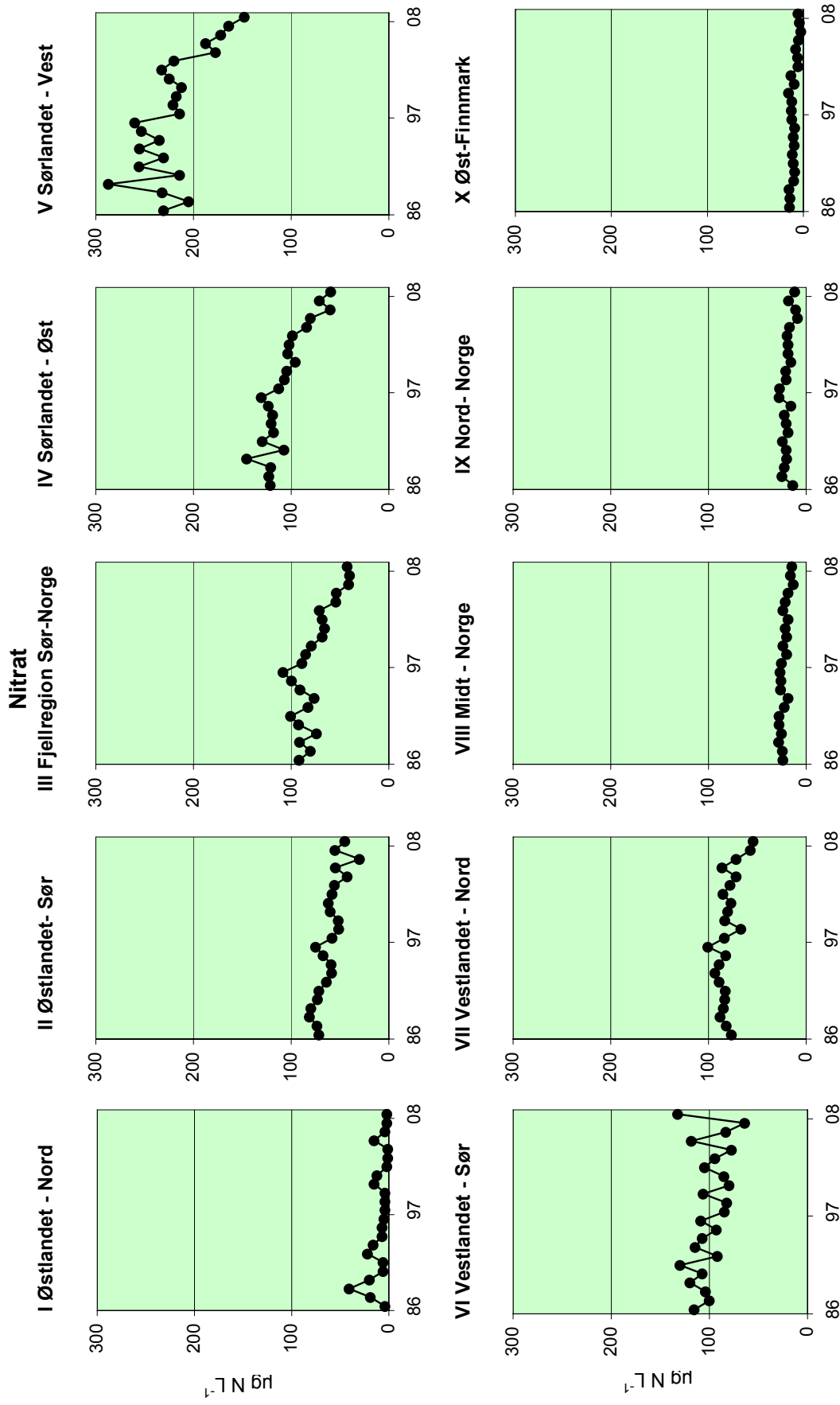
Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kola-halvøya og er påvirket av svovel, kobber og nikkel fra utslipp fra smelteverksindustrien. Forurensningsbelastningen av svovel er relativt stor, mens N-deposisjonen er lav. Utslippene av SO_2 fra Ni-verket er redusert med 75% fra 400.000 tonn i 1979 til 100.000 tonn i 2006. De siste årene har NILU målt økte konsentrasjoner av tungmetaller i nedbør, særlig nikkel og kobber, men også andre komponenter som kobolt. Undersøkelser i 1986 viste at for innsjøene i Øst-Finnmark var konsentrasjonene av sulfat i innsjøene mer enn fordoblet siden 1966 og var på samme nivå som de mest utsatte innsjøene på Sørlandet. Selv større innsjøer hadde lite igjen av sin opprinnelige motstandskraft mot forsuring. Undersøkelser i 1987-1989 viste at store områder i Sør-Varanger ville få omfattende skader og tap av fiskebestander hvis belastningen med sur nedbør fra smelteverkene på Kola-halvøya økte ytterligere. Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at forsuringutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået. I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere. Siden 1993 har gjennomsnittlig pH for disse sjøene vært > 6 . I 2008 var gjennomsnittlig pH 6,31, som er den høyeste verdien som er registrert så langt innen overvåkingen. Samtidig ser vi en økende trend i alkalitet og ANC. Sulfat har vist nedgang på 37% fra 1986 til 2008, og gjennomsnittskonsentrasjonen for 2008 på $45 \mu\text{ekv L}^{-1}$ er den nestlaveste som er registrert så langt innen overvåkingen i denne regionen. Konsentrasjonen av labilt Al har helt siden 1991 vært $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$.

I Øst-Finnmark er det også overvåking av seks små innsjøer på Jarfjordfjellet. I disse innsjøene måles det på metaller. Overvåkingen viser at Ni-konsentrasjonene i disse sjøene har økt fra gjennomsnittlig $8-11 \mu\text{g L}^{-1}$ i perioden 1990 - 2003, til $12-16 \mu\text{g L}^{-1}$ i perioden 2004-2008. Dette er mest sannsynlig en respons på den økte deposisjonen av Ni i området.



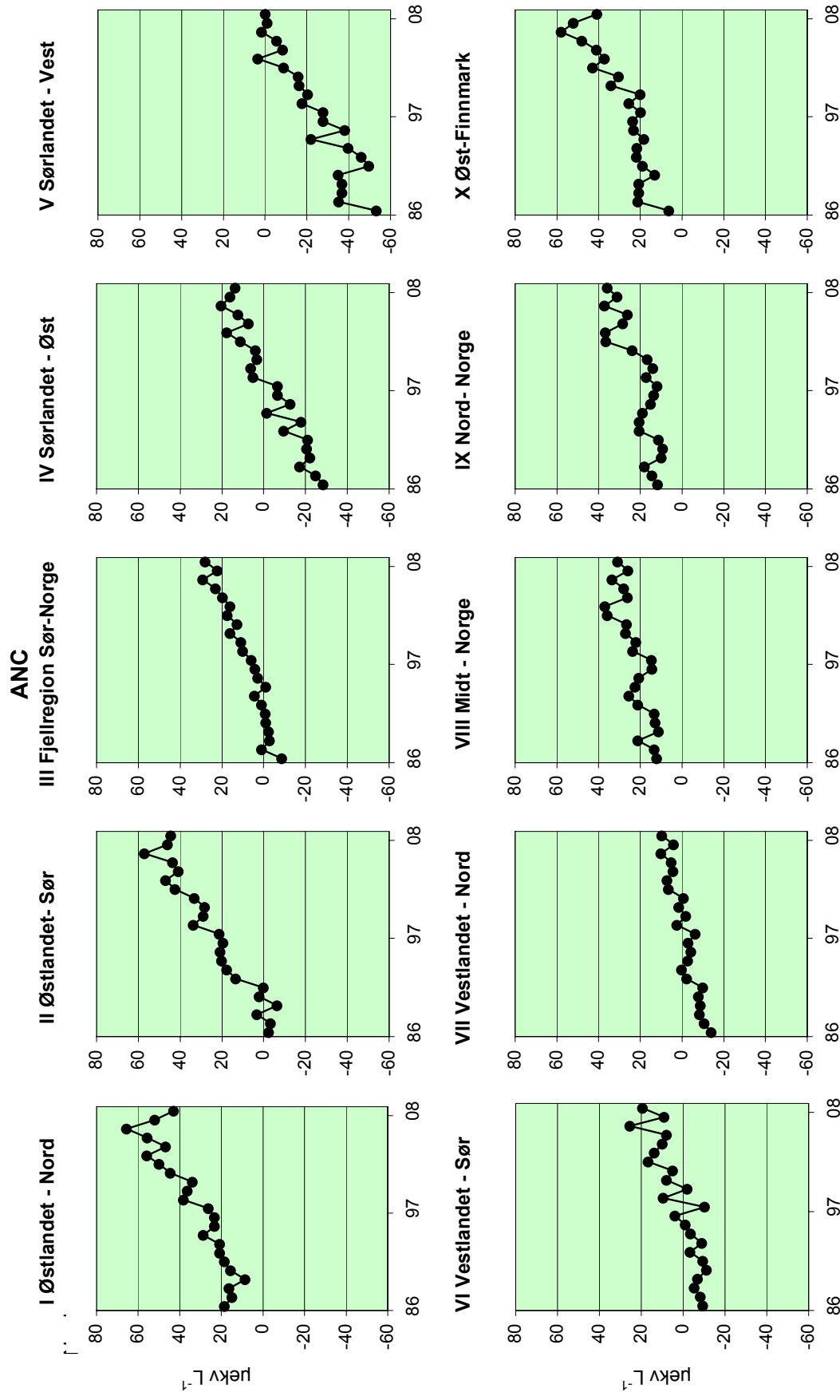
Figur 15. Trends for perioden 1986-2008 for ikke-marin sulfat for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 15. Trends for 1986-2008 in non-marine sulphate in lakes in the 10 regions.



Figur 16. Trends for perioden 1986-2008 for nitrat for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 16. Trends for 1986-2008 in nitrate in lakes in the 10 regions.



Figur 17. Trends for perioden 1986-2008 for ANC (syrenøytraliserende kapasitet) for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 17. Trends for 1986-2008 in ANC (Acid Neutralizing Capacity) in lakes in the 10 regions.

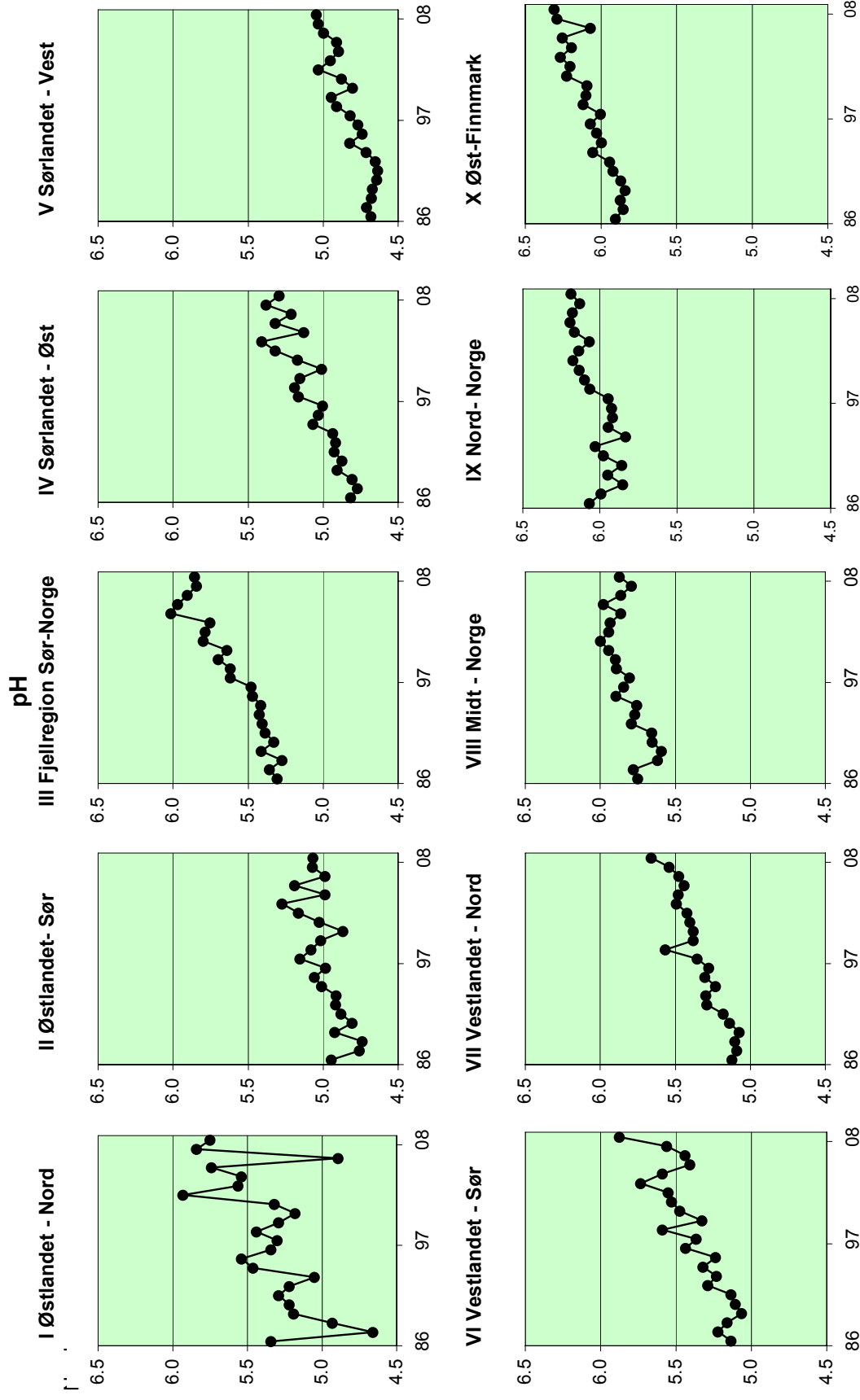
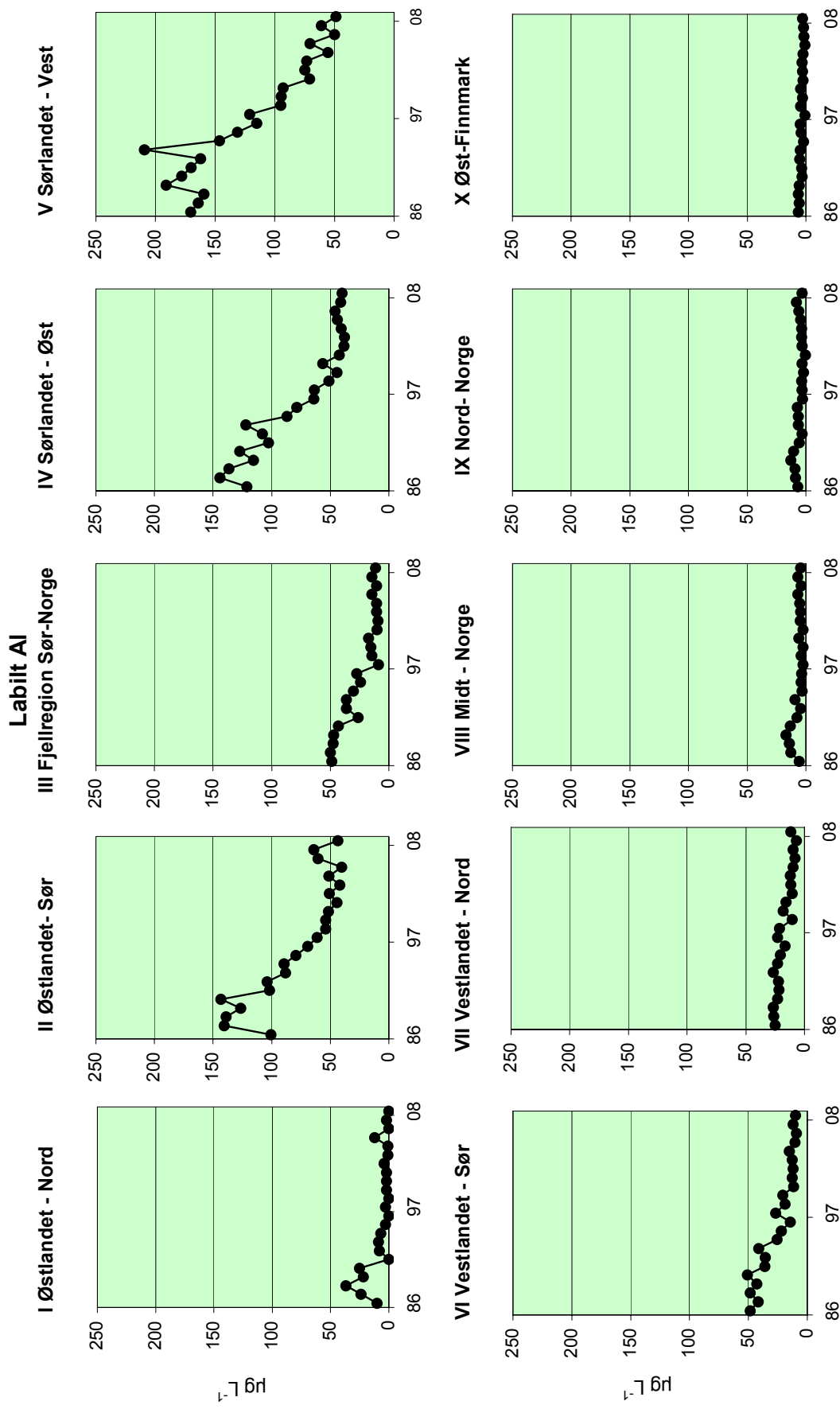


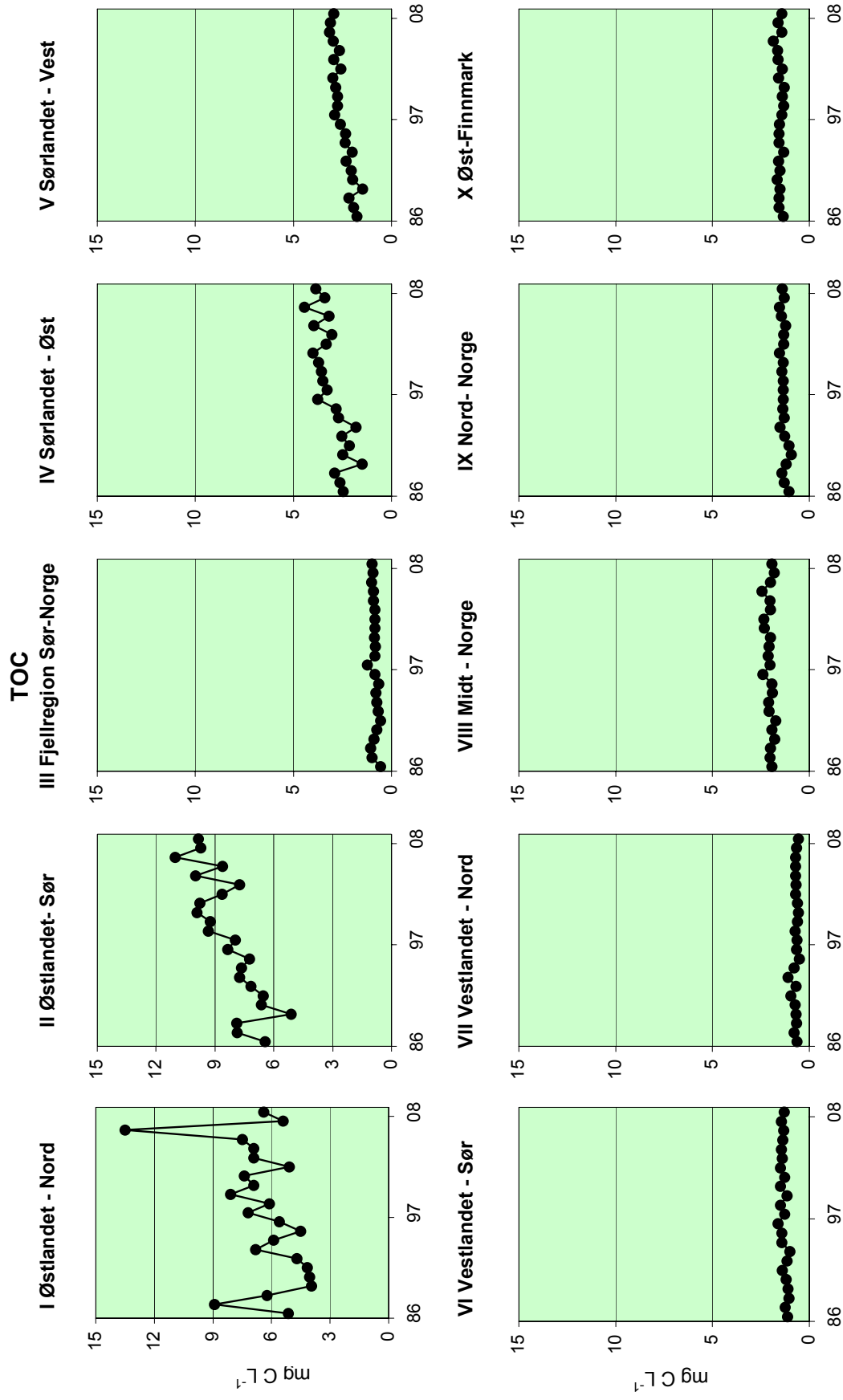
Figure 18. Trends for perioden 1986-2008 for pH for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 18. Trends for 1986-2008 in pH in lakes in the 10 regions.



Figur 19. Trender i LAl (labilt uorganisk (bundet) aluminium) for perioden 1986-2008 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 19. Trends for 1986-2008 in labile Al in lakes in the 10 regions.



Figur 20. Trender i TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2008 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 20. Trends in TOC (Total Organic Carbon) for the period 1986-2008 in lakes in the 10 regions.

5.2 Effekter på akvatisk fauna

5.2.1 Effekter på bunndyr

Regionale bunndyrundersøkelser i elver

De regionale bunndyrundersøkelsene i elver omfatter overvåking av fem vassdrag. Fra og med 2002 blir to av vassdragene prøvetatt annet hvert år. I 2008 ble det samlet inn prøver fra fire vassdrag. Nausta ble ikke prøvetatt. Resultatene viser at forsureningsskadene i alle vassdrag er redusert sammenlignet med tilstanden rundt 1990. Forskjellene i skadeomfang mellom de undersøkte vassdragene er også blitt mindre i de senere år. Den biologiske gjenhenting har imidlertid stagnert noe i de senere år. Dette vises blant annet ved at de mest sensitive bunndyrene har problemer med å danne stabile bestander og ved at det generelt er større forsureningsskader om våren enn om høsten.

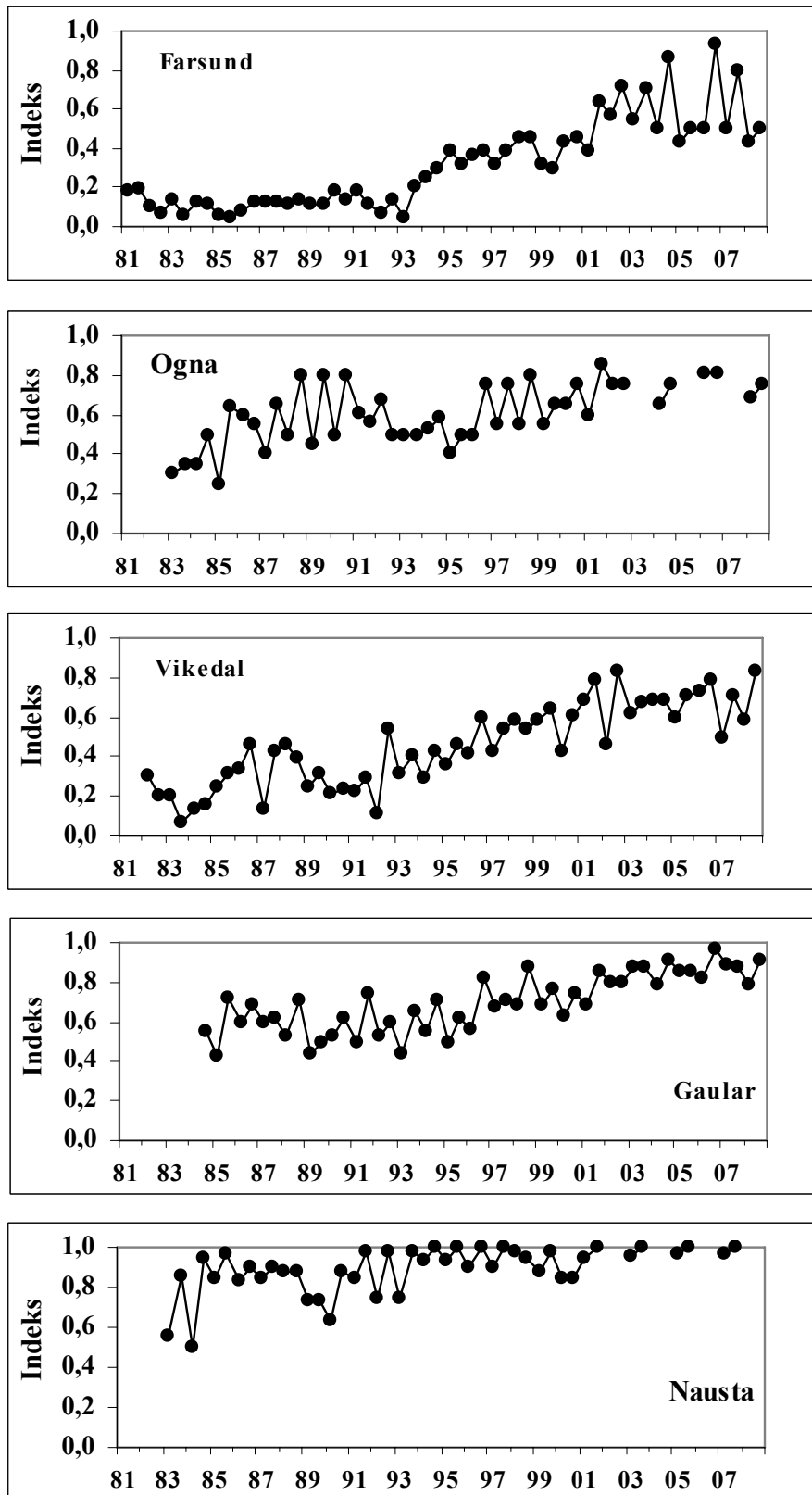
Sørlandet - Vest (region V)

Lokalitetene ved Farsund var sterkt forsureningsskadd i perioden 1981-1993. I de senere år har skadene på bunndyrfaunaen avtatt, men området må fortsatt karakteriseres som markert forsureningsskadd. Det er spesielt situasjonen om våren som viser at bunndyrfaunaen er forsureningsskadd. I de senere år har bestander av den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* bygget seg opp i Farsund. Disse er ennå ustabile. I 2005 ble arten slått ut i hele området, sannsynligvis som en følge av sterke sjøsaltepisoder vinteren 2005. Denne døgnfluearten var tilbake igjen i lokalitetene høsten 2006 med en større utbredelse enn tidligere. I 2007 var også arten tallrik i lokaliteten (*Figur 21*). Resultatene fra 2008 viser at *B. rhodani* på nytt var slått ut i lokaliteten. Situasjonen i 2008 var lik den vi hadde i 2005 (*Figur 21*) og viser at bunndyrsamfunnet ennå ikke er stabilt. Moderat følsomme arter ser derimot ikke ut til å være nevneverdig påvirket av de forverrede forholdene. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ($p < 0,001$) av forsureningsindeksen i Farsundområdet i de årene overvåkingen har pågått.

Undersøkelsene i Ognå i 2008 viste at forsureningsbildet har stabilisert seg på et betydelig bedre nivå enn tidlig på 1990-tallet. Vår og høst var gjennomsnittlig forsureningsindeks 1 lik 0,69 og 0,75, noe lavere enn den tilstanden som ble registrert i 2006 (*Figur 21*). Vassdraget som helhet kan karakteriseres som moderat forsureningsskadd. De ukalkete delene av Ognå er svært heterogene med hensyn til forsurening. Deler av vassdraget, spesielt den østlige delen av nedslagsfeltet, har en stabilt god vannkvalitet. Det biologiske mangfoldet i Ognå må karakteriseres høyt, blant annet med en ETP (summen av døgn-, vår- og steinfluearter) på nær 50. Mange av tilløpene fra vest er imidlertid sure.

Vestlandet - Sør (region VI)

Bunndyrundersøkelsene i de ukalkete delene av Vikedalsvassdraget viste at det er markerte forsureningsskader i deler av nedbørfeltet. Skadeomfanget var, som i tidligere år, størst om våren. I Vikedalsvassdraget har det vært en positiv utvikling av det biologiske mangfoldet, som startet rundt 1990 (*Figur 21*). I vassdraget finnes det lokaliteter med god vannkvalitet og med en uskadd bunndyrfauna. Disse lokalitetene har stor betydning som kilder for rekolonisering etter sure episoder. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ($p < 0,001$) av forsureningsindeksen i Vikedalsvassdraget etter 1990.



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

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

Vestlandet - Nord (region VII)

Gaularvassdraget har fortsatt forsureningskader i Eldalen, men de har avtatt betydelig i de senere år. I 2008 var forsuringindeksen 0,79 om våren og 0,91 om høsten (*Figur 21*). Verdien om våren var lavere enn det som har vært tilfelle i de seneste år, og vi må tilbake til 2004 for å finne like dårlig tilstand. Hovedelva nedstrøms Viksdalsvatnet har et rikt bunndyrssamfunn, 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 forsurede av overvåkingsvassdragene (*Figur 21*). Vassdraget ble ikke prøvetatt i 2008.

Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer

Østlandet – Nord (region I)

De årlige innsjøene Atnsjøen og Stortjørna ble undersøkt i 2008. I Atnsjøen var tettheten av den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* høy i utløpselva. Dette indikerer en uskadet fauna. Videre var det registrert 7 arter av steinfluer. Blant disse var det to moderat følsomme arter, *Isoperla grammatica* og *Diura nanseni*. Det ble videre påvist 7 arter/slekter av vårfluer. Tre av disse er kjent for å være sensitive for surt vann. I 2008 ble det funnet to arter ferskvannsnegl, *Lymnaea peregra* og *Gyraulus acronicus*. Videre ble det også registrert følsomme krepsdyr, *Daphnia* sp., i bunnprøvene. Resultatet i Atnsjøen varierer litt fra år til år med hensyn på antall arter og mengden av sensitive taksa. Forskjellene tolkes som naturlige variasjoner og ikke at samfunnene endrer seg grunnet endret forsuringbelastning.

Stortjørna har vist moderat til liten forsuringsskade tidligere. *B. rhodani*, som har hatt sporadisk forekomst i de seneste år, ble ikke registrert hverken i 2006 eller i 2008. Vekslingen i forekomst indikerer ustabile forhold og varierende surhetstilstand fra år til år. Blant vårfluene ble det bare påvist tolerante arter. Det ble videre registrert moderat følsomme individer av flimmermark og svakt forsuringfølsomme småmuslinger (*Pisidium*) som er noe følsomme for surt vann. Lokaliteten må på basis av faunaen karakteriseres som moderat skadet av forsuring og tilstanden er ustabil.

Østlandet – Sør (region II)

I region II ble de årlige innsjøene Ø. Jerpetjern, Langtjern og Bredtjern undersøkt. Resultatene fra disse innsjøene viser små endringer i status sammenlignet med foregående år. Den økologiske tilstanden i Ø. Jerpetjern ble vurdert som dårlig både vår og høst. I Langtjern ble det påvist småmuslinger, *Pisidium* sp.. Bredtjern hadde en sterkt skadet fauna. Samlet viser faunaen i innsjøene i region II at området bærer preg av forsuringsskade, en situasjon som har vært stabil siden overvåkingen startet.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)

I region III ble det samlet inn prøver fra Rondvatn og Heddersvatn. I Rondvatn ble det registrert tre sensitive taksa av bunndyr. Den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* ble registrert i utløpsbekken om høsten. Det ble registrert to arter sensitive steinfluer, *Capnia* sp. og *Diura nanseni*. Faunaen viser at innsjøens forsuringssstatus ikke er endret sammenlignet med tidligere. Det ble registrert flere moderat sensitive steinfluearter i utløpet av Heddersvatn: *Capnia* sp., *Diura nanseni* og *Isoperla grammatica*. 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 2008, er ikke muslingene gjenfunnet og innsjøen fremstår som meget sterkt forurensningskadet. I Lille Hovvatn ble den moderat følsomme døgnfluen, *Siphonurus sp.* påvist i strandsonen. Dette var også tilfelle i 2007 og observasjonen kan tyde på at Lille Hovvatn er i ferd med å gjenhente seg fra en tidligere sterkt skadet tilstand. I Sognevatn ble det registrert to arter av den sterkt følsomme døgnflueslekten *Baetis* i utløpsbekken (*B. rhodani* og *B. fuscatus*). I strandsonen ble det registrert en annen sterkt følsom døgnflueart, *Caenis horaria*. Dette viser at vatnet er lite forurensningskadet.

Sørlandet - Vest (region V)

I region V ble innsjøene Saudlandsvatn, Ljosvatn og Lomstjørni undersøkt. I Saudlandsvatn, som undersøkes årlig, ble det i 2008 påvist ni følsomme taksa, det samme som 2007. Den sterkt sensitive døgnfluen *Baetis rhodani*, som tidligere har vært registrert sporadisk, ble ikke registrert i 2008. 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 sjøaltepisoder 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. En økende andel av sensitive organismer viser at det biologiske mangfoldet utvikler seg i positiv retning. Av arter som har etablert seg i Saudlandsvatnet i de seneste årene kan foruten *Baetis*, nevnes døgnfluene *Cloeon dipterum* og *Siphonurus alternatus* samt vårfluene *Tinodes waeneri*, *Oecetis testacea* og *Woemaldia sp.*. Alle artene som har kommet tilbake er forventet, men fortsatt mangler det mange som finnes i uforsurete lokaliteter. I Ljosvatn ble det ikke registrert følsomme bunndyr i 2008. Lokaliteten vurderes fortsatt som meget sterkt forurensningskadet slik situasjonen har vært i hele overvåkingsperioden. I Lomstjørni ble det funnet syv følsomme taksa bestående av meget følsomme og moderat følsomme arter. Døgnfluen *Baetis rhodani*, som var tallrik i utløpsbekken. I strandsonen ble det registrert to sterkt sensitive arter: døgnfluen *Caenis horaria* og sneglen *Lymnaea peregra*. Antall følsomme individ er økende, og lokaliteten fremstår nå som lite forurensningskadet.

Vestlandet - Sør (region VI)

I region VI ble Røyrvatnet, Risvatnet, Flotvatnet og Inste Sørlivatnet undersøkt i 2008. Etter mange år med sterk forurensningskade viser Røyrvatnet tegn til en begynnende gjenhenting av bunndyrfaunaen i de siste fire årene. I 2008 ble det registrert to moderat sensitive bunndyrtaksa i lokaliteten: steinfluen *Diura nanseni* og vårfluen *Hydropsyche siltalai*. Røyrvatn synes nå å føye seg til en generell positiv utvikling for regionen, se elveundersøkelsene. I utløpselva fra Flotavatnet ble det registrert en moderat sensitiv steinflueart, *Diura nanseni*. Det er også tidligere gjort sporadiske funn av sensitive arter her, og vi venter at bestandene av disse skal stabilisere seg. Det ble ikke registrert sensitive bunndyr i Risvatnets strandsone, men *D. nanseni* ble funnet i utløpselva. I Inste Sørlivatnet ble det ikke påvist sensitive arter.

Vestlandet - Nord (region VII)

I region VII ble de årlige innsjøene Markusdalsvatn, Nystølsvatn og Svartetjern undersøkt. Bunnfaunaen i Markusdalsvatn var meget sterkt forurensningskadet fauna frem til 1999. Fra dette året er det sporadisk registrert moderat sensitive bunndyrarter i lokaliteten. I 2008 ble den moderat forurensningstolerante arten *Siphonurus alternatus* funnet i strandsonen. I Svartetjern ble det kun påvist tolerante arter. Forekomst av enkelte følsomme arter fra år til

annet tyder på at vatnet er i positiv utvikling. Nystølsvatn hadde en periode med sterkt forsureningsskadede bunnfauna i årene 2000 og 2001. Etter dette har vatnet vist tegn til forbedring, med årlige registreringer av moderat sensitive bunndyr. Det ble registrert fire følsomme taksa i 2008. Ved undersøkelsene i 2006 ble døgnfluen *Baetis rhodani* for første gang registrert i utløpselva av Nystølsvatnet. Denne arten ble også funnet i 2008. Nystølsvatn er svært ionefattig og er følgelig følsom for forsuring. Den stabile forekomsten av moderat følsomme taksa de siste årene og etablering av *B. rhodani* fra 2006 indikerer en positiv utvikling.

Midt-Norge (region VIII)

I region VIII undersøkes Svartdalsvatn årlig. Den svært sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* er tidligere registrert i innløpselva. Denne lokaliteten utgår fra og med 2007. I 2008 ble det påvist tre moderat forsuringssensitive bunndyrarter i strandsonen: døgnfluen *Siphonurus lacustris*, steinfluen *Capnia sp.* og vårfluen *Apatania sp.*

Nord-Norge (region IX)

I region IX er Nedre Kaperdalsvatn undersøkt siden 1999. Antall registrerte taksa og individer har vært lavt i innsjøen. 2008 ble det registrert høye tettheter av den sterkt sensitive døgnfluen *Baetis rhodani* i utløpsprøven. Denne arten har ikke vært vanlig tidligere. I tillegg ble det registrert to moderat forsuringfølsomme arter: døgnfluen *Heptagenia sulphurea* og vårfluen *Hydropsyche siltalai*. Lokaliteten fremstår for øvrig som meget næringsfattig noe som kan forklare den artsfattige faunaen. Dette tilsier også at innsjøen er svært følsom for surt nedfall og det vil være vanskelig å skille effektene av eventuell forsuring fra virkningen av lav produktivitet. Sjøen har tidligere vært vurdert som moderat forsuret, men resultater fra de senere år viser at den er lite skadet.

Øst-Finnmark (region X)

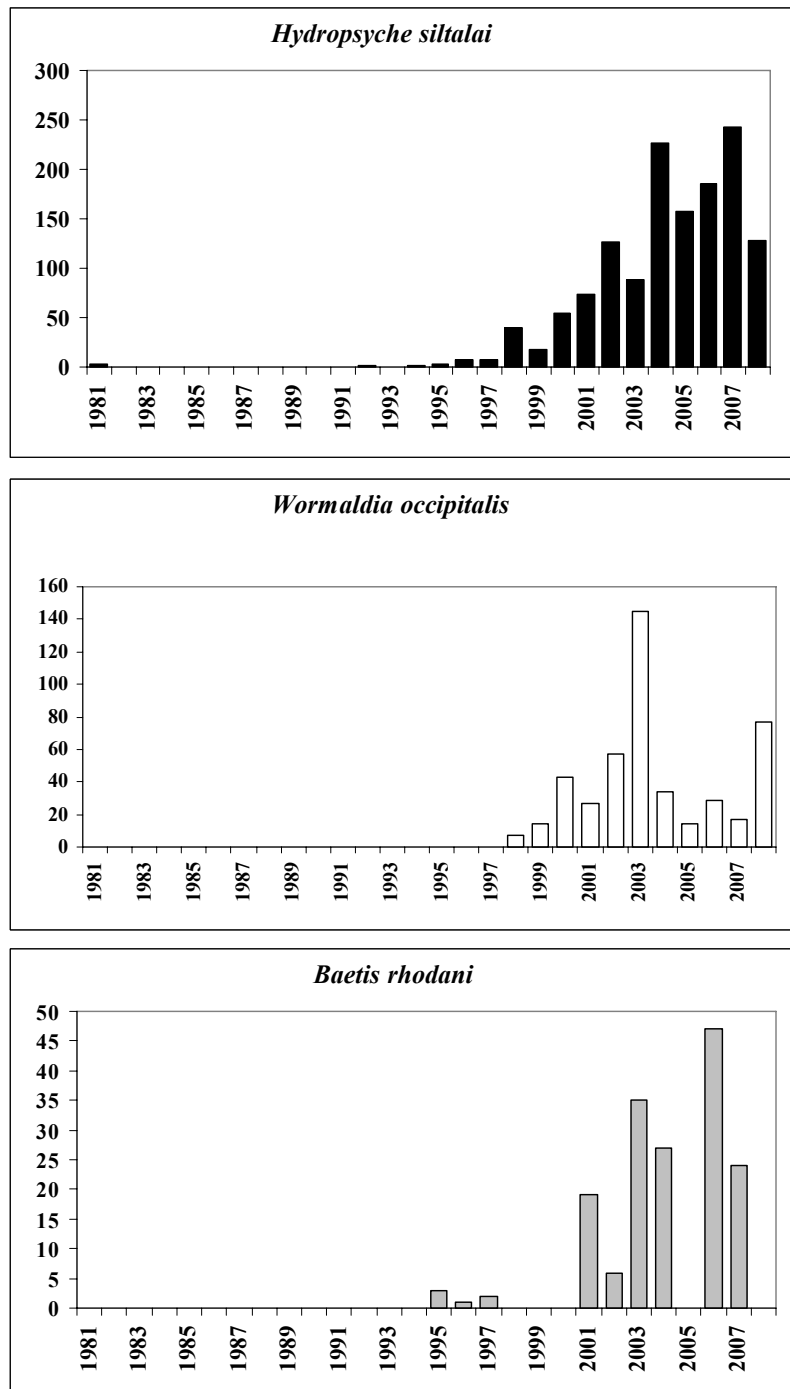
I region X undersøkes bunnfaunaen i Dalvatn årlig. I tillegg ble Otervatnet, Første Høgfjellsvatn og Store Skardvatn undersøkt i 2008. Gode tettheter av *Baetis rhodani* i utløpselva fra Dalvatnet viser en forbedring fra foregående år, da det bare ble registrert moderat sensitive arter. Store Skardvatn hadde en rik fauna bestående av flere sterkt sensitive arter, blant annet sneglene *Gyraulus sp.* og *Lymnaea peregra* samt døgnfluene *Baetis rhodani* og *Baetis fuscatus*. I Otervatnet ble det registrert moderat sensitive arter: døgnfluen *Ameletus inopinatus* og steinfluen *Capnia sp.* I Første Høgfjellsvatn ble det bare registrert forsuringstolerante arter.

Trender i bunndyrobbservasjoner

En del av elvene og innsjøene som inngår i innsjøovervåkingen har vært undersøkt over lange tidsrom. Lille Hovvatn (region IV) har vært undersøkt over 16 år (referanse til det nærliggende kalkede Store Hovvatn). Innsjøen var meget sterkt forsuret i perioden 1977 til 1980. I siste halvdel av nittitallet ble det sporadisk registrert moderat forsuringfølsomme arter: småmuslinger (*Pisidium sp.*) og døgnfluen *Siphonurus sp.* Senere var begge arter fraværende til og med 2005. *Siphonurus sp.* ble registrert i 2008. Bestanden må karakteriseres ustabil. Årsaken er marginal vannkvalitet. I oktober var pH 4,76 og kalsium 0,28 mg L⁻¹. Rekrutteringen av disse sensitive bunndyrene skjer fra Store Hovvatn, der de har blitt tallrike etter kalking.

Saudlandsvatn (region V) har vært overvåket siden 1981. Utviklingen av følsomme taksa for Saudlandsvatn og nærliggende områder har vært meget positiv fra 1990. I 2008 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 22). Den sterkt forurensningssensitive døgnfluen *B. rhodani* viser en ustabil gjenhentingsprosess og ble ikke registrert i prøvene i 2008 (Figur 22). Sporadisk fravær er sannsynligvis forårsaket av sure episoder. Vannkvaliteten er foreløpig for ustabil for en permanent etablering av arten. Moderat følsomme arter viser derimot stabile bestander.



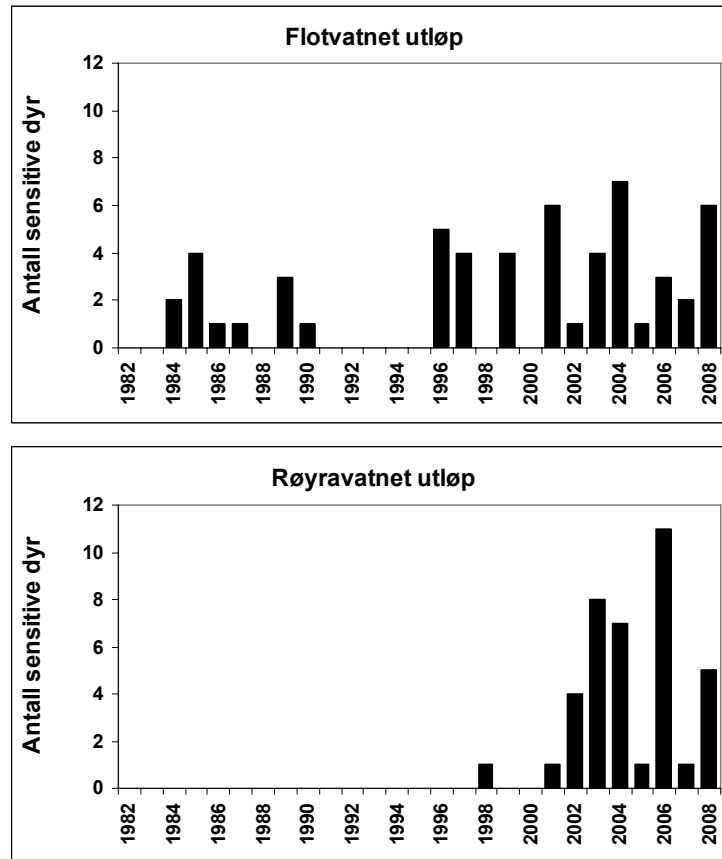
Figur 22. Antall registrerte individer av vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Wormaldia occipitalis* samt døgnfluen *Baetis rhodani* Saudlandsområdet, Farsund i perioden 1981-2008.

Figur 22. Total number of the caddisflies *Hydropsyche siltalai* and *Wormaldia occipitalis* and the mayfly *Baetis rhodani* in the Saudland area, Farsund during 1981-2008.

I tidligere rapporter er det påpekt at det er blitt registrert flere igler i lokaliteter på Sørlandet. I region V er kun en igleart, blodigle, oppført som sikker for regionen, mens andre igler 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 vist at tøyet flatigle (*Helobdella stagnalis*), hundegle (*Erpobdella octoculata*) og andegle (*Theromyzon tessulatum*) har blitt mer vanlige i flere lokaliteter på Sørlandet. I 2008 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 Flotvatn og Røyrvatn inngått i overvåkingen siden 1982. Elva fra Flotvatn har gjennom hele perioden hatt sporadiske innslag av den moderat forsuringfølsomme steinfluen *Diura nanseni* (Figur 23). 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 Røyrvatn har vist at lokaliteten var sterkt forsuret i perioden 1982-1997. Situasjonen i de senere årene viser en endring i positiv retning (Figur 23), med en redusert 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 ett individ av arten i utløpet. I 2008 ble det også kun funnet ett individ av *B. rhodani* i utløpet. Vi regner med at det ennå vil ta tid å etablere en stabil bestand av arten i Røyrvatn.

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 forsuringfølsomme taksa. Prøvene fra de siste årene indikerer ustabil vannkjemi, til tross for en positiv tendens i utviklingen av følsom fauna og biologisk mangfold. Bunndyrfaunaen i Nystølvatn, som var sterkt forsuringsskadet i 2000 og 2001, har vist en positiv utvikling i de siste årene. Registreringen av *Baetis rhodani* i utløpet de to siste årene viser at vannkvaliteten er i bedring.



Figur 23. Forekomst av forurensningssensitive bunndyr i utløpselvene fra Flotvatnet og Røyrvatnet, Vikedal, i perioden 1982-2008.

Figure 23. Numbers of acid-sensitive benthic animals in the outlet rivers from Lake Flotvatnet and Lake Røyrvatnet, Vikedal, in the period 1982-2008.

5.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2008 registrert 58 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 33 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 forurensning. Eksempler på forurensningsfølsomme arter er *Daphnia longiremis*, *D. longispina*, *Eucyclops macrurus* og *E. speratus*. Arter innen slekten *Daphnia* spp. har en sentral funksjon som surhetsindikatorer, både for dagens innsjøer og i historisk sammenheng. Allerede ved pH 6,0 begynner artene å opptre med avtagende frekvens, og de mangler med få unntak i lokaliteter med pH lavere enn 5,4.

Artsantallet for den enkelte lokalitet varierte mellom 7 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 forurensingsskadede lokalitetene vil det være få forurensningsfølsomme arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forurensning, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longispina* og *Chydorus sphaericus*. Forholdet mellom de tre gruppene av krepsdyr

(vannlopper, calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps) brukes derfor for å identifisere innsjøer med store forurensningsskader fra de som er mindre forsuret.

Fordi forekomsten av mange av de forurensningssensitive artene er bestemt av andre miljøfaktorer (klima, kalsiumkonsentrasjon og fiskepredasjon) i tillegg til forurensning, finnes det også uforuretede innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forurensningsfølsomme arter og dominans av arter som er karakteristisk for foruretede lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forurensningsskadede krepsdyrsamfunnet er.

Østlandet – Nord (region I)

Region I ble undersøkt i 1998 og det ble registrert 47 arter av planktoniske og litorale krepsdyr i til sammen 11 innsjøer. Basert på krepsdyrfaunaen ble enkeltsjøene i regionen den gang vurdert å være ubetydelig/lite til sterkt forurensningsskadede (svært god/god - dårlig økologisk tilstand). Siden er kun noen få av innsjøene i denne regionen undersøkt. To av innsjøene undersøkes årlig. Atnsjøen (Stor-Elvdal) er en referansesjø med ingen eller kun ubetydelige forurensningsskader. Andelen forurensningsfølsomme individer har i de siste fire årene likevel vært noe høyere enn i tidligere år. Stortjørna (Engerdal) er moderat forsuret og viser relativt store mellom-år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Andel forurensningsfølsomme småkreps i 2008 (20 %) har imidlertid aldri vært høyere siden overvåkingen startet. 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 forurensningssituasjonen i region I.

Østlandet – Sør (region II)

Totalt er det registrert 68 arter i region II basert på overvåkingen i perioden 1996-2008. For enkeltlokaliteter i region II vurderes forurensningsskadene som liten til meget stor basert på krepsdyrfaunaen (god - svært dårlig økologisk tilstand). Et flertall av overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 1998 og på nytt i 2002 og i 2006. Antall arter var hhv. 50 (12 lok.), 60 (11 lok.) og 51 (8 lok.). For de fleste av lokalitetene var antall arter og andel forurensningsfølsomme arter høyere i 2002 sammenlignet med 1998. Det blir antatt at forskjellene mellom 1998 og 2002 skyldes andre forhold enn forurensning. Tidlig start på vekstsesongen og en varm sommer på Østlandet gjør at 2002 skiller seg fra de øvrige årene i overvåkingperioden. Totalt 8 innsjøer er undersøkt ved minimum tre tidspunkt (1998, 2002, 2006). Andel forurensningsfølsomme arter varierer mellom år, men med unntak av Bredtjenn (Aremark), er andelen generelt noe høyere eller på samme nivå i 2006 sammenlignet med 1998. I Storbørja (Kongsvinger) ble det for første gang registrert *Daphnia cristata* i 2006. Innsjøen hører til de mindre foruretede innsjøene, og en annen dafnie, *Daphnia longiremis*, er funnet i alle år med undersøkelser. For tre av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra 10-13 år i løpet av perioden 1996-2008. I Bredtjenn, en av de mest forurensningsskadede innsjøene i denne regionen, indikerte sammensetningen i planktonet, med dominans av hoppekrepsen *Eudiatomus gracilis* og den svært forurensningstolerante vannloppen *Bosmina longispina* og ellers få arter, at innsjøen er sterkt forurensningsskadede. En ny forurensningsfølsom vannloppe, *Alona karelica*, ble imidlertid registrert i 2008. Fra Langtjern (Flå) fins det, i tillegg til nyere krepsdyrundersøkelser, planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den forurensningsfølsomme arten *Daphnia longispina* i planktonet har i alle år vært lav, men noe høyere i perioden 2003-2008, 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 overvåkingperioden. I Øvre Jerpetjern (Notodden) har andel forurensningsfølsomme arter vært noe høyere i årene 2004-2007 sammenlignet med tidligere år og 2008. I Langvatn (Oslo), som er undersøkt årlig i perioden 1996-1999 og siden hvert 4. år, er det registrert relativt høy andel forurensningsfølsomme arter. Vannkvaliteten synes imidlertid å

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

Fjellregion - Sør-Norge (region III)

Totalt er det registrert 41 arter i region III basert på overvåkingen i perioden 1996-2008. Andel forsuringsfølsomme arter varierer omkring 20%. Lavest andel forsuringsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Rondvatn og Fremre Illmannstjern. Innsjøene i region II er vurdert som ubetydelig/lite til sterkt forsuringsskadet (svært god/god – dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Flertallet av overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2000 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 33 (11 lok.) og 29 (6 lok.). Fra to av lokalitetene fins det årlige krepsdyrdata for perioden 1997-2008. 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 forsuringsstolerante *Acanthocyclops vernalis*, og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Andel forsuringsfølsomme arter er imidlertid lav, og variable forekomster av *C. scutifer* indikerer at de vannkjemiske forholdene er marginale. Rondvatn (Otta) er svært artsfattig, men dette har mest sannsynlig naturlige årsaker som dårlig utviklet litoralsone og lave ionekonsentrasjoner. 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.

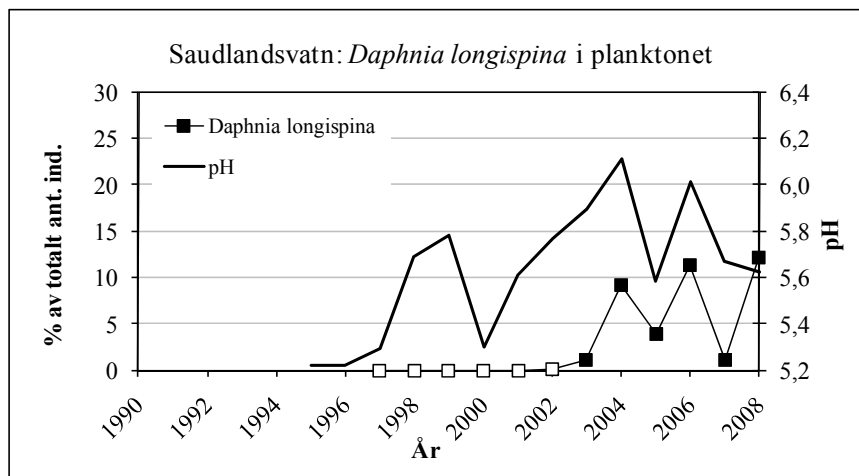
Sørlandet - Øst (region IV)

Totalt er det registrert 64 krepsdyrarter i region IV i perioden 1996-2008. Krepsdyrsamfunnene viser stor variasjon og forsuringsskadene er vurdert som liten til meget stor (god – svært dårlig økologisk tilstand) for enkeltjøene i region IV. Et utvalg av overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003 og i 2007. Antall arter var hhv. 55 (10 lok.), 53 (9 lok.) og 51 (6 lok.). Tre av innsjøene overvåkes årlig. Bjorvatn (Birkenes) er moderat forsuringsskadet. De siste årene, særlig fra 2003, er det kommet inn flere moderat forsuringsfølsomme arter av småkreps som tidligere ikke er registrert i innsjøen. I 2007 ble det registrert to nye arter, *Alona intermedia* og *Pseudochydorus globosus*, begge anses som moderat forsuringsfølsomme. Tettheten av disse er imidlertid lav. Enkelte år er dessuten andelen forsuringsfølsomme arter svært lav. Dette viser at forholdene i Bjorvatn er ustabile. Dersom de vannkjemiske forbedringene fortsetter vil vi imidlertid kunne forvente en positiv utvikling i forsuringsstilstanden i Bjorvatn i løpet av få år. Lille Hovvatn (Birkenes) hører til de mest forsuringsskadete av overvåkingssjøene våre og krepsdyrsamfunnet gir ingen tegn på endringer i forsuringsstilstand. I 2008 ble det kun registrert forsuringsstolerante arter. I Sognevatn (Songdalen/Vennesla) er andelen forsuringsfølsomme krepsdyrarter mer enn fordoblet for perioden 1997-2008 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet, men datagrunnlaget fra de tidlige undersøkelsene er noe mangelfullt. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet har økt fram mot 2005, fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997. Lave tettheter av *Daphnia longispina* i 2005-2008 kan indikere mindre gunstige forhold sammenlignet med tidlig på 2000-tallet. Økt predasjon fra fisk kan være en annen

forklaring. Vi mangler imidlertid fiskedata for å kunne underbygge dette. For de øvrige tre innsjøene som ble undersøkt i 2007 hadde mengden av moderat forsuringfølsomme arter økt siden forrige undersøkelse (2003). Samtidig ble det i 2007 ikke registrert dafnier i de to sjøene Risvatn (Birkenes) og Drivnesvatn (Vennesla); disse har tidligere hatt en bestand av *Daphnia longispina*. Hoppekrepsen *Cyclops scutifer*, som tidligere har vært en dominerende art, mangler også i to av innsjøene. For de fem innsjøene med 3-4 år med krepsdyrdata er det ingen indikasjoner på endringer i forsuringstilstanden over overvåkingsperioden.

Sørlandet - Vest (region V)

Totalt er det registrert 58 arter (14 lok.) i overvåkingsperioden 1996-2008. Innsjøene i region V er klassifisert som litt/moderat til sterkt forsuringsskadet (god – svært dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Fra åtte av sjøene foreligger det krepsdyrdata fra både 1997 og 2001 og seks av disse er også undersøkt i 2005. Ytterligere to innsjøer er undersøkt kun i 2001 og 2005. Samlet sett er det en liten økning i relativ forekomst av forsuringfølsomme arter fra 1997 til 2001 og videre til 2005. Tre av innsjøene i region V blir undersøkt årlig. I Saudlandsvatn (Farsund) ble det i 2002, for første gang, funnet individer av *Daphnia longispina* i planktonet. Andelen av *D. longispina* har siden økt og denne har enkelte år vært en av de dominerende planktonartene (Figur 24). Andelen forsuringfølsomme arter har også økt de siste årene og ligger nå i underkant av 25%. Samlet indikerer resultatene en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen i innsjøen.



Figur 24. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longispina* i Saudlandsvatn (region V, Sørlandet - Vest) i 1997-2008. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH er fra høstprøver (unntak 2004: gjennomsnitt av prøver tatt vår og sommer).

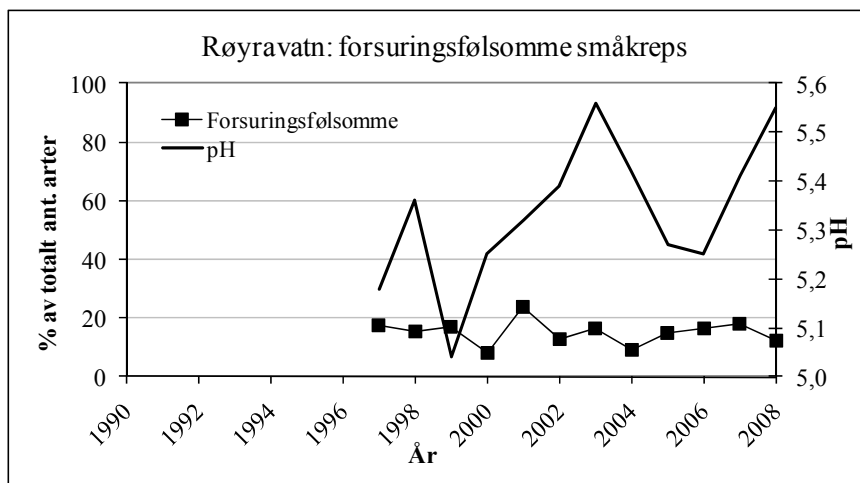
Figure 24. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera *Daphnia longispina* recorded in Lake Saudlandsvatn (Reg. V, Southwestern coast of Norway) in 1997-2008. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken in the autumn or mean value based on samples taken in spring and summer.

Ljosvatn (Sokndal) hører til de mest forsuringsskadede av overvåkingsjøene våre. I perioden 2005-2007 har det imidlertid blitt registrert totalt fire nye moderat forsuringfølsomme arter i Ljosvatn. Mengden av disse er generelt lave og varierer dessuten mellom år. I 2008 ble det for eksempel kun registrert en forsuringfølsom art. Selv om resultatene kan indikere en begynnende gjenhenting av krepsdyrfaunaen i Ljosvatn så er forholdene foreløpig for ustabile

og ugunstige til at forsuringsfølsomme arter etablerer seg med gode bestander. Lomstjørni (Bjerkreim) vurderes som moderat forsureningsskadet med høye andeler forsuringsfølsomme arter.

Vestlandet - Sør (region VI)

Totalt er det registrert 43 krepsdyrarter i region VI i perioden 1996-2008. Forsuringsskadene basert på krepsdyrfaunaen er vurdert som moderat til stor (moderat-dårlig økologisk tilstand) for enkeltsjøene i region VI. Overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2000 og fire av innsjøene ble undersøkt på nytt i 2004 og i 2008. Antall arter av krepsdyr var hhv. 32 (7 lok.), 29 (4 lok.) og 31 (4 lok.). Kun en av lokalitetene (Røyrvatn i Vindafjord) blir undersøkt årlig. I forbindelse med bunndyrundersøkelsene i 2000 ble det registrert individer av *Daphnia* sp. i utløpselva. Arten er så langt ikke funnet i planktonet, og dersom dafnier fremdeles finnes i innsjøen så antas det at populasjonen er svært liten. Krepsdyrundersøkelsene gir ellers ingen tegn på endringer i forsureningssituasjonen i Røyrvatn (Figur 25). Også de øvrige innsjøene som er undersøkt to eller flere år, er svært forsureningsskadet med kun mindre år-til-år variasjoner. Samlet sett vurderes forsureningstilstanden for region VI å være uforandret.



Figur 25. Andel (% arter) av forsuringsfølsomme småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) i Røyrvatn (Reg. VI, Vestlandet - Sør) i 1996-2008. pH er fra høstprøver.

Figure 25. Relative occurrence (% of total species numbers) of acid sensitive microcrustaceans (*Cladocera* + *Copepoda*) in Lake Røyrvatn (Reg. VI, Western Norway - South) in 1997-2008. pH is from samples taken in the autumn.

Vestlandet - Nord (region VII)

Region VII ble undersøkt i 1999 og på nytt i 2003 og i 2007. Antall arter var hhv. 35 (12 lok.), 31 (7 lok.) og 38 (6 lok.). Totalt er det registrert 50 krepsdyrarter i region VII i perioden 1996-2008. Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon, og innsjøene i region VII er klassifisert som ubetydelig/litt til sterkt/svært sterkt forsureningsskadet (svært god/god-dårlig/svært dårlig økologisk tilstand). Overvåkingssjøene i regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner ($0,1-1,0 \text{ mg Ca L}^{-1}$). Det er sannsynlig at forsureningssituasjonen 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. I Svartetjern har både antall arter og andelen forsuringsfølsomme arter økt siden 2004. Nystølsvatn og Markusdalsvatn viser ingen klar

trend mhp. krepsdyrfaunaen. I sistnevnte innsjø ble det imidlertid registrert flere forsuringfølsomme arter i 2008 enn det som er registrert tidligere år. Samtidig ble det ikke registrert noen individer av den moderat følsomme og ellers svært vanlige hoppekrepsen *Cyclops scutifer*. For de øvrige tre innsjøene som ble undersøkt i 2007 synes tilstanden å være uforandret siden forrige undersøkelse (2003) med unntak av Movatn (Eid). Her er det nå registrert flere moderat forsuringfølsomme arter.

Midt-Norge (region VIII)

Totalt er det registrert 54 arter i region VIII basert på overvåkingen i 1996-2008. Andel forsuringfølsomme arter varierer omkring 20%. Lavest andel forsuringfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Svartdalsvatn, Øvre Neådalsvatn og Skjerivatn. Innsjøene i region VIII er vurdert som lite til sterkt forsuringsskadet (svært god-dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Innsjøene i denne regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,3 - 1,1 mg Ca L⁻¹). Det er derfor også her sannsynlig at forsuringssituasjonen i enkelte av lokalitetene er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. Overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2001 og på nytt i 2005. Antall arter var hhv. 42 (10 lok.) og 48 (7 lok.). Undersøkelser av høyfjellslokaliteten Svartdalsvatn (Lesja) viser årlige forekomster av den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia longispina*. Med unntak av 1999 og 2000 har andelene imidlertid vært lave eller moderate. De siste seks årene har mengden dafnier vært avtagende og i 2008 ble arten ikke registrert, for første gang siden overvåkingen startet. Lave tettheter av dafnier er også registrert for andre ionefattige klarvannssjøer (Schartau *et al.* 2006). Andelen forsuringfølsomme 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 overvåkingemetodikk (Schartau *et al.* 2006, Walseng *et al.* 2006). Noen arter blir dessuten kun registrert i enkelte år uten at de klarer å etablere en fast bestand i innsjøen. År til år variasjoner i artsantall og sammensetning forventes derfor å være større for en uforsuret referansesjø enn for en forsuret innsjø.

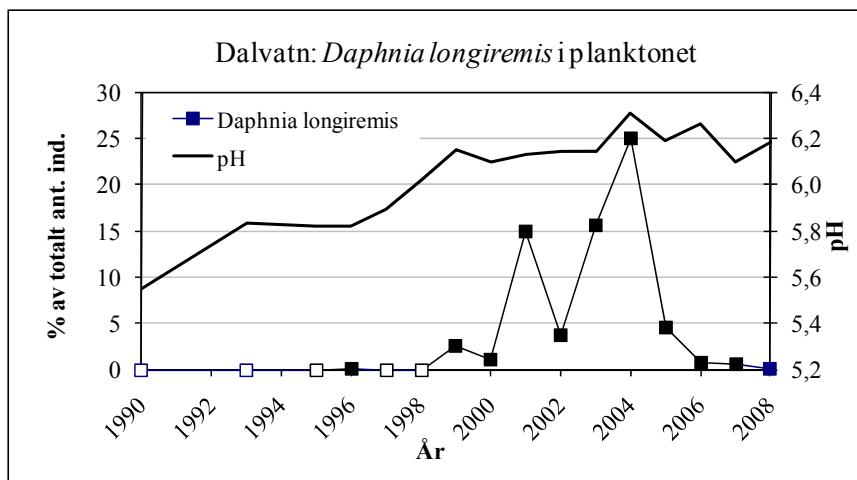
Nord-Norge (region IX)

I 1999 ble seks innsjøer i region IX undersøkt. Totalt ble det registrert 35 arter av planktoniske og litorale krepsdyr. Innsjøene i region IX ble den gang vurdert som ubetydelig/litt til moderat forsuringsskadet (svært god/god – moderat økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. 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 krepsdyrfaunaen relativt mye, og det er lite som tyder på en generell endring i forsuringstilstanden.

Øst-Finnmark (region X)

Totalt er det funnet 44 arter av krepsdyr i region X i perioden 1996-2008. Innsjøene i region X er klassifisert som litt/moderat til sterkt forsuringsskadet (god/moderat – dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Overvåkingssjøene i regionen ble undersøkt i 2000, og fire av innsjøene ble undersøkt på nytt i 2004 og i 2008. I disse undersøkelsene ble det registrert hhv. 31 (6 lok.), 24 (4 lok.) og 27 arter (4 lok.). Kun Dalvatn blir undersøkt årlig. Fra denne lokaliteten fins det data fra de fleste år i perioden 1990-2008. Andelen av den forsuringfølsomme vannloppen *Daphnia longiremis* i planktonet har økt siden den første

gang ble registrert i 1996 og fram til 2004. Mengden av dafnier har imidlertid vært svært lav de siste fire årene (Figur 26). Mengden av andre forsuringfølsomme arter varierer over år, men var spesielt høy i 2004 og noe lavere de siste årene. Krepssdyrfaunaen i Dalvatn indikerer ustabile forhold med betydelig år til år variasjoner i vannkvaliteten, men tette bestander av krepssdyrspisende røye kan også være en medvirkende årsak til variasjonene i krepssdyrfaunaen. For de øvrige tre innsjøene hvor det foreligger data fra tidlig på 1990-tallet og senere, viser krepssdyrfaunaen store år til år variasjoner. Alle sjøene har lave andeler av forsuringfølsomme arter i 2008 sammenlignet med 2000 og 2004. I Store Skardvatn har det i tidligere år vært registrert flere arter av dafnier, men i 2008 ble det ikke funnet noen slike arter. Basert på overvåkingen av småkrepss var det fram til 2004-2005 indikasjoner på en positiv utvikling i forsuringssituasjonen i region X. Denne utviklingen synes nå å ha stoppet opp.



Figur 26. Andel (% av totalt individtall) av vannloppen *Daphnia longiremis* i Dalvatn (Reg. X, Øst-Finnmark) i 1990-2008. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH fra høstprøver i samme periode.

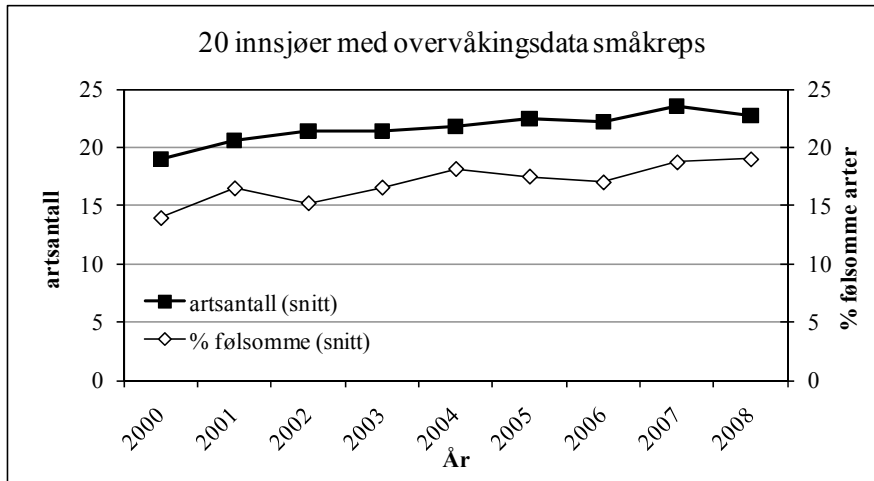
Figure 26. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera *Daphnia longiremis* recorded in Dalvatn (Reg. X, Eastern Finnmark) in 1990-2008. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken during autumn.

Trender i krepssdyrobservasjoner

Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2008 var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer) inkludert tre referansesjøer; 17 av disse er undersøkt siden 1997 eller tidligere. Fra og med 2000 finnes det årlige krepssdyrdata fra alle de 20 innsjøene. Basert på snittverdier har det vært en liten økning i antall arter og også i andel forsuringfølsomme småkrepss i perioden 2000-2008 (Figur 27). Endringen er knyttet til syv innsjøer som viser en positiv utvikling i en eller begge parametre. Av de forsurrede 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 Svartetjern i Vestlandet-Nord) er endringen så entydige at vi nå kan snakke om en begynnende gjenhenting av krepssdyrfaunaen. Dalvatn i Øst-Finnmark viste tidligere en positiv utvikling med økte tettheter av dafnier og økte andeler av forsuringfølsomme krepssdyr. Situasjonen har imidlertid vært mindre positiv de siste tre årene. For alle disse innsjøene indikerer artssammensetningen av krepssdyr at miljøforholdene er ustabile med relativt store år til år variasjoner. 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.

Samlet sett er endringene i krepsdyrfaunaen så små at forsureningstilstanden vurderes som uforandret basert på utvalget av overvåkingssjøer.



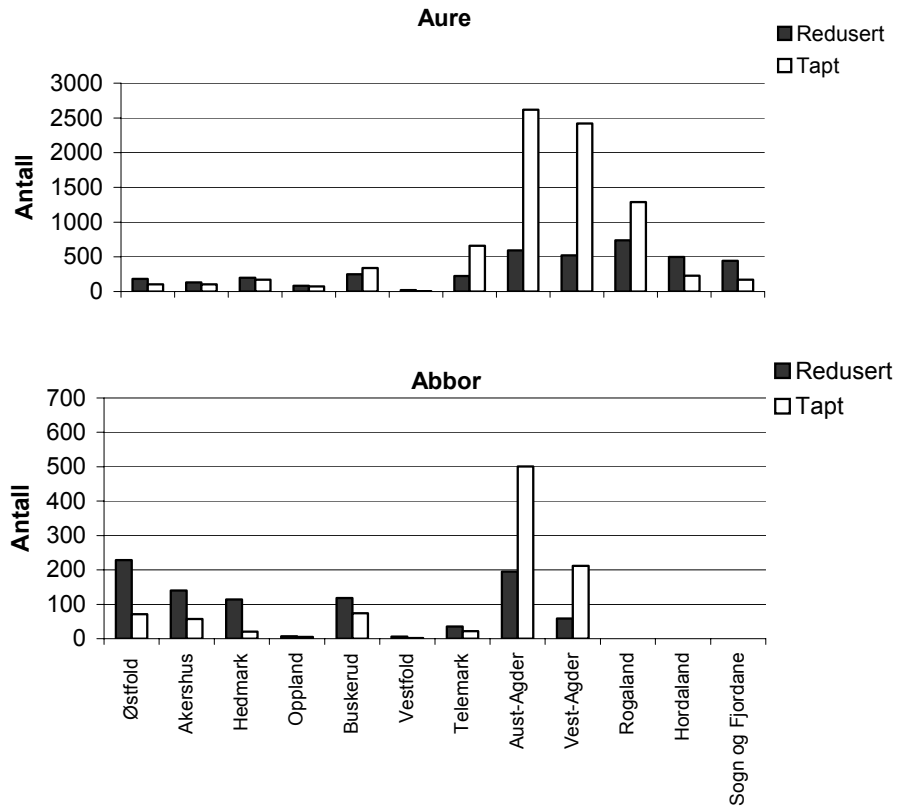
Figur 27. Gjennomsnittlig antall arter av småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) og andel forsuringsfølsomme småkreps (% av totalt antall arter) for 20 innsjøer med årlige undersøkelser i perioden 2000-2008.

Figure 27. Average numbers of microcrustacean species (*Cladocera* + *Copepoda*) and relative number of acid sensitive species (% of total number of species) for 20 lakes with yearly studies in the period 2000-2008.

5.2.3 Effekter på fisk

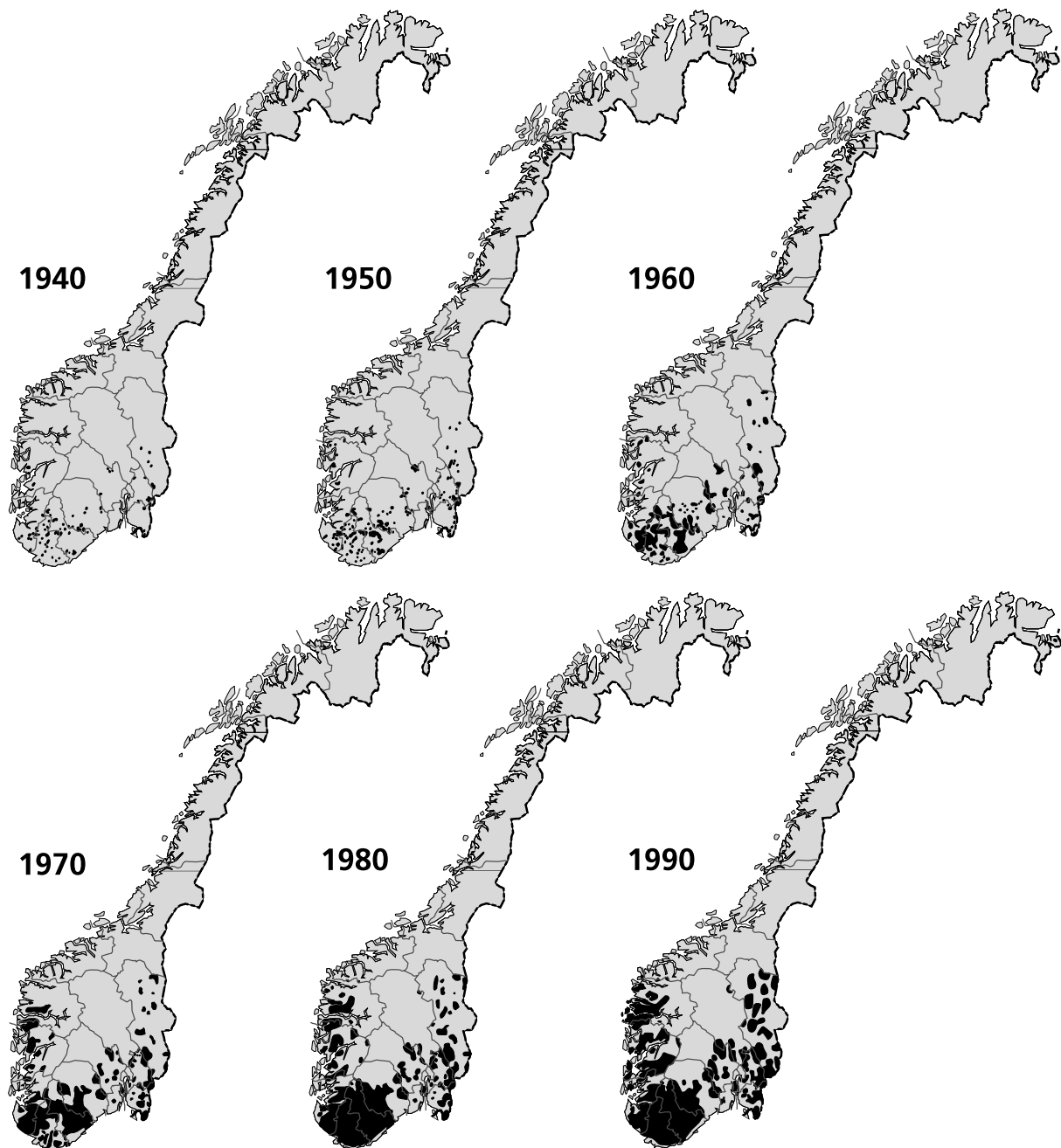
Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadde bestander

Rundt 8.200 stedegne innsjølevende aurebestander har gått tapt som følge av forsurening her i landet. Agderfylkene har blitt påført de største fiskeskadene, med rundt 5.000 tapte aurebestander (Figur 28). I Telemark og Rogaland har skadene også vært omfattende, med henholdsvis rundt 660 og 1.300 tapte aurebestander. I tillegg har det vært betydelige reduksjoner i nærmere 4.000 aurebestander i Sør-Norge. Forsuringen har også forårsaket betydelige effekter på abbor, med rundt 1.900 skadde eller tapte bestander. Innsjøer med disse bestandene er hovedsakelig lokalisert i Aust-Agder (n=502), Vest-Agder (n=212) og Østfold/Buskerud (n=145) (Figur 28). I tillegg er nærmere 1.110 bestander av røye, mort, ørekyt og gjedde enten tapt eller skadet pga forsurening. Forsuringsskadene på fiskebestander i Sør-Norge ble spesielt tydelige på 1960- og 70-tallet. På begynnelsen av 1990-tallet ble landarealet med tapte og skadde fiskebestander beregnet til rundt 51.500 km² (Figur 29). I perioden 1990 til 2006 har det imidlertid vært en reduksjon i skadeareal i Sør-Norge på rundt 38 %. I de siste åra har mange fiskebestander enten blitt reetablert eller økt etter at vannkvaliteten har bedret seg pga kalking eller naturlig gjenhenting. I mange innsjøer har fiskebestandene også blitt styrket gjennom utsetninger. Fiskeskadene pga forsurening er derfor ikke så omfattende nå som tallene ovenfor viser.



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

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



Figur 29. Areal (land- og innsjøareal) med tapte og skadde fiskebestander relatert til forurensning pr. 1940 og fram til pr. 1990. Skadeareal på 1990-tallet var 51.500 km².

Figure 29. Areas (land and surface water area) with damaged fish populations in Norway from the 1940s to the 1990s, due to acidification. Damaged area in the 1990s was 51.500 km².

5.2.4 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer

Hensikten med undersøkelsene av fiskebestander i innsjøer er å (i) dokumentere effekter av forurensning, (ii) hvordan forurensningen påvirker ulike fiskearter og fiskesamfunn og (iii) relatere fangstutbyttet til ulike vannkjemiske parametre. I 2008 ble åtte lokaliteter prøvofisket fordelt på fire regioner (region III, VI, VIII, X). I tillegg blir Atnsjøen (Lok. I-1) prøvofisket hvert år som en del av "Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann".

Da den biologiske overvåkingen ble satt i gang tidlig på 1980-tallet, ble prøvofisket gjennomført med SNSF-garnserier. En slik serie består av 8 enkeltgarn (27 x 1,5 m), med maskevidder fra 10 til 45 mm. Disse garna ble satt enkeltvis fra land, og dekte vanligvis dybdeintervallet 0-6 m. Siden tidlig på 1990-tallet har Nordiske oversiktsgarn (30 m x 1,5 m) med 12 maskevidder fra 5 til 55 mm vært benyttet. Disse garna blir satt på standard dyp: 0-3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-35, 35-50 og > 50 m, avhengig av dybdeforholdene i den enkelte innsjø. For å kunne sammenlikne fangstutbyttet på de to garnseriene, er begge seriene benyttet i en del innsjøer. Denne sammenlikningen omfatter bare fangstene på 0-6 m dyp på maskeviddene 10-45 mm på Nordiske oversiktsgarn. Fangstutbyttet blir uttrykt som antall individ fanget pr. 100 m² garnareal pr. natt, dvs ca. 12 timers fiske (CPUE).

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

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

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

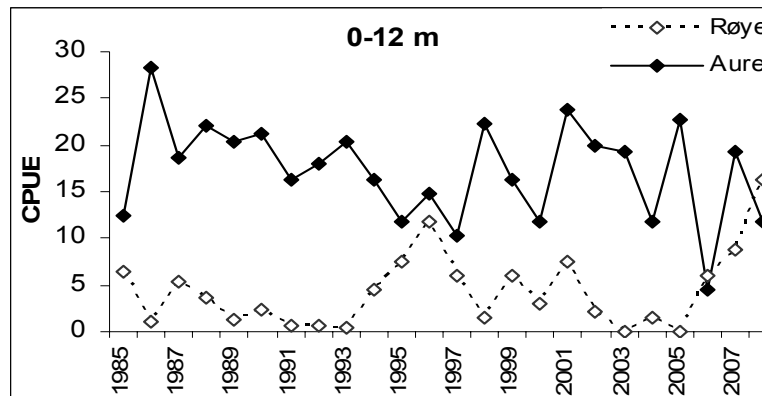
Klasse	Indeksverdi	Tilstand
1	$\geq 1,0$	Meget god bestand: Ingen skader
2	0,75-0,99	God bestand: Eventuelt små til moderat skadet
3	0,50-0,74	Relativt tynn bestand: mulig markert skadet
4	0,25-0,49	Tynn bestand: mulig sterkt skadet
5	$< 0,25$	Svært tynn bestand: mulig meget sterkt skadet

Ved beregninger av indeksverdier har vi bare inkludert data fra lokaliteter som har vært prøvofisket. Vi har ekskludert innsjøer med tapte bestander fordi en reetablering ofte er avhengig av en aktiv introduksjon (utsettinger). Sjøen 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 forsøringsindeks (FI) under 1,0 trenger ikke å bety at en fiskebestand er påvirket av forsuring. Dette skyldes at f. eks en aurebestand kan være rekrutteringsbegrenset fordi tilløpsbekker har lite eller uegnet gytesubstrat eller at de er påvirket av ugunstig klimatiske forhold (tørke eller flom) eller at den innsjølevende bestanden er påvirket av konkurranse fra andre arter, som for eksempel abbor. Slike bestander er derfor ekskludert.

Østlandet – Nord (Region I)

Det ble ikke prøvofisket i region I i 2008, med unntak av Atnsjøen som er inkludert i ”Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann.” Generelt har fiskebestandene i regionen hatt en positiv utvikling i løpet av de siste åra (1996-2006). En lokalitet har imidlertid fortsatt en tynn aurebestand (Måsåbutjern, Lok I-3) til tross for en god vannkvalitet. Manglende bestandsøkning hos aure i denne lokaliteten skyldes mest sannsynlig svært dårlige gytebekker.

Denne aurebestanden er derfor ekskludert ved beregning av forsuringsskadene for denne regionen. De fleste innsjøene i denne regionen har eller har hatt bestander av aure, mens røye, ørekyt og steinsmett er registrert i én eller flere innsjøer. Atnsjøen har gode bestander av både aure og røye. Fangstutbyttet for aure og røye i bunnære områder (0-12 m dyp) har i perioden 1985-2007 variert mellom henholdsvis 4-28 og 0-12 individ (*Figur 30*). Tettheten av røye er imidlertid størst på 12-35 m dyp, med 2-31 individ pr. 100 m² garnareal.



Figur 30. Fangst av aure og røye pr. 100 m² garnareal (Cpue) på 0-12 m dyp av Atnsjøen i perioden 1985-2008.

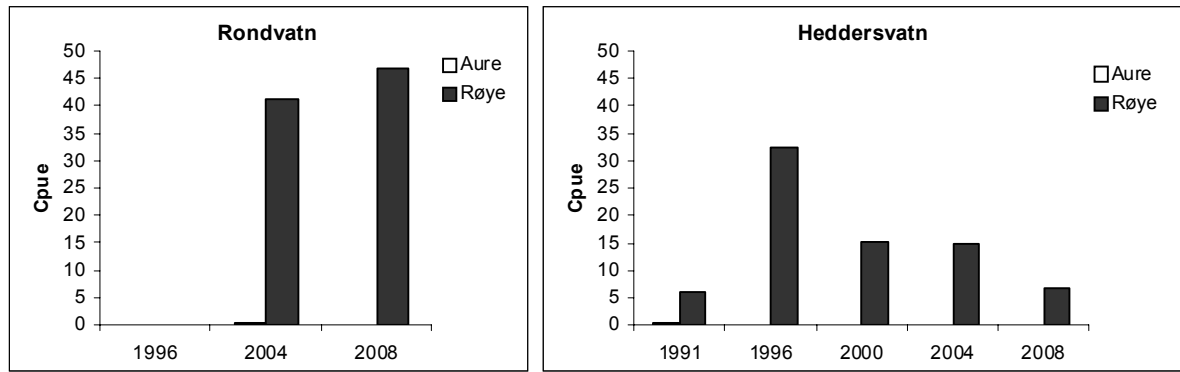
Figure 30. Catches (Cpue) of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Atnsjøen from 1985 to 2008. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area (Cpue) at 0-12 m depths.

Østlandet – Sør (Region II)

Det ble ikke prøvofisket i noen innsjøer i region II i 2008. Lokalitetene i denne regionen har lave tettheter av aure. Alle de undersøkte abborbestandene (n=7) er imidlertid nå svært tette, og de vurderes ikke lenger som skadet. Bestandene av aure og røye har vært små gjennom hele undersøkelsesperioden, som trolig skyldes sterk konkurranse fra abbor. I Ø. Jerpetjern og i N. Furuvatn er det satt ut aure, men undersøkelsene i 2006 viste at det ennå ikke forekommer naturlig rekruttering (SFT 2007). Forsuringsskadene på fiskebestander i regionen er avtakende, selv om mengden fisk i noen lokaliteter fortsatt er lav.

Fjellregionen – Sør-Norge (Region III)

I region III ble to lokaliteter prøvofisket i 2008. Alle de undersøkte innsjøene ligger over 1000 moh, og de fleste har forholdsvis tynne eller middels tette aure- og/eller røyebestander. I Rondvatn gikk røyebestanden tapt på 1980-tallet. I årene 1998-2000 ble det satt ut røye i innsjøen, og den reproduserte og har nå gitt opphav til en tett bestand. I Heddersvatn er fangstutbyttet av røye fortsatt forholdsvis lavt, med unntak av i 1996 (*Figur 31*). Aure er tidligere registrert i begge disse lokalitetene, men undersøkelsene tyder på at de nå er utdødd. Tre andre innsjøer i denne regionen som ble undersøkt i 2004/2005 har fortsatt tynne aurebestander. Regionen har en forholdsvis lav forurensningsbelastning, med lavt innhold av labilt aluminium (SFT 2008). Vi antar derfor at spesielt aurebestandene i disse høyfjellssjøene i stor grad er rekrutteringsbegrenset.



Figur 31. Fangst av aure og røye pr. 100 m² bunngarnareal (Cpue) i Rondvatn og Heddervatn i perioden 1991-2008.

Figure 31. Catches of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Rondvatn and Heddervatn in different years from 1991 to 2008. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in epibenthic areas.

Sørlandet – Øst (Region IV)

Det ble ikke foretatt prøvofiske i region IV i 2008. Karakteristisk for forsøkslokalitetene i regionen er at de har forholdsvis tynne aurebestander og tette abborbestander.

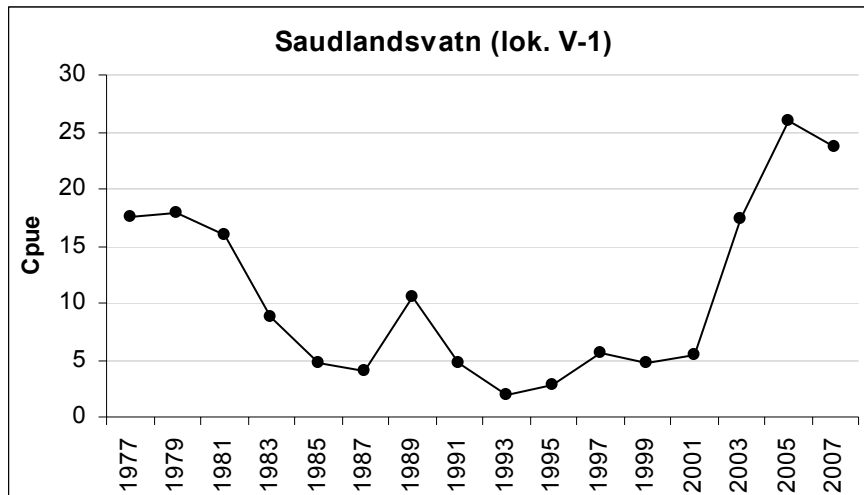
I en av lokalitetene med bare aure, viser undersøkelsene en positiv utvikling. Prøvofiske i Kleivsetvatn i 2007 viser også en tilsvarende bestandsutvikling hos abbor. Denne bestanden ble tidligere vurdert som meget sterkt skadet (Klasse 5), men kan nå klassifiseres som markert skadet (Klasse 3). Forsuringssituasjonen i regionen vurderes fortsatt som alvorlig, med mange tapte aure- og abborbestander (Figur 28 og Figur 29).

Sørlandet – Vest (Region V)

Det ble ikke prøvofisket i region V i 2008. Sørlandet har flest tapte og skadde fiskebestander pga forsuring her i landet (Figur 28 og Figur 29). Av de fem aurebestandene som inngår i programmet, vurderes nå bare to som spesielt forsuringsskadde; de i Rundavatn og V. Flogevatn. I Saudlandsvatn ble aurebestanden kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet, og den var fortsatt lav i 2001 (Figur 32). Men i løpet av de siste åra har bestanden økt kraftig, og i 2005 var fangstutbyttet rekordhøyt. Prøvofiske i 2007 viser at bestanden fortsatt kan klassifiseres som meget god (Klasse 1). Elfisket på inn- og utløp viser at rekrutteringen til bestanden også er god (Figur 37).

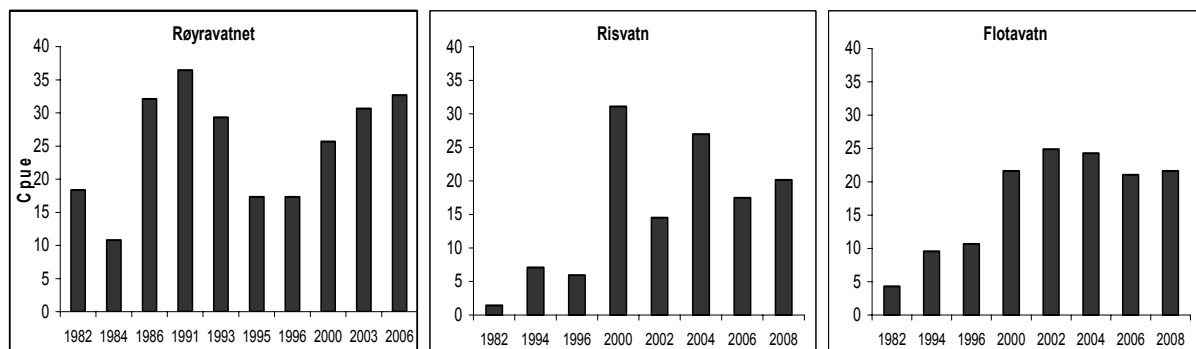
Vestlandet – Sør (region VI)

To innsjøer i region VI ble prøvofisket i 2008. Det er tre innsjøer med aure i Vikedalsvassdraget (Rogaland) som inngår i disse undersøkelsene; Røyrvatn, Risvatn og Flotavatn. Det har vært en positiv utvikling i alle disse fiskebestandene i løpet av de siste 10-15 åra. Dette har medført en endring av forsuringssindeksen fra sterkt skadet før 1990 (Klasse 4-5) til små eller ingen skader i seinere år (Klasse 1-2). Både Risvatn og Flotavatn hadde tynne aurebestander fram til slutten av 1990-tallet, men seinere har det vært en kraftig økning (Figur 33). I Risvatn har størrelsen på aurebestanden variert noe i det siste tiåret, men den vurderes nå som god med en forsuringssindeks > 0,8 (Klasse 2). I Røyrvatn startet den positive bestandsutviklingen noe tidligere enn i Risvatn og Flotavatn, med en klar økning fra 1982/84 til 1986. Derimot skjedde det en bestandsreduksjon på midten av 1990-tallet. I seinere år har aurebestanden i Røyrvatn igjen økt.



Figur 32. Fangst av aure pr. 100 m² bunngarnareal pr. natt (Cpue) i Saudlandsvatn (Lok. V-1) i perioden 1977-2007.

Figure 32. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn (Lok. V-1) during the period 1977-2007. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in epibenthic areas.



Figur 33. Fangst av aure pr. 100 m² bunngarnareal pr. natt (Cpue) i Røyrvatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) og Flotavatn (Lok. VI-5) i Vikedalsvassdraget i perioden 1982-2008.

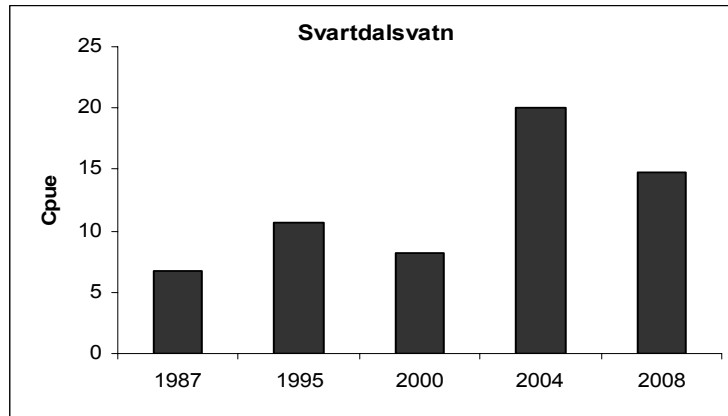
Figure 33. Catches of brown trout in the epibenthic zone of the lakes Røyrvatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) and Flotavatn (Lok. VI-5) in Vikedal watershed between 1982 and 2008. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in the epibenthic zone.

Vestlandet-Nord (Region VII)

Det ble ikke prøvofisket i region VII i 2008. Forsuringsindeksen for de undersøkte aurebestandene har variert fra tynn (Klasse 4-5) til god (Klasse 1-2). I tre lokaliteter i Gaularvassdraget viser fangstutbyttet av aure en positiv utvikling hos bestandene. Forsuringsindeksen for disse bestandene har endret seg fra Klasse 3/4 til Klasse 1. I en lokalitet i Hordaland er aurebestanden fremdeles tynn (Klasse 5). Det er fortsatt en del tapte og reduserte aurebestander i region VII (Figur 28).

Midt-Norge (Region VIII)

En innsjø ble prøvofisket i region VIII i 2008. Aurebestandene i regionen har hatt en varierende utvikling, med stor variasjon i forsuringsindeksen mellom de enkelte lokalitetene. Bestanden av aure i Svartdalsvatnet (Lok. VIII-1) har økt noe, og kan nå karakteriseres som middels tett (*Figur 34*). Forsuringsbelastningen for regionen er blant de laveste i landet (SFT 2008). Lokaliteten ligger imidlertid over 1000 moh, og vi antar at aurebestandene i disse høyfjellssjøene i stor grad er rekrutteringsbegrenset.



Figur 34. Fangst av aure pr. 100 m² bunngarnareal pr. natt (Cpue) i Svartdalsvatn (Lok. VIII-I) i perioden 1987-2008.

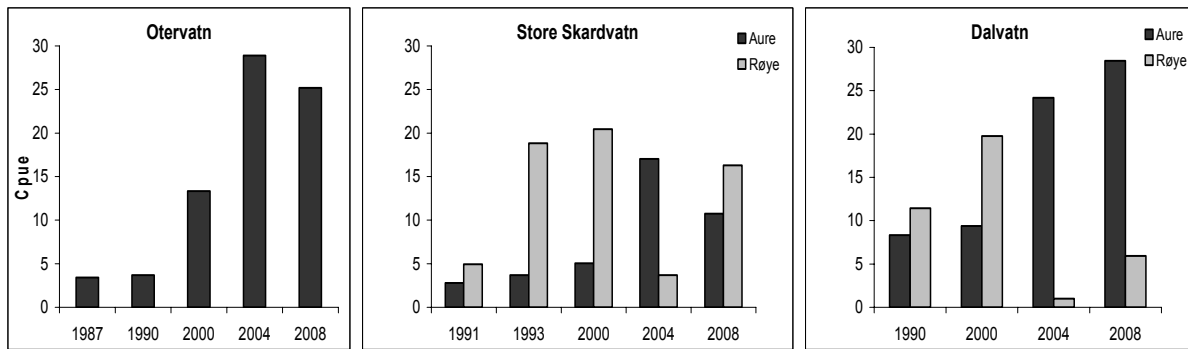
Figure 34. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Svartdalsvatn (Lok. VIII-I) during the period between 1987 and 2008. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in the epibenthic zone.

Nord-Norge (Region-IX)

Siste prøvofiske i denne regionen ble foretatt i 1999. Alle de undersøkte innsjøene har aure, og de med mer enn ett års data viser små endringer i fangstutbytte. Resultatene gir ingen indikasjoner på fiskeskader i de aktuelle innsjøene. Region IX har også en lav forsuringsbelastning (SFT 2008).

Øst-Finnmark (Region-X)

Tre innsjøer i region X ble undersøkt mht. fisk i 2008. Aurebestandene i denne regionen tilhører Klasse 1-3. Det har vært en økning i fangstutbyttet av aure fra 1990-tallet og fram til 2004 og 2008 i alle de tre undersøkte innsjøene (*Figur 35*). Første Høyfjellsvatn som har en svært tynn aurebestand pga manglende gytebekker, er tatt ut av fiskeundersøkelsene. Bestanden blir derfor ikke vurdert mht mulige forsuringskader. Fangstutbyttet av røye i Store Skardvatn og Dalvatn var større i årene med lave fangster av aure (*Figur 35*). Dalvatn har hatt størst reduksjon i røyefangstene i senere år, og har samtidig hatt størst økning i mengden aure. Alle de tre lokalitetene har også tre- og/eller nipigget stingsild. Regionen har store årlige variasjoner i forsuringsbelastning, men vannkvaliteten har bedret seg kraftig i løpet av de siste 10-15 åra (SFT 2008).



Figur 35. Fangst av aure i Ottervatn (Lok. X-2) og av aure og røye pr. 100 m² bunnarnareal pr. natt (Cpue) i Store Skardvatn (Lok.X-3) og Dalvatn (Lok. X-5) i perioden 1987-2008.

Figure 35. Catches of brown trout in Lake Ottervatn (Lok X-2) and of brown trout and Arctic charr in lakes Store Skardvatn (Lok. X-3) and Dalvatn (Lok. X-5) in the epibenthic zone, during the period between 1987 and 2008. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in the epibenthic zone.

Rekrutteringen hos aure i bekker

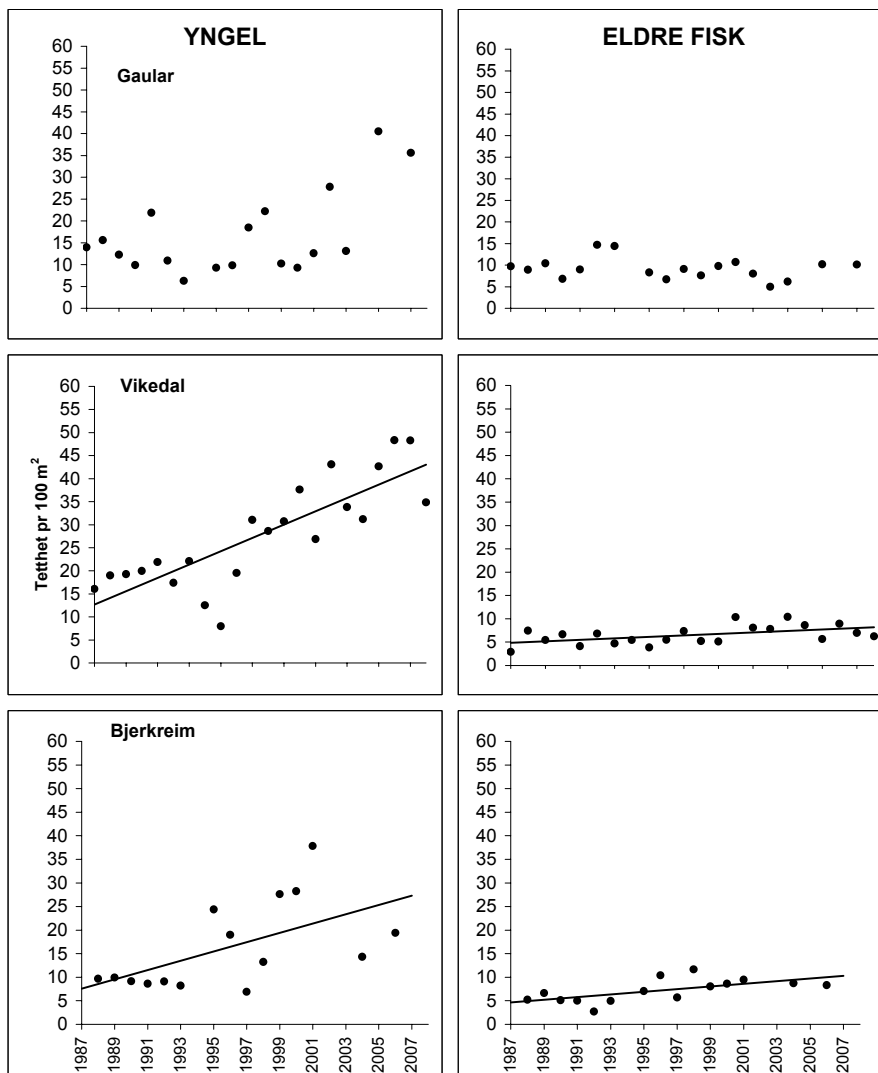
Hensikten med disse undersøkelsene er å påvise mulige endringer i rekrutteringen hos aure i lokaliteter med forsurningsfølsom vannkvalitet, og analysere hvilke vannkjemiske parametre som påvirker tettheten. Innsjølevende aure gyter vanligvis i innløp/utløp og tilløpsbekker, hvor yngelen oppholder seg i en periode før den vandrer ut i tilstøtende innsjø.

Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til at aurebestander i forsurningsområder går tapt. Dette resulterer i avtakende fiskemengde i de innsjølevende fiskebestandene, samtidig med at det blir en dominans av eldre og større individ. Ungfiskundersøkelser i gytebekker kan derfor påvise mulige bestandsendringer på et tidlig stadium.

Disse undersøkelsene ble satt i gang i 1987/88 og har omfattet årlig elfiske på faste stasjoner på inn/utløp og i tilløpsbekker til innsjøer i Gaularvassdraget i Sogn og Fjordane og Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i Rogaland. I løpet av de siste årene har det bare vært undersøkelser i Vikedalsvassdraget, mens de to andre vassdragene har vært undersøkt annet hvert år. I 2008 ble det elfisket i Vikedal på 20 lokaliteter. All fisk ble lengdemålt og satt tilbake på bekk etter avsluttet elfiske. På basis av lengdefordelingen blir det skilt mellom årsyngel (alder 0+) og eldre individ (alder ≥1+). Tettheten av fisk i de to aldersgruppene har siden 1993 blitt beregnet på bakgrunn av suksessiv avfisking, basert på tre omganger. I perioden 1987 til 1992 ble hver lokalitet bare avfisket én gang. Fisketettheten i denne perioden blir beregnet ut fra fangstsannsynligheten etter tre omganger for perioden 1993-2008. Vi justerer tetthetene i forhold til vannføringen under elfisket hvert år fordi dette påvirker fangsteffektiviteten. Hvert år blir det tatt vannprøver fra hver lokalitet i forbindelse med elfisket.

I Vikedalsvassdraget har rekrutteringen hos aure vært økende i løpet av de siste 10 årene (Figur 36). I 2008 var tettheten av yngel noe lavere enn i de to foregående årene. Tid (år) og vannføring forklarer totalt 71 % av årlig variasjon i yngeltetthet. Det har også vært en klar økning i tettheten av eldre aureunger i dette vassdraget. I Bjerkreimsvassdraget har også tettheten av yngel og eldre aureunger økt i seinere år. Her forklarer tid (år) og vannføring henholdsvis 33 og 22 % av variasjonen i yngeltetthet (1988-2006). Det ble ikke funnet noen

signifikant sammenheng mellom yngeltetthet og vannføring. I Gaularvassdraget har tettheten av aureunger variert betydelig i løpet av de siste årene. Men resultatene fra 2005 og 2007 tyder også her på en positiv utvikling.

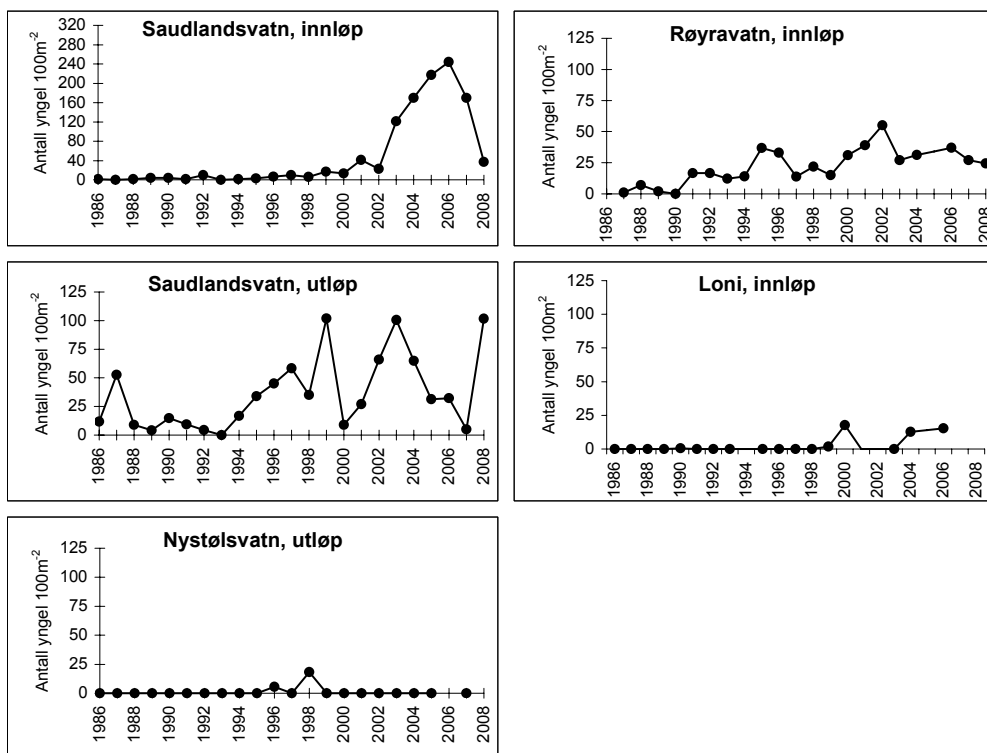


Figur 36. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m² i bekker i Gaular-, Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i perioden 1987-2008 (minus 2004, 2006 og 2008 for Gaular og minus 2002, 2003, 2005, 2007 og 2008 for Bjerkreim). Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

Figure 36. Estimated mean density per 100 m² stream area of young-of-the-year (age 0+) and older specimens (age ≥1+) of brown trout in streams in Gaular-, Vikedal- and Bjerkreim catchments from 1987 to 2007 (except for 2004, 2006 and 2008 in Gaular and 2002, 2003 and 2005, 2007 and 2008 in Bjerkreim). Lines are given in cases of a positive statistical relationship ($p > 0.05$) between density and time (year).

På innløpet og utløpet av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) har bestanden av aureunger i hovedsak vært overvåket hvert år siden 1986. På innløpet var rekrutteringen svak fram til 2001, da det ble registrert 42 yngel pr. 100 m². To år seinere var yngeltettheten nesten tre ganger høyere, med 120 individ pr. 100 m². I 2005 og 2006 var det en ytterligere økning i

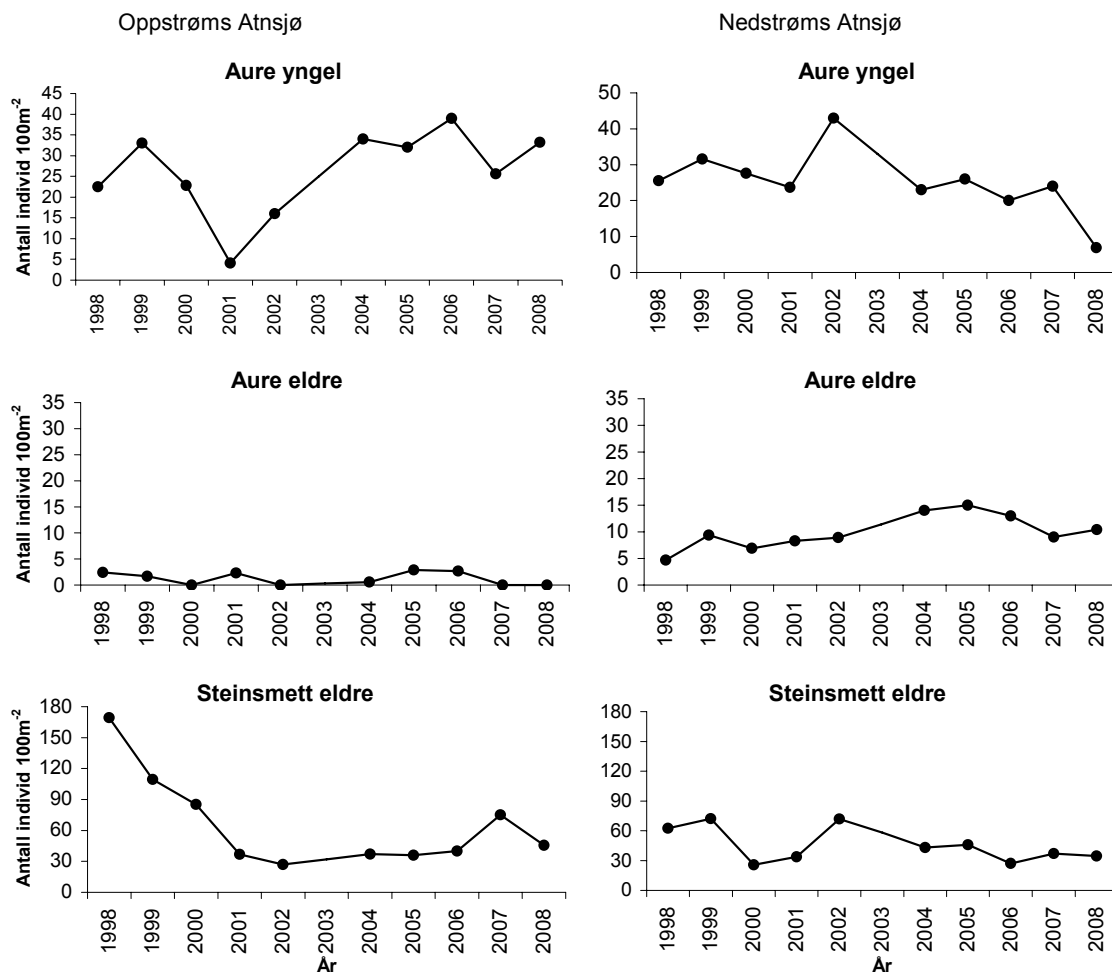
Yngeltettheten, til henholdsvis 217 og 307 individ pr. 100 m². I 2007 avtok tettheten noe sammenliknet med de to foregående årene. Tettheten var likevel fortsatt svært god, med 170 yngel pr. 100 m² (Figur 37). I 2008 var yngeltettheten på innløpet svært lav. Den økte rekrutteringen til aurebestanden i Saudlandsvatn skjedde imidlertid først på utløpet, med en yngeltetthet på 34 individ pr. 100 m² allerede i 1995. Seinere har det vært store årlige variasjoner i mengden yngel på utløpet. I perioden 2003- 2007 var det en sterk reduksjon i yngeltettheten, men i 2008 var den derimot på nivå med den i 2003. Innløpselva til Røyrvatn i Vikedalsvassdraget har hatt bra med yngel siden 1995, men med til dels store årlige variasjoner. I både 2004 og 2006 var tettheten av yngel middels høy, med henholdsvis 31 og 37 individ pr. 100 m². Yngeltettheten var omtrent på samme nivå også i 2007, med 27 individ pr. 100 m² (Figur 37). Innløpet av Loni i Bjerkreimsvassdraget har vært undersøkt nesten hvert år siden 1987. Fram til 1999 ble det ikke påvist yngel i denne lokaliteten, bortsett fra ett individ i 1990. Det første året med en yngeltetthet av særlig størrelse var i 2000, da det ble registrert 18 individ pr. 100 m². I 2001 ble det derimot ikke fanget yngel, men seinere har rekrutteringen vært økende (Figur 37). På utløpet av Nystølsvatn i Gaularvassdraget har det bare vært påvist aureyngel i 1996 og 1998. I tillegg ble det fanget én yngel på innløpet i 2004. Men prøvofiskefangstene fra denne innsjøen i seinere år, viser at rekrutteringen er betydelig større enn det elfisket viser. Manglende fangst av yngel ved elfisket har trolig sammenheng med lav fangsteffektivitet. Yngelen har nemlig ei lengde på bare rundt 30 mm, og i tillegg foregår elfisket ofte ved en relativt høy vannføring.



Figur 37. Antall aureyngel pr. 100 m² på innløpet og utløpet av Saudlandsvatn (1986-2008), på innløpet av Røyrvatn (1987-2008), på innløpet av Loni (1987-2006) og på utløpet av Nystølsvatn (1986-2007).

Figure 37. Estimated mean density per 100 m² stream area of young-of-the-year (age 0+) brown trout in the inlet and outlet of Lake Saudlandsvatn (1986-2008), inlet of Lake Røyrvatn (1987-2008), inlet of Lake Loni (1987-2006) and outlet of Lake Nystølsvatn (1986-2007).

Atna i Atnavassdraget i Oppland/Hedmark ble elfisket i regi av Forskref i perioden 1986-91. Fra 1998 ble elva inkludert i det biologiske overvåkingsprogrammet, med to stasjoner både oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen. Det var ingen innsamling i 2003. Fiskesamfunnet i Atna domineres av aure og steinsmett, med et ubetydelig innslag av ørekyt og harr i nedre deler. Elva har bra tettheter av aureyngel, og den har holdt seg relativt stabil både oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen i de siste åra, med 20-35 individ pr. 100 m² (Figur 38). I 2008 var det imidlertid betydelig lavere tettheter av aureyngel nedstrøms Atnsjøen. Yngeltetthetene er vanligvis høyest i øvre deler av vassdraget. Mengden eldre aureunger (alder ≥ 1+) er lav oppstrøms Atnsjøen, som er gyteområdene for Atnsjøauren. Lav forekomst av eldre aureunger på denne strekningen tyder på aureungene vandrer ned i Atnsjøen i løpet av første leveår. Stasjonene nedstrøms Atnsjøen har betydelig høyere tettheter av eldre aureunger, med 10-15 individ pr. 100² (Figur 38). Dette er avkom av stedegne individ, da denne elvestrekningen trolig ikke fungerer som rekrutteringsområde for aure fra Atnsjøen. Tettheten av eldre steinsmett (alder ≥ 1+) har variert i betydelig grad både oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen. Øvre deler av elva har nå lavere tettheter av steinsmett sammenliknet med perioden 1998 til 2000.



Figur 38. Tetthet av fisk pr.100 m² i Atna på stasjoner oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen, fordelt på yngel (0+) og eldre individ (≥1+) av aure og eldre individ av steinsmett i perioden 1998-2008. I 2003 ble det ikke samlet inn fisk.

Figure 38. Estimated mean density per 100 m² stream area of young-of-the-year (age 0+) and older (≥1+) brown trout, and of older individuals of Siberian sculpin, upstream and downstream Lake Atnsjøen (1987-2008). In 2003, no fish was collected.

6. Det terresteriske miljøet

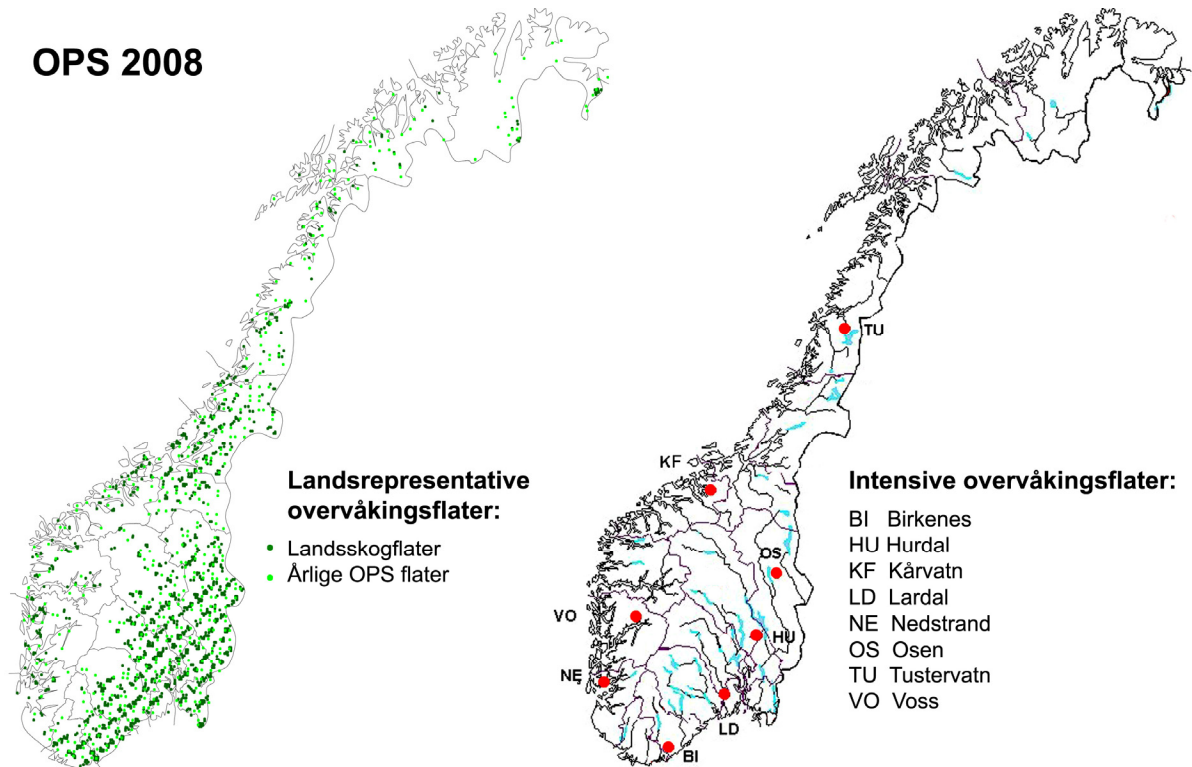
Overvåking av det terrestriske miljøet er en del av to av overvåkingsprogrammene. OPS belyser endringer i skog og skogøkosystemer og TOV belyser endringer i annen vegetasjon og fauna.

Overvåking av skog

OPS har to sett av permanente overvåkingsflater; landsrepresentative flater og intensivt overvåkede flater (*Figur 39*). Overvåkingen på det regionale flatesettet (skogoppsynets flater), som ble utført av de kommunale skogbrukssjefene, er nå innstilt. Overvåkingen på de **landsrepresentative flater** startet på slutten av 1980-tallet. Fra 1989 til 2000 ble årlige kronetilstandsregistreringer utført for alle gran- og furutrær som stod på flater som lå i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Overvåkingen av bjørk foregikk på flater i et 18x18 km nett fra 1992 til 2001. Fra 2001 har den nasjonale overvåkingen av gran- og furuskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I 2002 ble også bjørkeskogen innlemmet i dette registreringsopplegget. I tillegg kommer registreringer av kronetetthet og kronefarge på observasjonstrær av gran og furu i Landsskogtakseringens flatenett (3x3 km) med femårige omdrev. Utvalget av flater er foretatt slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid. De **intensivt overvåkede flatene** har et mer omfattende måleprogram der eksempelvis kjemisk analyse av jordvann og barnåler inngår. På 8 flater i eldre barskog utføres detaljerte målinger av kjemisk innhold i nedbør, kronedrypp, jordvann og næringsinnhold i nåler. I tillegg vurderes trærnes kronetilstand og markvegetasjonens dekning. I tilknytning til disse flatene måles det også tilførsel av luftforurensning. På intensivflatene i OPS undersøkes jordvann i tre jorddybder ved hjelp av lysimetre som kontinuerlig suger opp vann i den telefrie tiden av året: Humussjiktet (5 cm dyp), øvre mineraljord (15 cm dyp) og nedre mineraljord (40 cm dyp). For de først etablerte flatene i OPS er tidsserien nå over 20 år. I tillegg ble det tatt jordprøver ved etableringen av flatene, samt fem år etter.

De årlige registreringene fra de **landsrepresentative flatene** og registreringene fra de **intensivt overvåkede flatene** rapporteres til det europeiske skogovervåkingsprogrammet ICP Forests. Fra to av de intensivt overvåkede flatene rapporteres også data til ICP IM (Intensive Monitoring). Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i manualen (UNECE/EC 1998) som brukes av alle de deltagende landene i 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.

OPS 2008



Figur 39. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). De landsrepresentative flater til venstre og de intensive flater til høyre.

Figure 39. Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS). The national representative plots are to the left and the intensive monitoring plots to the right.

Overvåking av markvegetasjon, epifyttisk vegetasjon og fauna

Programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) gjennomføres i hovedsak som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder etablert på fastlandet i 1988-93, henholdsvis ett område i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se Figur 40). Her studeres kjemiske forhold i ulike økosystemkomponenter, foruten endringer i samfunns-, bestands- og reproduksjonsforhold hos dyr og planter. Områdene er valgt ut for å dekke hovedgradientene i belastninger av langtransporterte forurensninger i representative og viktige norske naturtyper, som samtidig er lite påvirket av andre menneskelige aktiviteter. I tillegg til studier i overvåkingsområdene foretas landsomfattende og regionale kartlegginger av miljøgifter i utvalgte dyregrupper og tilstand for epifyttisk vegetasjon. For overvåkingskomponenter i TOV som ikke rapporteres her, henvises til DN (1997) og Framstad *et al.* (2003) for en redegjørelse av angrepsmåte og metoder for datainnsamling.

Vegetasjonen utgjør basis for næringskjeder i terrestriske økosystemer og integrerer effekter av nedbørskjemi, jordbunnsforhold og lokalklima. De mange artene av karplanter, moser og lav har et bredt spekter av responser på variasjoner i naturgitte og menneskeskapt miljøforhold. I hvert TOV-område registreres *markvegetasjonen* i (minst) 50 faste analyseruter à 1 m² 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 cm². 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 2008 ble markvegetasjonen i bjørkeskog i Gutulia og Dividalen undersøkt etter dette metodiske opplegget for fjerde gang, mens markvegetasjonen i Solhomfjell-området ble undersøkt for femte gang.

Vegetasjonsovervåkingen i granskog i regi av Norsk institutt for skog og landskap ble etablert i 10 områder i perioden 1988-1992 (se *Figur 40*). For alle områdene er det lagt opp til vegetasjonsanalyser hvert femte år, men fra 2002 er kun åtte områder videreført av økonomiske grunner. Vegetasjonsovervåkingen både i granskog og bjørkeskog følger samme standard metoder for feltundersøkelser og dataanalyser. I 2008 ble vegetasjonen i granskog undersøkt for femte gang i overvåkingsområdet i Rausjømarka.

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 prøvfelt 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 2008 ble epifytter registrert på bjørketrær i Gutulia og Dividalen.

Spurvefugler omfatter en rekke arter med ulike krav til habitat og næring. Som gruppe vil de kunne gi variert respons på ulike endringer i miljøet, inklusive forurensninger. Slike responser vil bl.a. kunne uttrykkes ved endringer i reproduksjon eller bestandsnivåer. I TOV-områdene undersøkes bl.a. endringer i hekkebestanden av spurvefugl ved hjelp av årlige takseringer i 200 faste punkter lagt ut i forhold til hovedgradienter i miljøforholdene i hvert overvåkingsområde. I tillegg foretas årlige undersøkelser av klekkesuksessen hos svarthvit fluesnapper i 50 oppsatte fuglekasser i hvert område (i Lund, Solhomfjell, Gutulia og Åmotsdalen i 2008).

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



Figur 40. Kart over overvåkingsområdene for markvegetasjon i gran- og bjørkeskog. Lokalitetene som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) omfatter områdene med bjørkeskog samt Solhomfjell.

Figure 40. Map of the monitoring sites for ground vegetation in spruce (gran) and birch (bjørk) forest. Sites covered by the Programme for terrestrial nature monitoring (TOV) include sites with birch forest as well as Solhomfjell.

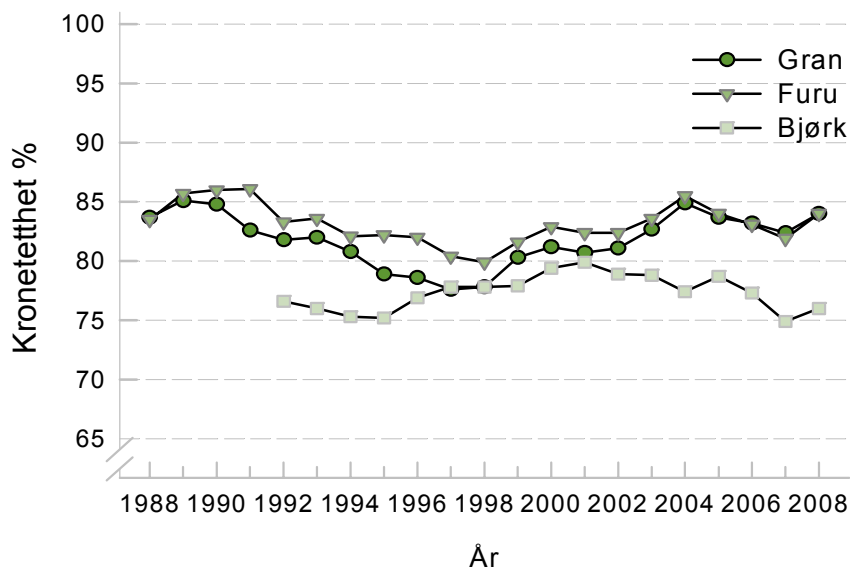
6.1 Effekter på skog

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2008, landet sett under ett, viser at skogens helsetilstand, uttrykt ved kronetetthet og kronefarge, ble styrket for både gran, furu og bjørk. Kronetetthet økte for alle de overvåkede treslagene, mens kronefarge forbedret seg kraftig for bjørk. Hos gran ble det registrert noe økt misfarging, mens kronefarge for furu var omtrent uforandret fra foregående år.

Kronevurderinger på landsomfattende flatenett

I 2008 ble 1720 flater og totalt 9504 trær oppsøkt i den landsrepresentative overvåkingen (Timmermann *et al.* 2009). Kronetilstanden ble bedømt på 4242 grantrær, 2914 furutrær og

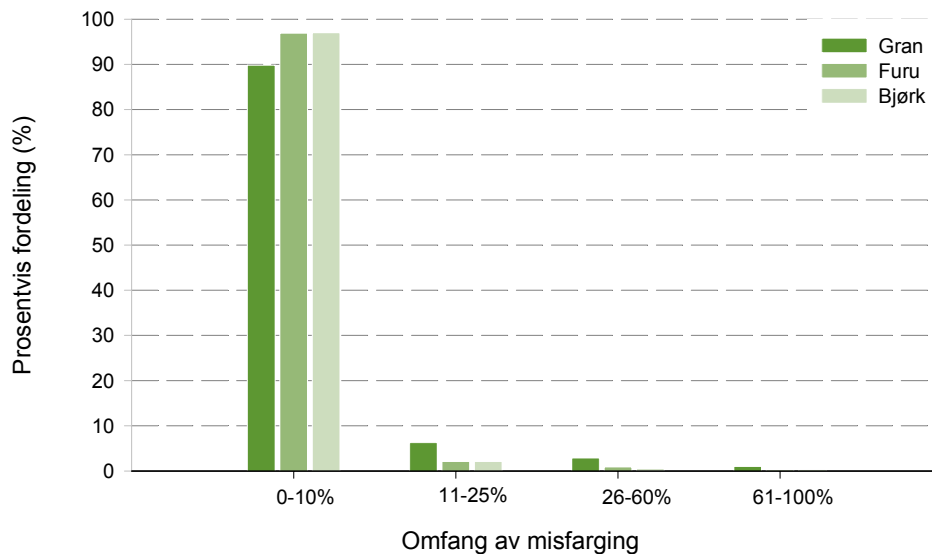
2244 bjørketrær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2008 var 84 % for både gran og furu og 76 % for bjørk (Figur 41). Dette representerte en økning på henholdsvis 1,6 og 2,1 og 0,5 % sammenlignet med året før. Fra 1989 til 1997 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu, mens trenden i perioden 1998 til 2004 har vært en økning. Fram til 2007 avtok kronetetthet igjen, før den i 2008 økte kraftig. For bjørk har kronetettheten hatt en positiv utvikling i perioden 1994 til 2001, mens den etter dette har hatt en synkende tendens. Til tross for økningen fra 2007 til 2008, har bjørk fortsatt lav gjennomsnittlig kronetetthet. Andelen trær med fulltete kroner i 2008 var for gran 54,1 %, for furu 37,0 % og for bjørk 22,8 %. Dette representerer en kraftig økning for gran og furu sammenlignet med året før, mens andelen for bjørk var omtrent uforandret. Som forventet, har eldre trær generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Særlig gjelder dette for gran der trærne over 60 år har over 20 % lavere kronetetthet enn de yngre trærne.



Figur 41. Utvikling i kronetetthet på de landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk.

Figure 41. Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch for the national representative plots.

Andelen grantrær med normal grønn kronefarge gikk noe ned fra 2007, og var på 90 % i 2008 (Figur 42). Dette er likevel fortsatt en av de høyeste verdiene som er registrert under hele overvåkingsperioden. Hele 97 % av grantrærne yngre enn 60 år hadde normal grønn farge, mot 81 % av de over 60 år. Hos furu var andelen trær med normal grønn farge omtrent uforandret med 97 %. Av furutrær yngre enn 60 år hadde 99 % normal grønn farge, mens 96 % av de over 60 år hadde normal grønn farge. Hos bjørk økte andelen normalt grønne trær fra 2007 og lå i 2008 på 97 %. Både trærne over og under 60 år hadde samme andel normalt grønne trær.



Figur 42. Omfang av misfarging i de forskjellige klassene, i hht. ICP Forests standard metode.

Figure 42. Percentage of Norway spruce, Scots pine and birch in discoloration classes for the national representative plots.

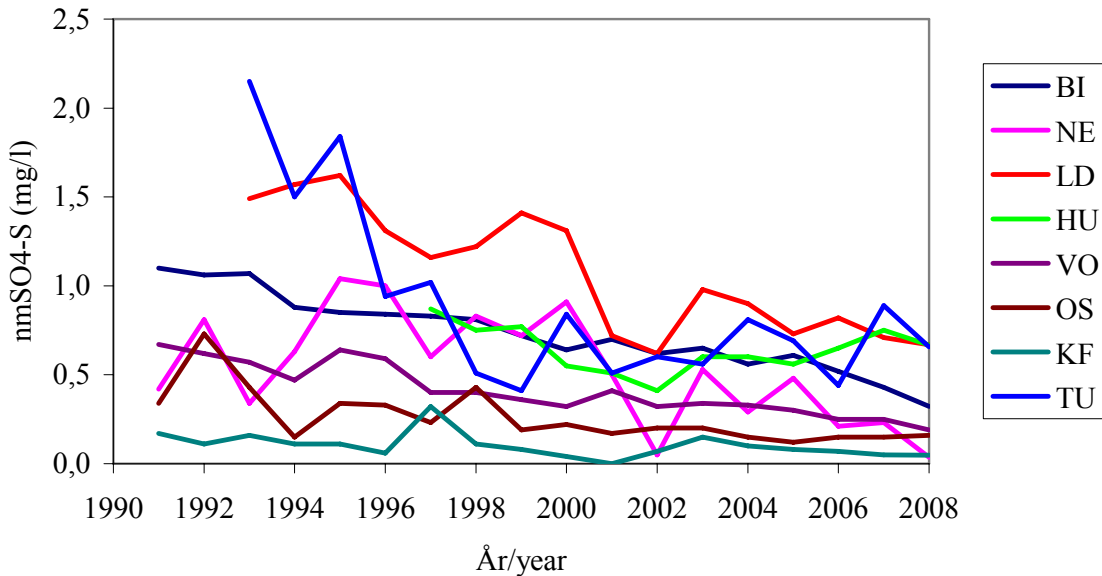
Det ble registrert få skader i den landsrepresentative overvåkingen på gran og furu i 2008. Av de undersøkte grantrærne var 0,6 % angrepet av sopp eller insekter, mens 1,7 % hadde abiotiske skader (vind, snø, tørke, frost m.m.). Av furutrærne var 1,3 % skadet av sopp og 1,5 % av insekter (først og fremst av furubarveps), mens 1,1 % hadde abiotiske skader. Hos bjørk var 17,6 % av trærne skadet av fjellbjørkemåler og 3,9 % av andre insekter, men bare 1,2 % av bjørkerustsopp eller andre sopper. Abiotiske skader ble registrert hos 2,9 % av de undersøkte bjørketrærne. Dødeligheten var lav for gran og furu som i tidligere år (hhv. 0,2 og 0,1 %), mens den for bjørk var 1,5 %, som er vesentlig høyere enn i 2007 og i tidligere år.

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

Kronetetthet for gran økte fra 2007 til 2008 (80,9 % mot 80,3 % året før) på de intensivt overvåkede flatene (Andreassen *et al.* 2009). Andelen normalt grønne grantrær (kronefarge) gikk noe ned sammenlignet med året før (fra 97 til 94 %).

Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er i tillegg til utslippsmengde og vindretning også avhengig av nedbørmengde. Mye av de variasjonene vi har sett de siste årene kan sannsynligvis tilskrives meteorologiske forhold. Langtidstrenden er likevel positiv med mindre atmosfærisk tilførsel som igjen gir utslag i lavere konsentrasjoner i jordvann, spesielt av ikke-marint sulfat (Figur 43). Nedfallet av ikke-marint sulfat har vært avtakende særlig sør i landet. Nedfallet av uorganisk nitrogen har også blitt redusert, men ikke i like stor grad. Feltene sør i landet hadde generelt lavere pH og høyere konsentrasjoner av nitrat, ammonium og ikke-marint sulfat i deponisjon enn feltene i nord. Jordvannets pH er lavere sør i landet enn i nord, men dette kan skyldes enten surere nedbør eller naturlig surere jordsmonn i Sør-Norge. Konsentrasjoner av nitrat i jordvann er generelt lave, oftest nær deteksjonsgrensen. Imidlertid kan det forekomme episoder, normalt kortvarige, med høyere nitratkonsentrasjoner. Tilførsel av sjøsalter er betydelig på de kystnære feltene, og gjenspeiles i Na- og Cl-konsentrasjoner i nedbøren og jordvannet. Risikoen for aluminiumforgiftning i vegetasjonen er liten med

konsentrasjoner i jordvannet som normalt ligger godt under de toksiske grensene. Forhøyede aluminiumkonsentrasjoner kan forekomme etter stormer der sjøsaltnedfallet har vært stort, men det er tvilsomt om disse har noen varig effekt på skogøkosystemet. Generelt ser det ut til at tilførselen av forsurende stoffer har stabilisert seg de siste 7 åra på de fleste av disse overvåkingsflatene.



Figur 43. Langtidstrender i ikke-marint (nm) SO4-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

Figure 43. Long-term trends in non-marine (nm) SO4-S in soil water from 15 cm depth.

6.2 Effekter på markvegetasjon

Registrerte endringer i markvegetasjonen i bjørkeskog i Gutulia og Dividalen viser en mulig effekt av svak nitrogen gjødsling. Disse endringene kan skyldes lokale gjødslingseffekter av store angrep av bjørkemålere eller noe nedfall av nitrogenforbindelser. Dessuten er endringene i markvegetasjonen i Dividalen også konsistente med effekter av et mildere klima de siste tiårene. Markvegetasjonen i Rausjømarka viste inkonsistente mønstre for karplantearter, men til dels sterk økning for noen store moser og klar tilbakegang for små moser (særlig levermoser). I Solhomfjell naturreservat viste ni karplantearter redusert mengde, noe som dels kan skyldes jordforsuring, men også respons på fortetting av tresjiktet. Mosene viste tilsvarende endringer som i Rausjømarka. Økningen for store moser skyldes trolig effekter av et mildere klima, mens de mindre blir utkonkurrert av de store.

Bjørkeskog

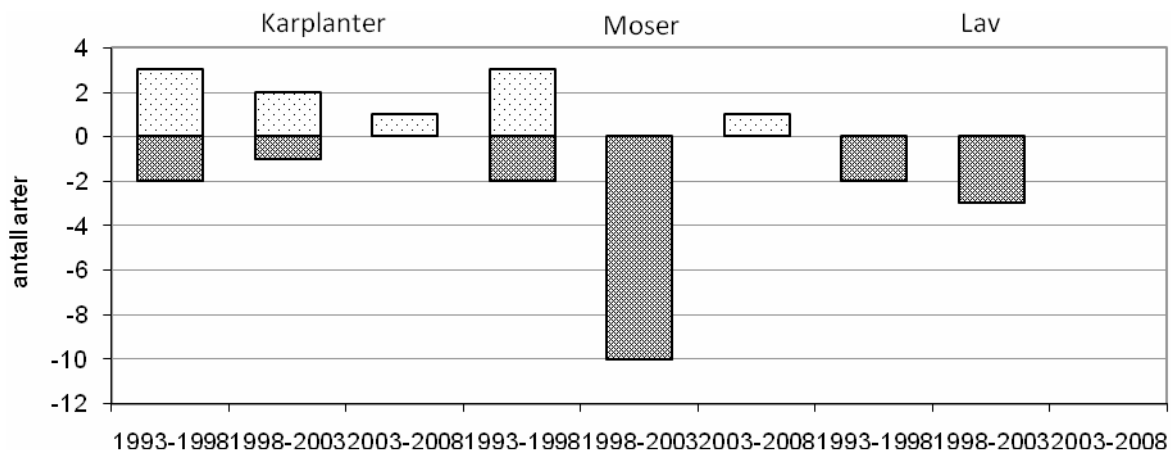
Ved utgangen av 2007 var markvegetasjonen i overvåkingsområdene i bjørkeskog analysert tre ganger i alle seks områder, etter at undersøkelsesdesignet ble justert i 1993 for å kunne følge og beskrive endringer i et bredt spekter av vegetasjonstyper. I 2008 ble overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen analysert for fjerde gang (1993, 1998, 2003, 2008), og resultater fra disse analysene presenteres her. Begge disse overvåkingsområdene ligger i områder av Norge som er relativt lite påvirket av langtransporterte forurensninger.

I de 50 reanalyserte rutene fra Gutulia i 2008 ble 90 arter registrert: 45 karplanter, 18 bladmoser, 11 levermoser og 16 lavararter. Totalt antall registrerte arter økte fra 1993 (86 arter)

til 2003 (92 arter), men gikk svakt tilbake i 2008. Antall karplanterarter økte noe fra 1993 (41 arter) til 2008 (45 arter). Generelt viser Gutulia god artsstabilitet med liten utskifting av arter.

Figur 44 viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2003-2008 ble det observert signifikant framgang bare for én karplanteart (blokkebær) og én moseart (etasjemose), mens ingen arter gikk signifikant tilbake. Det var ingen signifikante endringer for lav. Sett over hele perioden 1993-2008 ble det registrert signifikant framgang for tre karplantearter (fugletelg, linnea, myskegras) og tilbakegang for to (beitesvæver, molte). Blant mosene viste hele 11 arter signifikant tilbakegang, mens ingen viste framgang. Blant lavartene var det signifikant tilbakegang for fem arter i perioden 1993-2008, mens ingen gikk fram. I tillegg viste flere gras (gulaks, smyle, sølvbunke) en signifikant økning i prosent dekning. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste signifikante endringer fra 1993 til 2008, mot en vegetasjon mer tilpasset økt næringstilgang (nitrogen) og mindre forsuring (fra et lavt nivå i utgangspunktet).

I de 50 reanalyserte rutene fra Dividalen i 2008 ble 147 arter registrert: 82 karplanter, 28 bladmoser, 14 levermoser og 23 lavararter, noe som gjør Dividalen til det mest artsrike overvåkingsområdet i TOV. Totalt antall registrerte arter var høyere enn i 1993 (144 arter), 1998 (130 arter) og 2003 (133 arter). Antall karplanterarter og bladmoser viste størst økning fra 1993 (hhv. 78 og 24 arter), mens levermoser og lav var observert i størst antall i 1993 (hhv. 17 og 25 arter). I tillegg til økt artsantall viser Dividalen en svak tendens til utskifting av enkelte arter.



Figur 44. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Gutulia med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1993, 1998, 2003 og 2008, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 44. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser), and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1993, 1998, 2003 and 2008 at the Gutulia monitoring site, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.

Figur 45 viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2003-2008 ble det observert signifikant framgang for hele 13 karplantearter (engsnelle, skogstorkenebb, skogssvæver, linnea, perlevintergrønn, engsyre, dvergjamne, skogstjerne, ballblom, sauesvingel, hårfrytle, fjellrapp, engrapp) og signifikant tilbakegang for to arter (krekling, skrubbær). Blant mosene gikk to arter signifikant fram (lilundmose, lyngskjeggmose) og to tilbake (einerbjørnemose, gåsefotskjeggmose). Det var ingen signifikante endringer for lav. Sett over hele perioden 1993-2008 ble det registrert signifikant framgang for 11 karplantearter (blokkebær, svarttopp, engsnelle, skogstorkenebb, fugletelg, skogssvæver, beitesvæver, fjelltistel, ballblom, sauesvingel, fjellrapp) og tilbakegang for 8 (krekling, blåbær, skogarve, skrubbær, fjellminneblom, bleikmyrklegg, engsoleie, gulaks). Blant mosene viste to arter signifikant tilbakegang, og to viste framgang. Blant lavartene var det signifikant tilbakegang for fire arter i perioden 1993-2008, mens ingen gikk fram. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon) viste signifikante endringer fra 1993 til 2008, mot en vegetasjon mer tilpasset økt tilgang på basekationer og nitrogen, til dels også et noe varmere klima.



Figur 45. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Dividalen med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1993, 1998, 2003 og 2008, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

Figure 45. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser), and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1993, 1998, 2003 and 2008 at the Dividalen monitoring site, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.

Endringene i markvegetasjonen som er registrert i overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen, er konsistente med en viss tilførsel av basekationer og nitrogen. Analyser av jordprøver fra Gutulia viste en signifikant økning av nitrogen og fosfor (begge næringsstoffer) og en tilbakegang av svovel fra 1998 til 2008. Det er ikke påvist åpenbare lokale menneskeskapte påvirkninger med slike effekter. En viss langsiktig eutrofieringseffekt knyttet til spredning av nitrogenforbindelser i atmosfære kan tenkes, særlig for Gutulia, som har betydelig større nedfall av nitrogen enn Dividalen. Ellers har flere av TOV-områdene, bl.a. Dividalen, registrert større angrep av bjørkemålere de siste 10 årene, noe som kan gi en

mobilisering av plantenæringsstoffer og økt lystilgang. En viss klimaeffekt knyttet til et noe mildere klima kan også spores i vegetasjonen for Dividalen. Et mildere klima kan også øke nedbrytningshastigheten av strø og mineralisering av jord og føre til økt næringstilgang for planter.

Granskog

I overvåkingsområdet i Solhomfjell undersøkes markvegetasjonen i 61 ruter i granskog og 39 ruter i furuskog. Vegetasjonen i Solhomfjell ble analysert for femte gang i 2008, etter tidligere analyser i 1988, 1993, 1998 og 2003. Kun resultatene fra granskog presenteres her, siden det ikke er andre overvåkingsområder med vegetasjonsundersøkelser i furuskog, og resultatene dermed vil være vanskelige å sette i en større sammenheng. Overvåkingsområdet i Solhomfjell ligger i en del av landet som er til dels betydelig påvirket av langtransportert forurensning.

I de 61 reanalyserte rutene i Solhomfjell ble i 2008 i alt registrert 121 arter: 54 karplanter, 38 bladmoser (inkludert torvmoser), 27 levermoser og 2 lav. Totalt antall registrerte arter var lavere enn i 2003, da det ble registrert 126 arter. Nedgangen i artsantall fra 2003 til 2008 fordelte seg på 2 karplanter (4 arter ble ikke gjenfunnet, mens 2 nye ble observert), 2 bladmoser (3 forsvant, mens 1 ny kom inn) og 1 lav.

I perioden 2003–08 gikk hele 9 karplantearter signifikant tilbake (trær unntatt), mens ingen gikk signifikant fram (*Figur 46*). Blant artene som gikk signifikant tilbake, var både arter med preferanse for voksesteder med et visst mineralnæringsinnhold (hvitveis, fugletelg, skogfiol og skogrørkvein) og arter som også finnes i den mest næringsfattige blåbærgranskogen (maiblom, skogstjerne og gullris). Blant moseartene gikk åtte arter (3 bladmoser og 5 levermoser) signifikant tilbake, mens bare tre (etasjemose og to små levermoser som forekommer i få flater) gikk signifikant fram. Likevel har det funnet sted en betydelig økning i mosedekningen i granskog i undersøkelsesområdet, fra en gjennomsnittsverdi på 42,4 % i 2003 til 47,6 % i 2008. Det meste av denne økningen forklares av mengdeøkningen for etasjemose. Særlig sterk tilbakegang ble observert for de relativt vanlige levermoseartene gåsefotskjeggmoser og buttflik. Samlet for tjuårsperioden 1988–2008, har ti karplantearter gått tilbake (ingen fram), mens sju mosearter (de fleste er store skogsmoser) har gått fram og bare to tilbake. Analysene av variasjon i artssammensetning i perioden 2003–2008 fulgte samme mønster som i tidligere perioder, ved at flater i rikere granskog forflyttet seg videre i retning av flater fra fattig granskog. Dette viser at variasjonen mellom prøveflater fra granskogen i Solhomfjell har blitt mindre i løpet av de tjue årene undersøkelsen har pågått.

Utviklingstrekkene for markvegetasjonen i Solhomfjell i perioden 2003–2008 er dels i tråd med utviklingen i tidligere perioder, men innebærer dels også nye mønstre. Tilbakegangen for karplanter er tilsynelatende en videreføring av den til dels kraftige tilbakegangen for arter med krav til mineralnæring, som er tilskrevet jordforsuring, men at den nå også er sterk for arter med rikelig forekomst i den fattige blåbærgranskogen, kan indikere at andre mekanismer også spiller inn. Én slik mekanisme kan være pågående fortetting av tresjiktet. Tendensen fra forrige femårsperiode (1998–2003) til framgang for store moser og tilbakegang for mindre moser er ikke entydig sjøl om en av de dominerende store skogsmosene, etasjemose, øker betydelig i mengde og bunnsjiktdekkningen øker. Ingen observasjoner fra granskog indikerer effekter av nitrogengjødsling på artssammensetningen i granskog.



Figur 46. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Solhomfjell med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1988, 1993, 1998, 2003 og 2008, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

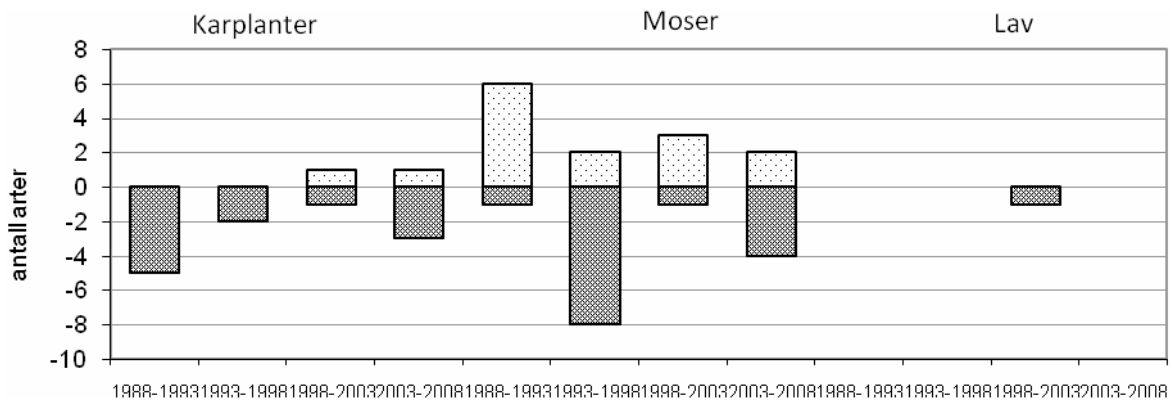
Figure 46. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1988, 1993, 1998, 2003 and 2008 at the Solhomfjell monitoring site, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.

Ved utgangen av 2007 var markvegetasjonen i overvåkingsområdene i granskog analysert fire ganger i åtte av de ti opprinnelige områdene som undersøkes av Norsk institutt for skog og landskap. Vegetasjonsanalysene i Lundsneset og Øyenskvilen er ikke videreført etter 2002 av økonomiske grunner. I 2008 ble overvåkingsområdet i Rausjømarka undersøkt for femte gang (1988, 1993, 1998, 2003, 2008), og resultatene presenteres her. Overvåkingsområdet i Rausjømarka ligger i et område av landet med noe påvirkning fra langtransporterte forurensninger.

I de 50 reanalyserte rutene i Rausjømarka i 2008 ble 84 arter registrert: 28 karplanter, 31 bladmoser (inkludert torvmoser), 23 levermoser og 2 lav. Totalt antall registrerte arter var noe høyere enn i foregående år (81 arter i 2003), men lavere i tidligere år (87 arter i 1988, 85 i 1993, 87 i 1998), der antall arter av karplanter og moser har variert mest over perioden (med hhv. 4 og 5 arter i alt). Figur 47 viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2003-2008 ble det funnet signifikant tilbakegang for tre karplantearter (hvitveis, sauetelg, skogstjerne), mens bare tyttebær gikk signifikant fram. Blant mosene gikk to bladmoser (ribbesigd, etasjemose) signifikant fram, mens en bladmoseart (firtannmose) og tre levermosearter (gåsefotskjegg, skogflak, stubbeblonde) gikk signifikant tilbake. For perioden 1988-2008 ble det registrert signifikant tilbakegang for tre karplantearter (blåbær, skogstjerne, snerprørkvein), mens ingen gikk fram. Blant mosene ble det registrert framgang for fem bladmosearter (inkludert en torvmoseart) i 20 årsperioden, mens en bladmoseart og fire levermosearter viste tilbakegang. Ingen lavararter viste signifikant endring over perioden 1988-2008. Analysene av artssammensetning (ved ordinasjon av 47 ruter analysert alle år) viste

ingen signifikante endringer over perioden 2003-2008, mens det for perioden 1988-2008 bare var signifikante endringer for den noe fattigere delen av DCA2, mot noe rikere voksesteder.

Antall karplantearter pr. flate har økt signifikant i perioden 2003-2008, mens det fortsatt, som i tidligere 5-årsperioder, er noen arter som har fått redusert sine mengder i flatene. Karplantene viser derfor ikke et konsistent endringsmønster som kan relateres til én påvirkningsfaktor. Fortsatt overvåking vil kunne vise om karplantene har en positiv utvikling som respons på redusert forurensning, men andre påvirkningsfaktorer kan også ha betydning for utviklingen. Enkelte store moserarter har økt betydelig i mengde i perioden 2003-2008, noe som trolig skyldes en gunstig klimautvikling for moser, med mildere og fuktigere klima og lengre vekstsesong utover høsten. Antall levermosearter pr flate er nå klart redusert, og artsmangfoldet for mosene har derfor hatt en negativ utvikling. Tilbakegang i mengde for flere mindre moser, spesielt levermoser, og redusert artsmanfold for mosene, skyldes trolig at de store mosene vokser og formerer seg raskere enn små moser, og de lange vekstsesongene forsterker effekten av dette. Fortetting av vegetasjonen i skogbunnen ved økte mengder av store moser er observert i en rekke av overvåkingsområdene i Sør-Norge og kan påvirke utviklingen både for små moser og muligens for noen karplanter.



Figur 47. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Rausjømarka med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1988, 1993, 1998, 2003 og 2008, basert på frekvensmål av arter i overvåkingsruter. Småplanter av trær og andre arter med lav persistens mellom år er ikke tatt med.

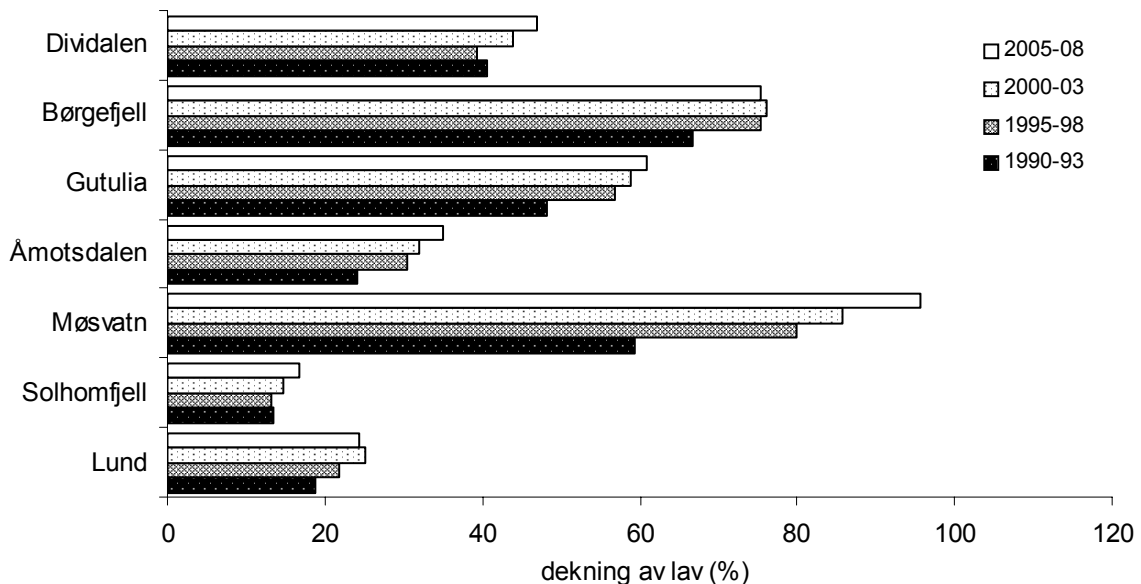
Figure 47. Number of species of vascular plants (Karplanter), bryophytes (Moser) and lichens (Lav) showing significant increase (positive values) or decrease (negative values) between the census years 1988, 1993, 1998, 2003 and 2008 at the Rausjømarka monitoring site, based on frequency abundance of species within monitoring plots. Seedlings of trees and other species with low persistence between years are not included.

6.3 Effekter på epifyttisk vegetasjon

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

Den kartlagte epifyttvegetasjonen i alle de sju TOV-områdene (i Solhomfjell på furu, i øvrige områder på bjørk) domineres av arter typiske for fattigbarksamfunn som har forholdsvis lavt artsmangfold. Dette har bl.a. sammenheng med barkens pH-verdi, næringsstatus og struktur. Totalt ble 94 taksoner (arter eller slekter) registrert på stammen av de utvalgte trærne i de sju TOV-områdene ved første og andre runde med kartlegging. Epifyttvegetasjonen i de fleste områdene er dominert av bladlavarter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), bristlav (*Parmelia sulcata*), snømållav (*Melanelia olivacea*) og gul stokklav (*Parmeliopsis ambigua*). I 2008 ble epifyttvegetasjonen i overvåkingsområdene i Gutulia og Dividalen 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 48). Dessuten er en stor andel av laven registrert som skadd (Figur 49). Lund skiller seg også ut som det eneste TOV-området med registrert algevekst på undersøkelsestrærne. Dekningen av alger har økt gjennom hele perioden og utgjorde totalt 67 % av det kartlagte stammearealet i 2006. Dette blir tolket dels som en effekt av den høye nitrogentilførselen i området og dels som resultat av milde og fuktige høster i mange av de siste årene.

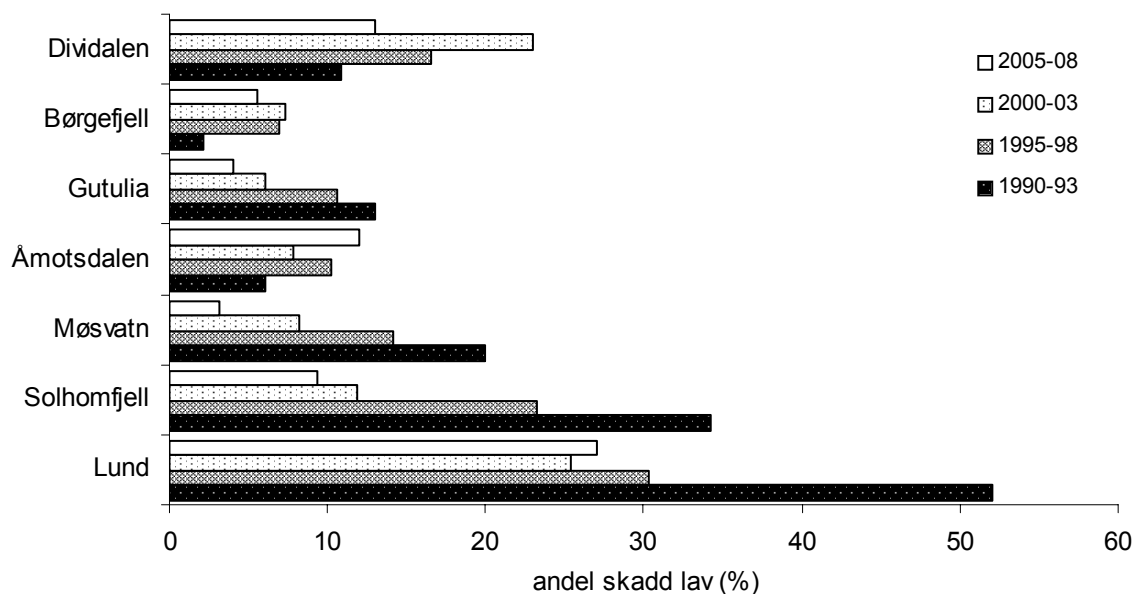


Figur 48. Dekningen av epifyttiske lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08), angitt som total dekning av lav i prosent av kartlagt stammeareal. Følgende prøvelfelt er ikke tatt med: Børgefjell prøvelfelt 0 (etablert 2005), Åmotsdalen prøvelfeltene 6 og 7 (etablert 2004), Møsvatn prøvelfeltene 6 og 7 (etablert i 2007).

Figure 48. Cover of epiphytic lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03, 2005-08), given as total lichen cover in per cent of mapped trunk area. The following sample plots are not included: Børgefjell plot 0 (established 2005), Åmotsdalen plots 6 and 7 (established 2004), Møsvatn plots 6 and 7 (established in 2007).

I Solhomfjell kartlegges epifyttene på furu, som har fattigere epifyttflora og generelt lavere dekning enn bjørk. Solhomfjell-området har i lengre tid vært utsatt for betydelige forurensningsbelastninger. Økning i lavdekningen og betydelig reduksjon i skadefrekvens for lav på furu i Solhomfjell (*Figur 48* og *Figur 49*) 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 48* og *Figur 49*). Det er særlig økt skade på snømållav, noe som kan ha sammenheng med klimaet.



Figur 49. Andel skadet lav på prøvetrær i overvåkingsområdene for første periode (1990-93) og ved gjenanalyse (1995-98, 2000-03, 2005-08), angitt som prosent av total registrert lavdekning. Følgende prøvefelt er ikke tatt med: Børgefjell prøvefelt 0 (etablert 2005), Åmotsdalen prøvefeltene 6 og 7 (etablert 2004), Møsvatn prøvefeltene 6 og 7 (etablert i 2007).

Figure 49. Proportion of damaged lichens on sample trees at the monitoring sites for the first period (1990-93) and at re-analysis (1995-98, 2000-03), given as per cent of total censused lichen cover. The following sample plots are not included: Børgefjell plot 0 (established 2005), Åmotsdalen plots 6 and 7 (established 2004), Møsvatn plots 6 and 7 (established in 2007).

Det er mest lav på trestammene i Møsvatn, Gutulia og Børgefjell (*Figur 48*). 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 49*), og brunskjegg har vist tydelig framgang, fra

1,8 % dekning i 1992 til 22,4 % dekning i 2007. Dette kan tolkes som en respons på nedgangen av svovel i luft og nedbør de siste tiårene. I Børgefjell, et område med minimalt nedfall av forurensende stoffer, er skadefrekvensen forholdsvis lav, men høyere enn ved første gangs kartlegging (*Figur 49*). 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 suksisjon ved at skogen blir eldre, og at sammensetningen av nedbøren eller klimaet har blitt gunstigere for lavvekst. Mindre svovelinnhold og mer nitrogen kan virke positivt på epifyttvegetasjonen. Slik sett reflekterer gjentatte lavregistreringer en klar sammenheng mellom lavenes forekomst og skadestatus og registrerte forurensningsbelastninger i nedbøren, både i forhold til geografiske variasjonsmønstre og ved endringer over tid.

6.4 Effekter på fauna

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

Rovfugl

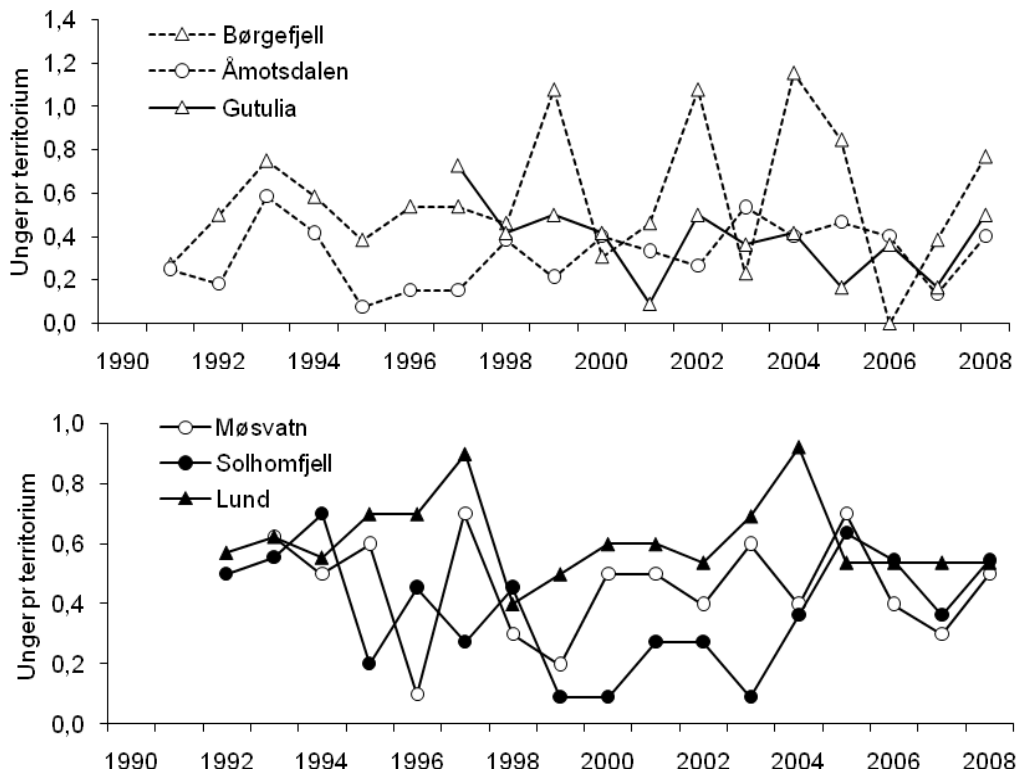
Ungeproduksjonen hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryper for jaktfalk. For kongeørn vil imidlertid også tilgangen på kadaver fra vilt og husdyr kunne være en viktig føderessurs. Resultatene fra overvåkingsområdene 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 1991–2008 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 50*). Selv om ungeproduksjonen hos kongeørn i Solhomfjell lå lavt i perioden 1998-2003, har den siden ligget på nivå med øvrige områder, og det er ingen indikasjon på at det lave nivået skyldtes dagens forurensningsbelastninger. Etter to år med svært god ungeproduksjon fra territoriene som overvåkes i Børgefjell, var det ingen registrert produksjon i 2006. Dette skyldes trolig dårlig tilgang på småvilt som bytte. Produksjonen var noe bedre igjen i 2007, med ytterligere økning i 2008. Alle overvåkingsområdene unntatt Lund hadde en bedring i produksjonen fra 2007 til 2008.

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 2008-sesongen har vi tidsserier for bestandsutviklingen for spurvefugl på minst 15 år i de ulike områdene, noe som gir grunnlag for å vurdere utviklingen av spurvefuglbestander i boreal skog. Noen få av de aktuelle fugleartene, f.eks. bjørkefink og gråsisik, viser særlig stor

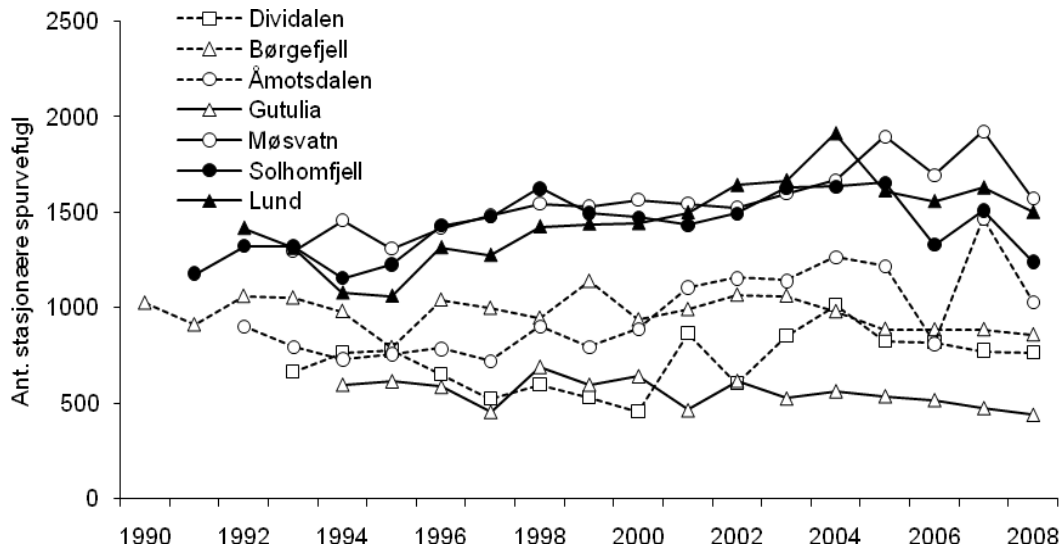
bestandsvariasjon mellom år og områder og har en invasjonspregede forekomst. Hvis vi utelater observasjoner av slike arter, viser takseringene at de sørlige områdene (Lund, Solhomfjell, Møsvatn) generelt har flere observasjoner av spurvefugl enn de nordlige (Figur 51). Ut fra områdenes generelle produktivitet er dette som forventet. Bestandsnivået for slike mer stasjonære arter viste nedgang for alle overvåkingsområder fra 2007 til 2008, sterkest for Åmotsdalen, Møsvatn og Solhomfjell, men likevel over områdenes medianverdi for overvåkingsperioden. Bestandsendringene 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 1990-2008.

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 52). I den første delen av overvåkingsperioden (1991-96) kan det se ut til at de sørlige områdene Lund og Solhomfjell hadde lavere klekkesuksess enn de nordlige. Siden 1997 har imidlertid klekkesuksessen ligget vel så høyt i sørlige som i nordlige områder. Reduksjonen i klekkesuksess i Åmotsdalen og Gutulia i 2004 og 2005 tilskrives uheldige klimaforhold tidlig i hekkesesongen i disse områdene. I 2007 var klekkesuksessen i Gutulia eksepsjonelt lav (67%), noe som trolig skyldes uheldige lokale klimaforhold. I 2008 var klekkesuksessen forbedret for alle områder i forhold til året før, mest for Gutulia, som likevel viste noe lavere verdier enn de øvrige områdene. Overlevelsen av unger fra klekte egg til flygedyktig alder har (med få unntak) vært relativt høy (minst 90%) for alle år og områder.



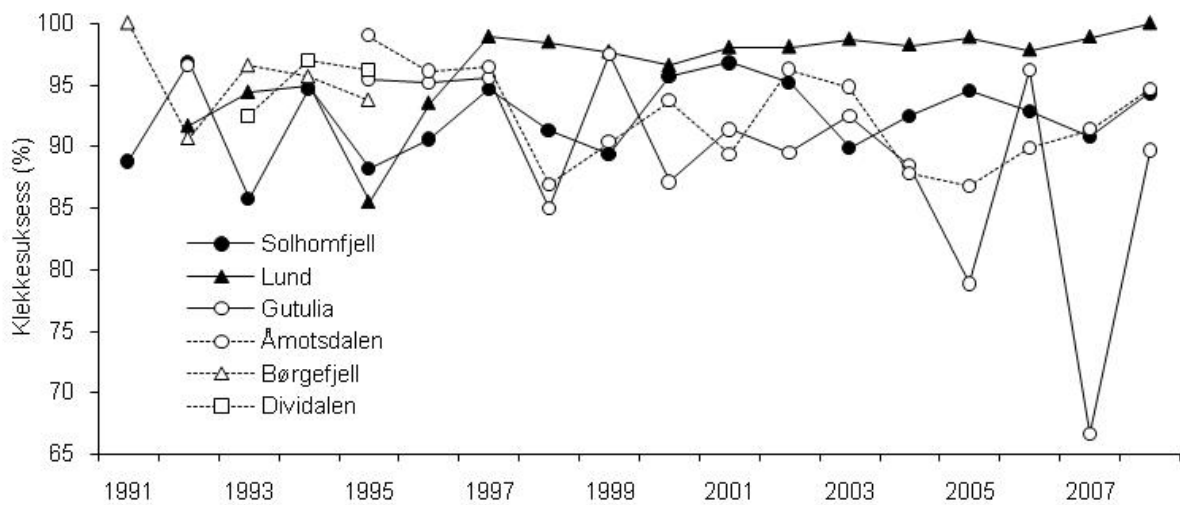
Figur 50. Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990-2008.

Figure 50. Production of young per investigated territory of golden eagles at the monitoring sites 1990-2008.



Figur 51. Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvefugler i TOV-områdene 1990-2008.

Figure 51. Changes in the populations of regular, territorial passerine birds at the monitoring sites 1990-2008.



Figur 52. Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1991-2008, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke ble ødelagt.

Figure 52. Hatching success of pied flycatchers at the monitoring sites 1991-2008, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches that were not destroyed.

7. Referanser

Luft og nedbør:

SFT 2009. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2008. Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. SFT rapport 1051/2009. TA-2522/2009. NILU OR 22/2009

Vannkjemi og vannbiologi:

Aagaard, K. & Dolmen, D., 1996. Limnofauna Norvegica. Katalog over norsk ferskvannsfåuna. s. 130 – 135. 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 2007. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2006. - SFT-rapport 1000/2007, TA-2322/2007. 158 s.

SFT 2008. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2007. - SFT-rapport 1036/2008, TA-2439/2008. 157 s.

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

OPS

Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V. & Aas, W. 2009. Intensiv skogovervåking i 2008. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Forskning fra Skog og landskap 2009. In prep.

Timmermann, V., Hysten, G. & Larsson, J. Y. 2009. Helsetilstanden i norske skoger: Resultater fra landsrepresentativ overvåking 2008. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 2009. In prep.

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. Programme Coordinating Center, ICP Forests. Hamburg. Updated 2007.

TOV

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

Framstad, E. (red.). 2009. Natur i endring. Terrestrisk naturovervåking i 2008: Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl. NINA Rapport (i arbeid).

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

Referer til denne rapporten som:

SFT 2009. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2008. Sammendragsrapport. SFT-rapport 1050/2009, TA-2527/2009.



Statlig program for forurensningsovervåking
Overvåking av langtransportert luft og nedbør



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

Utførende institusjoner NILU, NIVA, NINA, LFI, Unifob Miljøforskning, Skog og landskap	Kontaktperson SFT Tor Johannessen	ISBN-nummer 978-82-577-5545-4	
Statlig program for forurensningsovervåking SFT-rapport 1050/2009	Avdeling i SFT	TA-nummer 2527/2009	
Oppdragstakers prosjektansvarlig Brit Lisa Skjelkvåle	År 2009	Sidetall 89	SFTs kontraktnummer 6004057
Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport OR-5810-2009	Prosjektet er finansiert av Statens forurensningstilsyn (SFT) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Landbruksdepartementet (LD)		
Forfatter(e) Anders K. Wollan (NHM, UiO), Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI, Unifob Miljøforskning), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Erik Framstad (NINA), Godtfred A. Halvorsen (LFI, Unifob Miljøforskning), Gunnar Halvorsen (NINA), Harald Bratli (Skog og landskap), Inga E. Bruteig (NINA), Ingvald Røsberg (Skog og landskap), John Atle Kålås (NINA), Karl Espen Yttri (NILU), Kjell Andreassen (Skog og landskap), Liv Bente Skancke (NIVA), Marianne Evju (NINA), Nicholas Clarke (Skog og landskap), Per Arild Aarrestad (NINA), Randi Saksgård (NINA), Rune Halvorsen (NHM, UiO), Stein Manø (NILU), Sverre Solberg (NILU), Tonje Økland (Skog og landskap), Tore Høgåsen (NIVA), Trygve Hesthagen (NINA), Vegar Bakkestuen (NINA/NHM, UiO), Volkmar Timmermann (Skog og landskap), Wenche Aas (NILU).			
Tittel - norsk og engelsk Overvåking av langtransporterte forurensninger 2008. Sammendragsrapport Monitoring long-range transboundary air pollution 2008. Summary report			
Sammendrag – summary Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2008 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 2008 from three national monitoring programmes on long-range transboundary air pollution.			
4 emneord Overvåking Luftforurensning Akvatisk miljø Terrestrisk miljø	4 subject words Monitoring Air pollution Aquatic environment Terrestrial environment		