



KLIMA- OG
FORURENSNINGS-
DIREKTORATET

Statlig program for forurensningsovervåking
Rapportnr. 1073/2010

OVERVÅKING AV LANGTRANSPORTERTE
FORURENSNINGER 2009
SAMMENDRAGSRAPPORT

TA
2663
2010

Utført av



NIVA





KLIMA- OG
FORURENSNINGS
DIREKTORATET

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

SPFO-rapport: 1073/2010

TA-2663/2010

ISBN 978-82-577-5721-2

Oppdragsgiver: Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif),
Direktoratet for naturforvaltning (DN), Landbruks- og
matdepartementet (LD)

Utførende institusjoner: NILU, NIVA, NINA, LFI, Uni Miljø, Skog
og landskap

Overvåking av langtransporterte forurensninger 2009

**Rapport
1073/2010**

Sammendragsrapport



Prosjektansvarlig: NIVA
NIVA-prosjektnummer: O-10200
NIVA-rapport: 5986-2010

Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2009 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, Uni Miljø)

Krepsdyr: Ann Kristin Schartau, Thomas C. Jensen 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: Tonje Økland og Jørn-Frode Nordbakken (Skog og landskap)

Fauna: John Atle Kålås (NINA)

NIVA, Oslo, juni 2010

Brit Lisa Skjelkvåle
Redaktør

Innhold

Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2009	5
Summary	10
1. Innledning	14
1.1 Presentasjon av programmene	14
1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv	15
2. Luft og nedbør	17
2.1 Utslipp	17
2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger	17
2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger	21
2.4 Totalavsetning fra luft og nedbør	22
2.5 Bakkenær ozon	23
2.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP)	25
2.7 Partikler (PM ₁₀ og PM _{2,5}) i luft på Birkenes	26
3. Det akvatiske miljøet	28
3.1 Effekter på vannkjemi	31
3.2 Effekter på akvatisk fauna	45
3.2.1 Effekter på bunndyr	45
3.2.2 Effekter på krepsdyr	52
3.2.3 Effekter på fisk	60
3.2.4 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer	62
4. Det terresteriske miljøet	73
4.1 Effekter på skog	76
4.2 Effekter på markvegetasjon	80
4.3 Effekter på fauna	82
5. Referanser	85

Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2009

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 bedringen 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 i nedbør

Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 61-88 % fra 1980 til 2009. Nitrogenutslippene går også ned, i Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjon i nedbør blitt redusert med hhv. 25-45 % og 45-63 % 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 2009 er relativt lik eller noe høyere enn i 2008.

Nedgangen i sulfat og nitrat i vann og vassdrag fortsetter og forsuringen reduseres

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer med 40-80 % fra 1980 til 2009, med de største reduksjonene i den sørlige delen av landet. Nedgangen var markert også i 2009. Forsuringssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar bedring 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. I våre mest forsuringobelastede områder er imidlertid situasjonen for fisk fortsatt alvorlig. Den klareste forbedringen er registrert i tidligere moderat forsurete vassdrag på Sør-Vestlandet. 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 både i 2008 og 2009 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.

Tilbakegang for plantearter i enkelte områder er foreløpig uten klar årsak

Det er registrert endringer i markvegetasjonen i granskog i Gutulia, der både mange karplanter og moser går tilbake i mengde og i artsantall pr. flate. Det er ikke registrert endringer i fuglebestander i Sør-Norge knyttet til forurensningseffekter.



**KLIMA- OG
FORURENSNINGS
DIREKTORATET**

Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør

SPFO-rapport: 1073/2010

TA-2663/2010

ISBN 978-82-577-5721-2

Oppdragsgiver: Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif),
Direktoratet for naturforvaltning (DN), Landbruks- og
matdepartementet (LD)

Utførende institusjoner: NILU, NIVA, NINA, LFI, Uni Miljø, Skog
og landskap

**Overvåking av
langtransporterte
forurensninger 2009**

**Rapport
1073/2010**

Sammendragsrapport



Prosjektansvarlig: NIVA
NIVA-prosjektnummer: O-10200
NIVA-rapport: 5986-2010

Forord

Denne rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2009 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, Uni Miljø)

Krepsdyr: Ann Kristin Schartau, Thomas C. Jensen 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: Tonje Økland og Jørn-Frode Nordbakken (Skog og landskap)

Fauna: John Atle Kålås (NINA)

NIVA, Oslo, juni 2010

Brit Lisa Skjelkvåle
Redaktør

Innhold

Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2009	5
Summary	10
1. Innledning	14
1.1 Presentasjon av programmene	14
1.2 Overvåkingsprogrammene i internasjonalt perspektiv	15
2. Luft og nedbør	17
2.1 Utslipp	17
2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger	17
2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger	21
2.4 Totalavsetning fra luft og nedbør	22
2.5 Bakkenær ozon	23
2.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP)	25
2.7 Partikler (PM ₁₀ og PM _{2,5}) i luft på Birkenes	26
3. Det akvatiske miljøet	28
3.1 Effekter på vannkjemi	31
3.2 Effekter på akvatisk fauna	45
3.2.1 Effekter på bunndyr	45
3.2.2 Effekter på krepsdyr	52
3.2.3 Effekter på fisk	60
3.2.4 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer	62
4. Det terresteriske miljøet	73
4.1 Effekter på skog	76
4.2 Effekter på markvegetasjon	80
4.3 Effekter på fauna	82
5. Referanser	85

Status for effekter av langtransporterte forurensninger i Norge i 2009

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 bedringen 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 i nedbør

Reduserte utslipp av svovel i Europa har medført at konsentrasjonene av sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 61-88 % fra 1980 til 2009. Nitrogenutslippene går også ned, i Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjon i nedbør blitt redusert med hhv. 25-45 % og 45-63 % 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 2009 er relativt lik eller noe høyere enn i 2008.

Nedgangen i sulfat og nitrat i vann og vassdrag fortsetter og forsuringen reduseres

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer med 40-80 % fra 1980 til 2009, med de største reduksjonene i den sørlige delen av landet. Nedgangen var markert også i 2009. Forsuringssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar bedring 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. I våre mest forsuringbelastede områder er imidlertid situasjonen for fisk fortsatt alvorlig. Den klareste forbedringen er registrert i tidligere moderat forsurete vassdrag på Sør-Vestlandet. 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 både i 2008 og 2009 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.

Tilbakegang for plantearter i enkelte områder er foreløpig uten klar årsak

Det er registrert endringer i markvegetasjonen i granskog i Gutulia, der både mange karplanter og moser går tilbake i mengde og i artsantall pr. flate. 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. 58 %, 25 % og 24 % fra 1990 til 2008 (EMEP Status report 1/2009).

Utslippsreduksjonen spesielt for svovel er en del høyere om man ser fra 1980, men det er naturlig å sammenligne med 1990 da dette er referanseåret i Gøteborg-protokollen.

Svovel og nitrogen

Konsentrasjonene av svovel- og nitrogenforbindelser i luft og nedbør i 2009 var gjennomgående like eller på noe høyere nivå enn året før. 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 61 % og 88 % siden 1980 og mellom 52 % og 76 % siden 1990, utenom Karasjok hvor det ikke er observert signifikant reduksjon i den siste perioden. I luft er reduksjonene for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 88 % og 94 % (72-95 % fra 1990), og for sulfat mellom 74 % og 81 % (50-62 % fra 1990). Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat i nedbør har hatt en signifikant reduksjon, mellom 25 % og 45 % siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. Reduksjonen fra 1990 har vært i samme størrelsesorden. 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 tydelig økning ved Tustervatn og Karasjok sannsynligvis grunnet økt påvirkning av lokal landbruksaktivitet. Lignende endringer i ammonium og nitratkonsentrasjonene i nedbør observeres fra 1990.

Årsmiddelkonsentrasjonene av ammonium og nitrat i luft viser derimot ingen entydig tendens siden målingene startet i 1986, det er både positive og negative trender på de forskjellige målestasjonene. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO₂, 50 % reduksjon siden 1990 på alle fastlandstasjoner utenom Kårvatn.

Ozon

Målingene av bakkenært ozon i Norge i 2009 viste generelt lave verdier sammenlignet med tidligere år. Bortsett fra minimumsåret 2007 var ozonnivåene i 2009 blant de laveste som er målt. Årsaken til de lave nivåene er høyst sannsynlig meteorologiske forhold, blant annet den kjølige og regnfulle sommeren i Sør-Skandinavia. Høyeste timemiddelkonsentrasjon var 142 µg m⁻³, målt på Sandve i Rogaland 20. august. Det var med andre ord ingen overskridelser av EUs grense for melding til befolkningen (180 µg m⁻³). Det var heller ingen overskridelser av grenseverdiene for verken vegetasjon (3 måneders AOT40) eller skog (6 måneders AOT40) i 2009. EUs "long-term objective" ble ikke brutt i 2009, men har blitt overskredet de fleste av de siste ti årene. Det er vanskelig å identifisere noen langtidstrend i disse parameterne 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 mer enn 70 % siden 1980 på alle stasjoner utenom Svanvik, og innholdet av sink har avtatt med 75 % på Birkenes og Kårvatn. Kadmiuminnholdet i nedbør har avtatt med ca 90 % på alle stasjoner med observasjoner fra 1980. Kvikksølv i nedbør på Lista/Birkenes viser en signifikant nedadgående trend på 49 % siden 1990 selv om nivået i 2009 var betydelig høyere enn i 2008. For metaller i luft er det tydelig reduksjon av bly på tidsserien Lista/Birkenes på 65 % siden 1991, mens middelkonsentrasjonene av kvikksølv i luft ikke viser en tydelig trend.

Miljøgifter

På Birkenes hadde sum HCH og sum 7 PCB (hhv. 10,5 og 3,95 $\mu\text{g m}^{-3}$) de laveste årsmiddelverdiene målt til nå, og middelveiden av HCB var også lav (57,5 $\mu\text{g m}^{-3}$). Sum PAH var nær verdien fra 2008, og som i 2008, var sum PAH på Birkenes (5,49 ng m^{-3}) ca dobbelt så høy sammenlignet med det som ble målt på Zeppelinstasjonen på Svalbard (2,60 ng m^{-3}). På Zeppelinstasjonen ble det observert de laveste årsmidlene siden målingene startet for en rekke av de organiske miljøgiftene, for eksempel hadde sum PCB et lavere årsmiddel enn i de fire foregående år og nest laveste siden år 1999.

Partikler

I 2009 var årsmidlet for PM_{10} 6,0 $\mu\text{g m}^{-3}$ og for $\text{PM}_{2,5}$ 3,6 $\mu\text{g m}^{-3}$. Årsmidlene for 2009 er gjennomgående lave, og for PM_{10} og $\text{PM}_{2,5}$ ligger de under gjennomsnittet for perioden 2001–2009. I likhet med tidligere år ble de høyeste PM konsentrasjonene observert på våren. På årsbasis utgjorde $\text{PM}_{2,5}$ 60 % av PM_{10} . SO_4^{2-} var den dominerende enkeltforbindelsen med 15 % av massekonsentrasjonen av PM_{10} , fulgt av fraksjonene organisk karbon, NO_3^- og sjøsalter, alle med et 13 % bidrag til PM_{10} .

Vannkjemi

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer fra 40-80 % fra 1980 til 2009, med de største nedgangene i den sørlige delen av landet. Nedgang i sulfat flatet noe ut fra 2001 til 2006. Perioden 2007-2009 viser de laveste konsentrasjonene i sulfat som er registrert gjennom hele overvåkingsperioden og viser at det fortsatt er en nedadgående trend. Forsuringssituasjonen i vann og vassdrag har vist en klar bedring siden begynnelsen av 90-tallet, med økning i syrenøytraliserende kapasitet (ANC), alkalitet og pH og nedgang i uorganisk aluminium (LAl, "giftig aluminium"). Bedringen i forsureningsituasjonen 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 industriutslipp på Kola, har vist en positiv utvikling.

Nitrat viser nedgang i alle regioner av landet. Nitrat varierer noe fra år-til-år, men 2009 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 2007-2009 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 2002 har pH i innsjøene vært på omtrent samme nivå, men det er relativt store år-til-år svingninger.

Uorganisk aluminium viste nær uendret konsentrasjonsnivå fra 2001 til 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 som vedvarte i 2009 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 til 2009 har omtrent samme nivå (og noe lavere enn i 2006).

I Øst-Finnmark ser vi en økning i Ni- og Cu-konsentrasjoner i vann. Dette er mest sannsynlig en respons på den økte depositionsjonen 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 bedre tilstanden vises både ved økt mangfold og ved økte andeler av forsuringsfølsomme 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 2009 er ennå lavt sammenlignet med ikke-forsurete 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 startet i 1996. Overvåkingsdataene fra 2009 indikerer at forsurenings situasjonen fremdeles er alvorlig i sørlige deler av Østlandet, på Sørlandet og Vestlandet (klassifisert som moderat til sterkt forsuret), men at det nå er en klar, om enn liten, positiv utvikling i økologisk tilstand i enkelte innsjøer, spesielt i Sørlandet-Vest (region V). Innsjøene i Øst-Finnmark har en økologisk tilstand som viser relativt store år-til-år variasjoner, noe som kan skyldes andre forhold enn forsurening. For de øvrige regionene er det kun et fåtall innsjøer som har vært fulgt over tid og det er derfor vanskelig å ha noen formening om utviklingen i forsuret tilstanden. Totalt sett er det små endringer over de 14 årene overvåkingen har pågått. Selv om enkelte av innsjøene som overvåkes årlig viser indikasjoner på en positiv utvikling, er mengden av forsuret følsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile. Resultatene viser at vannkvaliteten i mange forsurete innsjøer fremdeles er dårlig for overlevelse og reproduksjon hos forsuret følsomme 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 forsurening, og pr 1990 var det henholdsvis rundt 9.600 tapte og 5.400 skadede innsjølevende bestander. Beregningene er basert på innsjølokaliteter over 3 hektar. Aure var hardest rammet, med rundt 8.200 tapte og 3.900 skadede bestander. Videre var nærmere 1.900 abborbestander enten skadet eller tapt pga forsurening, mens tilsvarende tall samlet for røye, mort, ørekyt og gjedde var 1.110 bestander.

Det er nå en positiv trend hos fisk i flere regioner, spesielt i Sørlandet-Vest (region V), Vestlandet-Sør (region VI) og Øst-Finnmark (region X). Men enkelte fiskebestander i Sør-Norge er fortsatt tynne, noe som trolig skyldes forsurening. I tillegg er det ennå ikke reetablert fisk i mange innsjøer der de stedege bestandene er tapt. I våre mest forsuret belastede 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 med en økning frem til år 2004. I 2008 ble det igjen registrert økende kronetetthet for alle treslagene. Denne positive trenden fortsatte også i 2009. 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 og fauna

Det ble i 2009 ikke foretatt ordinære undersøkelser av markvegetasjonen i bjørkeskog eller av lav på trær i TOV-områdene, kun undersøkelser av markvegetasjonen i barskog i Gutulia og av fauna i alle TOV-områder.

I granskogsflatene i Gutulia ble det mindre av mange karplanter og færre karplantearter pr. flate i løpet av siste femårsperiode, men siden Gutulia ikke ligger i et forurensningsbelastet område, er ikke forurensning en sannsynlig årsaksfaktor. Det ble også mindre av endel mosearter, spesielt levermoser og bladmoser i flatene. Gjennomsnittlig artsantall pr. flate for bladmoser, levermoser og lav var også lavere i 2009 enn i 2004. Totalt sett ble det registrert 110 arter i flatene i 2009, mens det i etableringsåret 1989 ble registrert 124 arter.

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, forurensningsbelastede områder enn i nord. Svarthvit fluesnapper har tidligere år vist noe lavere klekkesuksess i de sørligste områdene, men har i flere år vist klekkesuksess på samme nivå i sørlige som i nordlige områder. De siste få årene har det vært en nedgang i spurvefuglbestandene og dårlig klekkesuksess for svarthvit fluesnapper i flere av fjellområdene, trolig på grunn av ugunstig vær i deler av hekkesesongen.

Summary

About the monitoring programmes

This report covers the main results for 2009 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 concentration in precipitation and the deposition of main ions in precipitation in 2009 is similar or somewhat above the level in 2008. The observed long term reductions in concentration levels in deposition are however in agreement with emission reductions in Europe. Since 1980 the content of sulphate in precipitation at the Norwegian monitoring sites decreased by 61-88 % and between 52 % and 76 % from 1990 (except at Karasjok). Similar trends are seen in the airborne concentrations with 88 %-94 % and 74-81 % reductions for sulphur dioxide and sulphate, respectively from 1980, (72-95 % and 50-62 % 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, 25-45 % and 45-63 % reduction respectively. It 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 both positive and negative trends are observed at different sites, probably due to local influence of ammonia.

The measurements of ground-level ozone in 2009 show a lower level compared to the previous year. The maximum hourly average in 2009 was 142 µg m⁻³ measured at Sandve. There were no exceedances of the threshold values for accumulated ozone exposure to crops (3 months AOT40) or to 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 in precipitation have generally decreased by more than 70 % from the late seventies, but after 1990 the concentration level has been relatively constant. Also for mercury in precipitation at Lista/Birkenes there is a significant decrease of almost 50 % in concentration since 1990. For air there is significant decrease of lead at Lista/Birkenes of 65 % since 1991.

At Birkenes (CAMP) the level of sum HCH and sum 7 PCB in air was the lowest observed up to now. Also HCB was low. The annual averages at Zeppelin Mountain (AMAP) had lower values in year 2009 than in year 2008 for many of the different persistent organic pollutants. I.e. sum PCB had lower level than all the four previous years.

In 2009, the annual mean concentration of PM₁₀ 6,0 µg m⁻³ and 3,6 for PM_{2,5}. The annual mean concentrations are lower than the average for the period 2001-2009. SO₄²⁻ is the dominant specie in PM₁₀, with a mass fraction of 15 %, while NO₃⁻, organic carbon and sea salt have a mass fraction of 13 % each.

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 2009. From 2001 to 2006 there was only a slight decrease in sulphate, but 2007 to 2009 showed the lowest concentrations of sulphate registered so far in the monitoring 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 showed small changes from 2001 to 2007, but in 2008 and 2009 there were again a decrease in the concentrations of inorganic aluminium. 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. Overall there is still increasing trends in TOC.

In eastern part of Finnmark in northern Norway, there is an increase in Ni-concentrations in the lakes since 2003, most probably 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. This biodiversity has increased, acid-sensitive invertebrates show 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 (1996-2009) 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, especially in the southwestern part of Norway, 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 most lakes are unchanged. For some few sites the improvements are unambiguous, indicating that the invertebrate fauna is now recovering in these lakes. However, 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 3.0 ha have been assessed in relation to effects of acidification during recent years. The number of lost and damaged populations of the six most common species of fish were per 1990 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 Counties) 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, in the most damaged areas in southernmost Norway 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 for all tree species. This positive trend continued also in 2009. 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 and fauna

In 2009, ordinary investigations of ground vegetation were not conducted in birch forest, only in coniferous forest in Gutulia National Park. The regular investigations of epiphytes were not conducted in the TOV sites, but the usual programme was run for the fauna in all TOV sites.

In the monitoring plots in the spruce forest in Gutulia many vascular plants decreased in abundance from 2004 to 2009. Also the number of vascular plants per plot decreased. However, since deposition of long-range air pollutants in Gutulia is low, the decrease of vascular plants is probably due to influence of other factors. Several bryophytes, especially some hepatics and mosses also decreased in abundance. The number of species per plot for each of the species groups mosses, hepatics and lichens was lower in 2009 than in 2004. In total, 110 species were recorded in the plots in 2009, while 124 species were recorded in 1989 when the plots were established.

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. During the last few years passerine bird populations have

decreased somewhat and pied flycatchers have had lower hatching success in several of the mountain areas monitored, probably due to harsh weather in parts of the nesting season.

1. 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 5).

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

1.1 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) (i dag Klima og forurensningsdirektoratet, Klif) 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). Klif har hovedansvaret for koordineringen av overvåkingsprogrammet og administrerer overvåkingen av atmosfæriske tilførsler og den vannkjemiske overvåkingen. Direktoratet for naturforvaltning (DN) administrerer den biologiske delen. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er fordelt mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) (atmosfæriske tilførsler), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (vannkjemi), Norsk institutt for naturforskning (NINA) (fisk- og krepsdyrundersøkelser) og LFI, Uni Miljø (bunndyrundersøkelser).

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)

Landbruks- og matdepartementet og Klif 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 og av skogøkologiske undersøkelser på ICP Forests intensivflater. Skog og landskap koordinerer OPS, og programmet har en egen styringsgruppe.

Program for terrestrisk naturovervåking (TOV)

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

1.2 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/ændres av langtransporterte forurensninger. Resultatene brukes imidlertid også til å oppfylle Norges forpliktelser i de internasjonale avtalene under "Konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger" (CLRTAP Convention on Long-range Transboundary Air Pollution) 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 (Gøteborg-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.

2. Luft og nedbør

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

Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble i 2009 utført døgnlig ved 6 stasjoner og på ukebasis ved 11 stasjoner (*Figur 1*). Konsentrasjonene av tungmetaller i nedbør er bestemt på 5 stasjoner med ukentlig prøvetaking. De uorganiske hovedkomponentene i luft er bestemt på totalt 7 stasjoner med ulik prøvetakingsfrekvens. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 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, og miljøgifter i nedbør måles på Birkenes.

2.1 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 1.2) Utslippene av svoveldioksid, nitrogenoksider og ammoniakk har blitt redusert med hhv. 58 %, 25 % og 24 % fra 1990 til 2007 (EMEP Status Report 1/2009). 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 %.

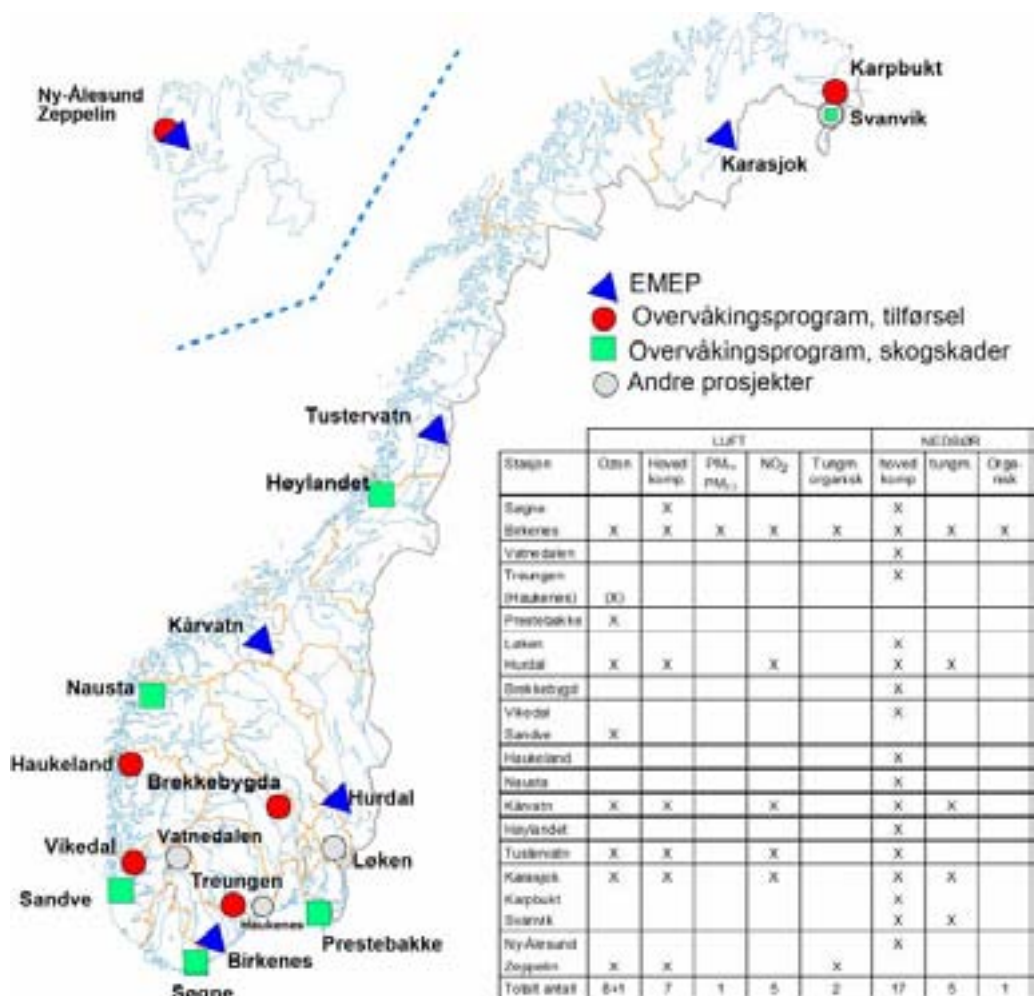
2.2 Nedbørkjemi - våtavsetninger

Ioneinnholdet utenom sjøsalter i nedbør avtar nordover fra Sør-Norge og er minst i fylkene fra Møre og Romsdal til Troms. De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner for de fleste hovedkomponentene ble i 2009 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 2009 ikke hadde 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, ammonium og nitrat, i 2009 var gjennomgående noe høyere eller på samme nivå som foregående år. Særlig på Karasjok var konsentrasjonen av sulfat markant høyere i 2009 enn i 2008. Våtavsetningen for de fleste komponenter er noe høyere særlig i Sør-Norge i 2009 enn for 2008, mens resten av landet viser noe lavere avsetning, utenom Karasjok hvor det er en tydelig økning i 2009. Dette henger en del sammen med årlige

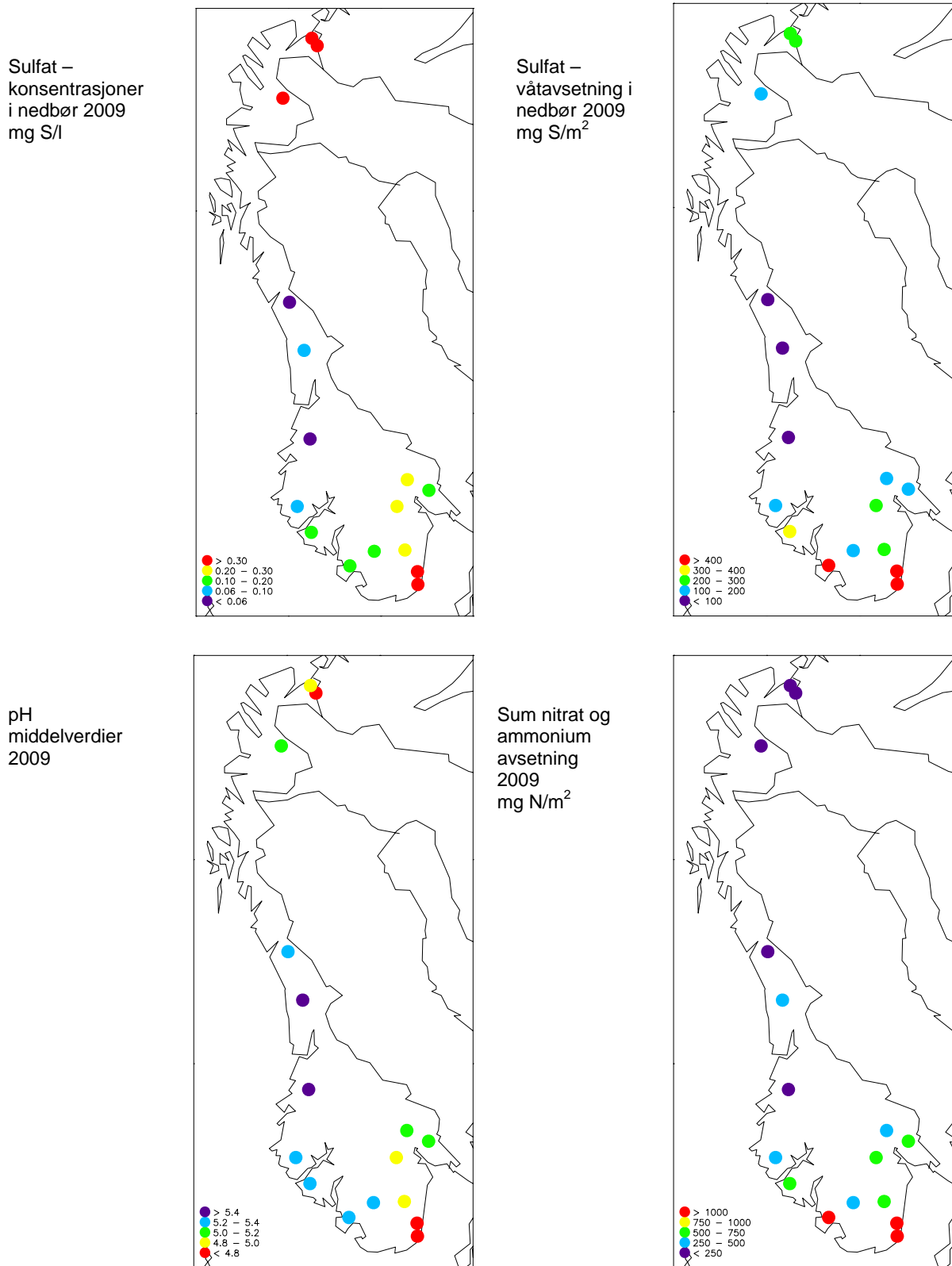
variasjoner i nedbørmengde, og for Karasjok sannsynligvis mer østlige vinder fra Kolahalvøya. I et lengre tidsperspektiv har årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre avtatt betraktelig de siste 20 årene. *Figur 3* viser veide gjennomsnittsverdier for 5 representative målesteder på Sørlandet og Østlandet, og man ser klart reduksjonen av nedbørens sulfatinnhold. Innholdet av nitrat og ammonium viser også noe lavere nivå.

Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat i nedbør har avtatt signifikant siden 1980 på alle målesteder. I perioden 1980-2009 var reduksjonen i sulfatkonsentrasjoner mellom 61 % og 88 %; fra 1990 mellom 52 % og 76 % reduksjon, men ikke signifikant trend på Karasjok pga relativt markant økning siste året. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat har en signifikant reduksjon siden 1980 på Kårvatn og alle stasjonene sør for denne. Reduksjonene har vært på mellom 25 % og 45 %. For ammonium har det vært en signifikant reduksjon ved nesten alle av de samme målestasjonene utenom Vatnedalen og Kårvatn, reduksjonen har vært større enn for nitrat, mellom 45 % og 63 %. Det har vært en økning av ammoniumkonsentrasjonen på Tustervatn og Karasjok. Nitrogentrendene er signifikante også fra 1990, men noe lavere reduksjoner enn sammenlignet med 1980. Basekationer (representert ved kalsium) har også hatt en signifikant reduksjon på flere stasjoner.



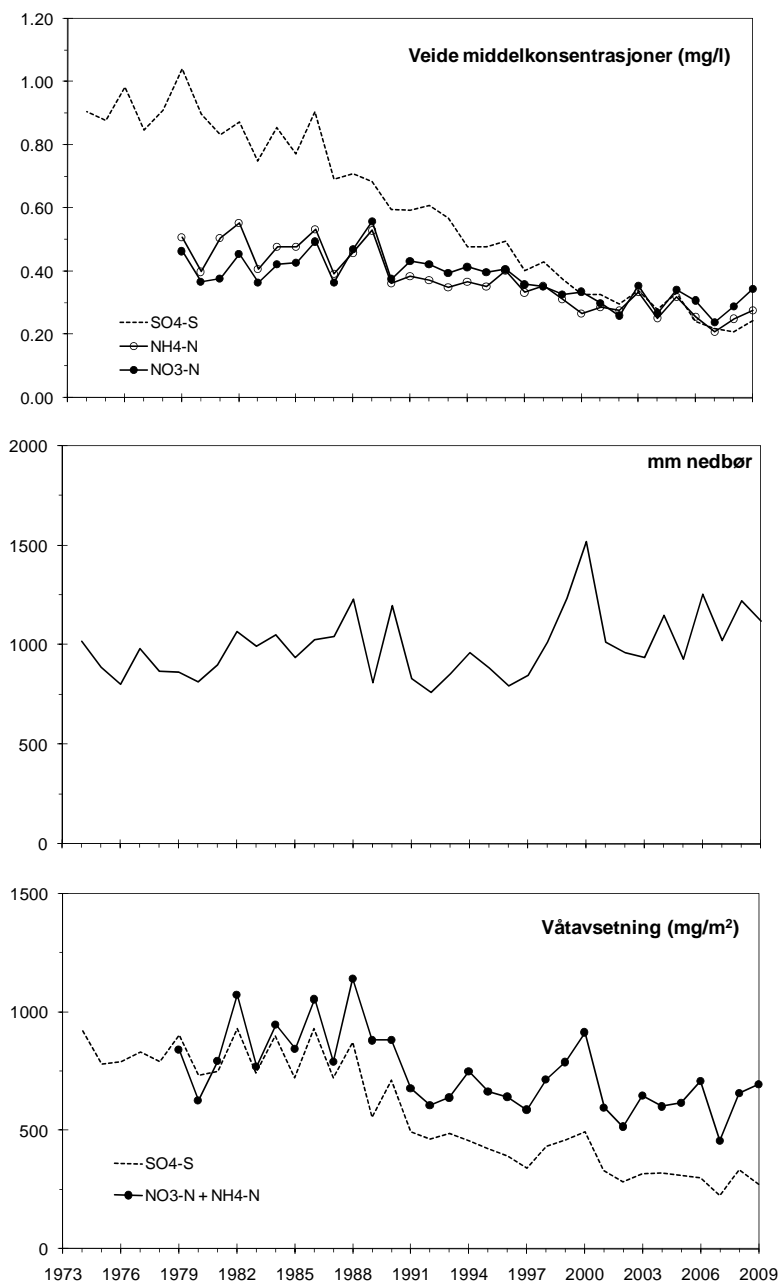
Figur 1. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 2009.

Figure 1. Localities in the monitoring program for atmospheric deposition and ground level ozone in 2009.



Figur 2. Middelskonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 2009.

Figure 2. Annual mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 2009.

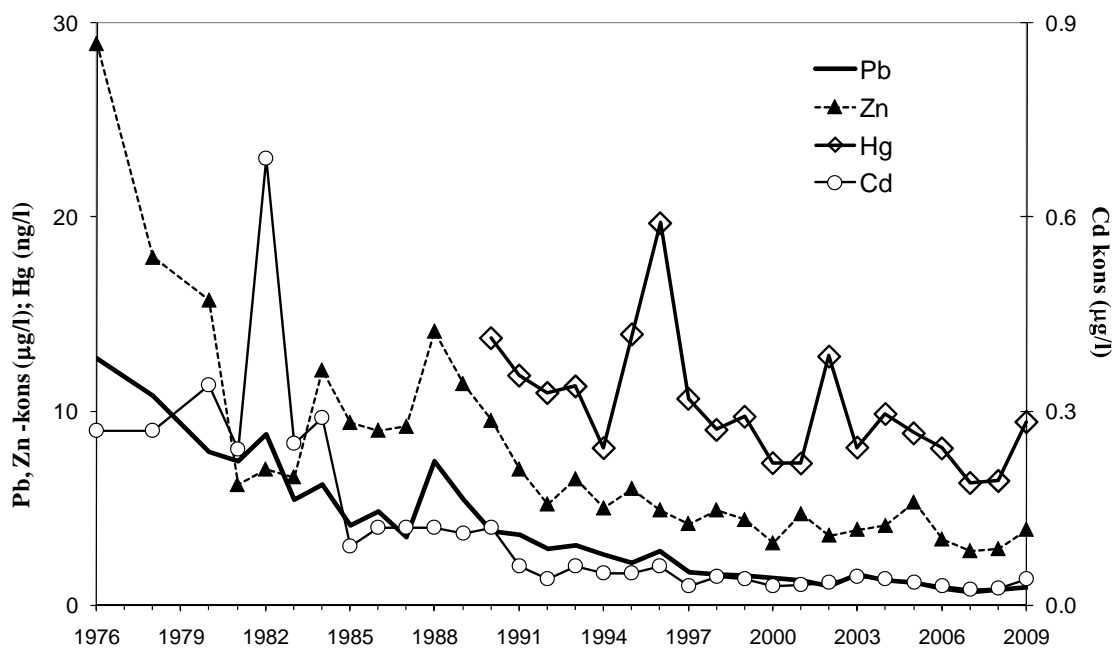


Figur 3. Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter fra 1973 til 2009 for 5 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda 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 2009 based on 5 representative sites in Southern Norway.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly og kadmium ble målt på Svanvik med henholdsvis 1,63 og 0,15 µg/l. Svanvik i Sør-Varanger har også høyest nivå av de andre tungmetallene grunnet store industriutslipp på Kolahalvøya. Våtavsetningen av bly var størst på Birkenes, mens Hurdal hadde høyest avsetning av kadmium og sink. For de andre elementene er det høyest på Svanvik. Generelt har det vært betydelige reduksjoner i både

utslipp og observasjoner for mange tungmetaller, og de største reduksjonene fant sted frem til nittitallet. Blyinnholdet i nedbør har avtatt med ca. 90 % eller mer på stasjoner med målinger fra 1980. Kårvatn med målinger fra 1987 viser en reduksjon på mer enn 70 %, mens Svanvik ikke viser noen signifikant trend. Kadmiuminnholdet har avtatt med 90 % eller mer på Birkenes, Kårvatn og Karasjok siden 1980. Hurdal og Svanvik med observasjoner fra 1987 viser ingen signifikant trend. Innholdet av sink har avtatt med ca. 75 % siden 1980 på Birkenes og Kårvatn. Kvikksølvkonsentrasjon i nedbør på Birkenes er høyere i 2009 enn de siste årene, men for perioden 1990 til 2009 har reduksjonen vært på 49 %, *Figur 4*.



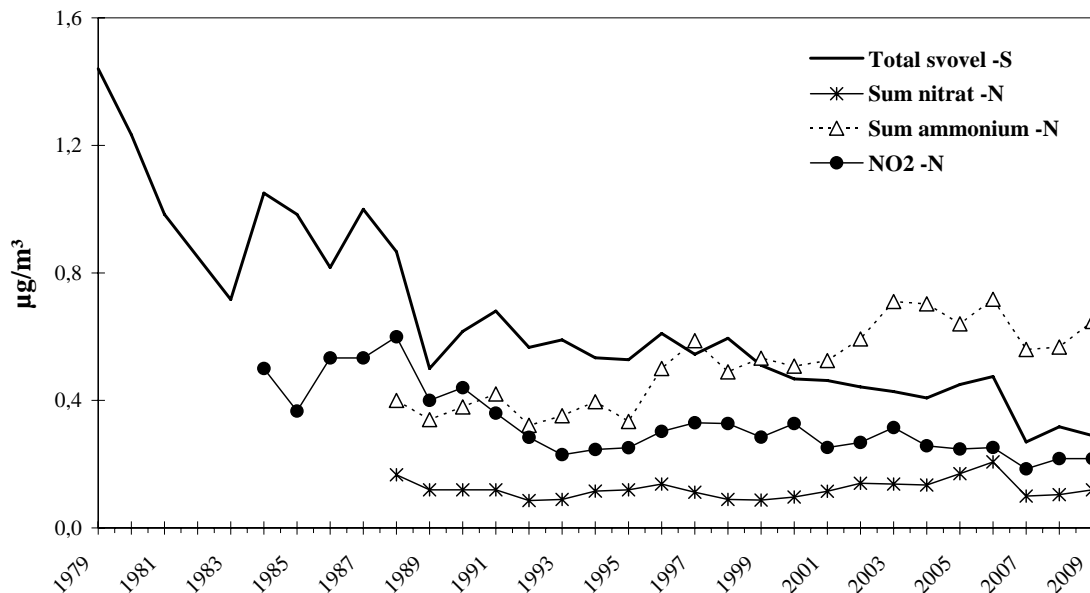
Figur 4. Middelskonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-2008. For kvikksølv er målingene fra Lista i perioden 1990-2003.

Figure 4. Annual mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-2008. For mercury the measurements was at Lista between 1990 and 2003.

2.3 Luftens innhold av forurensninger - tørravsetninger

Årsmiddelskonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med SO_2 -konsentrasjon på Søgne på $0,24 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$ og Karasjok med $0,18 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$. Høyeste døgnmidlet ble målt i Karasjok med $5,8 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$ 8.februar 2009, og trajektoriene for denne dagen viser også at luftmassene kommer fra Kolahalvøya. Høyeste årsmiddel av partikulært sulfat ble målt på Søgne ($0,36 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$). Den høyeste episoden ble observert på Birkenes 28. januar ($1,74 \mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$) hvor trajektoriene viser at luften kommer fra Storbritannia og Nord-Europa. Høyest NO_2 -nivå observeres på Hurdal med årsmiddel på $0,71 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$. Denne stasjonen påvirkes av den store biltrafikken i denne regionen. Den høyeste døgnmiddelverdien av NO_2 ble også målt på Hurdal ($11,8 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$) 24. februar. Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" hadde Søgne med $0,31 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$. Tustervatn har høyest nivå av sum ammonium med $1,06 \mu\text{g N}\cdot\text{m}^{-3}$, men denne stasjonen er påvirket av lokal gårdsdrift.

Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår, beregnet til å være mellom 88 % og 94 % (72-95 % fra 1990), og for sulfat mellom 74 % og 81 % (50-62 % fra 1990) på fastlands-Norge. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk og summen nitrat+salpetersyre i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet i mellom 1986 og 1989. Det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO₂ på flere av stasjonene, *Figur 5*.

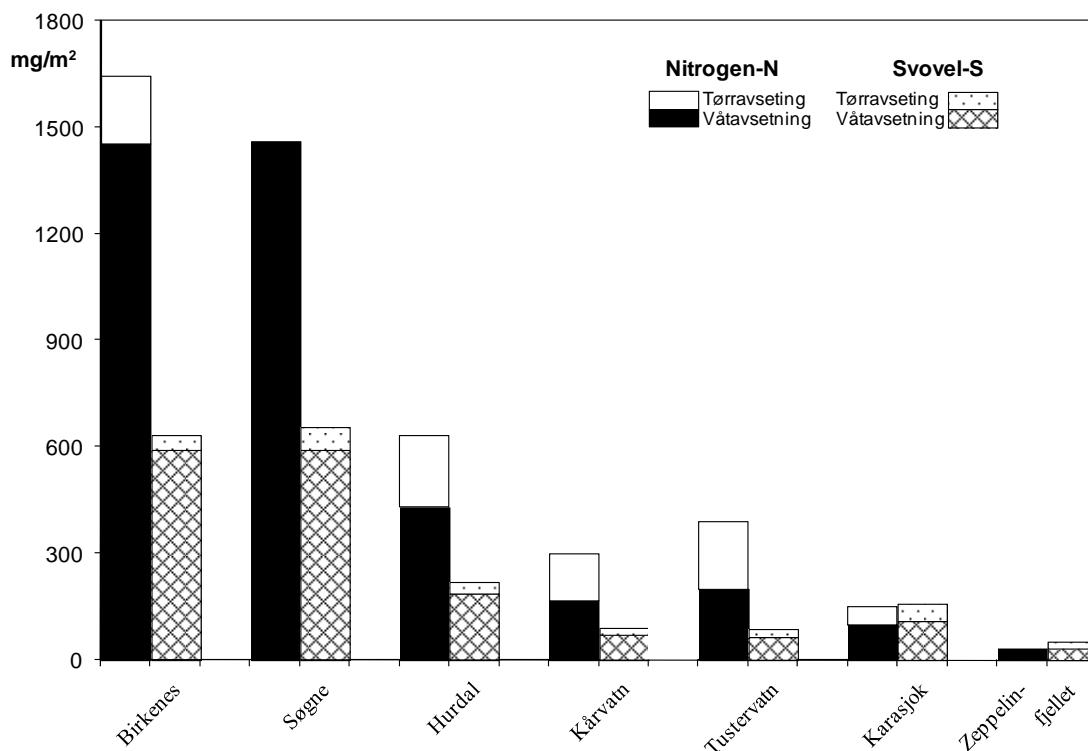


Figur 5. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel (SO₂+SO₄⁻), oksidert nitrogen (HNO₃+NO₃), redusert nitrogen (NH₃+NH₄) og NO₂ på fire norske EMEP-stasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn og Karasjok/Jergul).

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).

2.4 Totalavsetning fra luft og nedbør

Figur 6 viser at våtavsetningen bidrar mest til den totale avsetningen i alle landsdeler. Tørravsetningsbidragene av nitrogenforbindelser på Tustervatn og Kårvatn skyldes delvis lokale ammoniakkutslipp. Tørravsetningsbidraget er kun beregnet for stasjonene med fullt måleprogram. Bidraget av tørravsett svovel til den totale avsetning var 14-32 % om sommeren og 3-25 % 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. 29 % tørravsetning om sommeren og 40 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.



Figur 6. Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakgrunnstasjoner i 2009.

Figure 6. Estimated total deposition (dry and wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background monitoring sites in 2009.

2.5 Bakkenær ozon

De høyeste maksimumsverdiene i 2009 ble registrert på Sandve ($142 \mu\text{g m}^{-3}$) og på Prestebakke, Haukenes og Kårvatn ($136 \mu\text{g m}^{-3}$), Tabell 1. Dette er ganske lave verdier sammenlignet med EUs grenseverdier og sammenlignet med data fra de norske stasjonene i tidligere år. Variasjonene fra år-til-år er i stor grad styrt av den dominerende meteorologien i de enkelte årene. Den kjølige sommeren i Sør-Norge 2009 bidro til de lave maksimalverdiene for ozon.

Timemiddelerverdiene over $100 \mu\text{g m}^{-3}$ ble målt på alle målestedene. Dette viser at terskelverdien på $100 \mu\text{g m}^{-3}$ er nær den storskala bakgrunnskonsentrasjonen i Nord-Europa, og små endringer i forhold til denne kan dermed gi store utslag i parametere som teller opp antall timer eller dager med overskridelser. EU-direktivene angir en målverdi ("target value") som skal være oppfylt innen 01.01.2010, der antall dager med overskridelse av løpende 8-timers middel på $120 \mu\text{g m}^{-3}$ skal være 25 eller færre. Dette målet er oppfylt på de norske stasjonene med god margin.

Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996) og EUs luftkvalitetsdirektiv (2008), i tillegg er det noen nasjonale grenseverdier (SFT 1992). Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong. Grenseverdien på $50 \mu\text{g m}^{-3}$ som 7-timers middel for kl. 09-16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2009. Middelerverdien var størst på Sandve ($74 \mu\text{g m}^{-3}$). Figur 7 viser 7-timers middelerverdiene for Birkenes i perioden 1985-2009. Figuren viser at

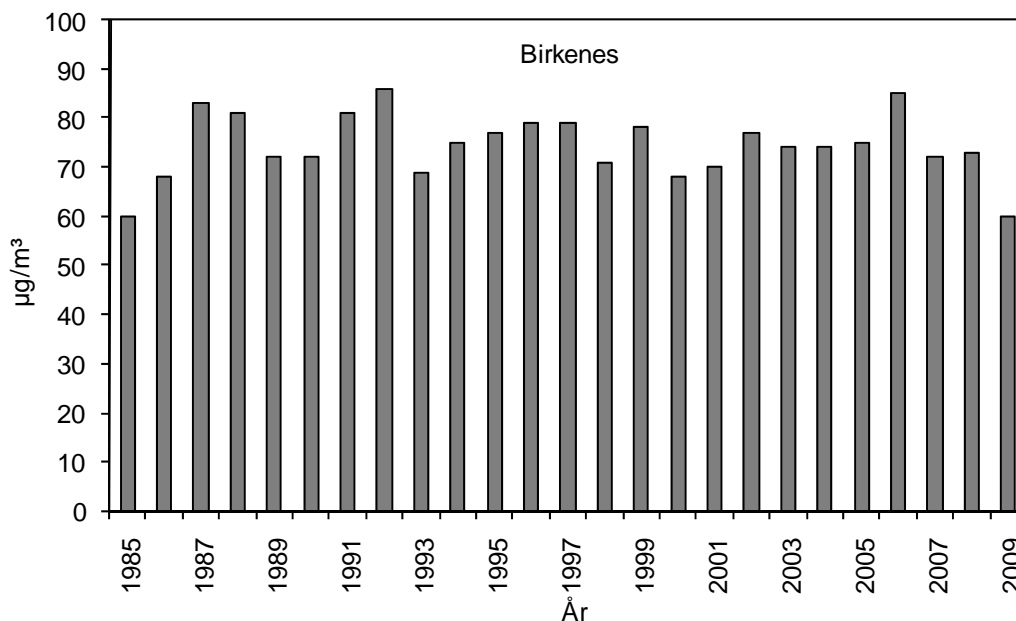
det er en del variasjon fra år-til-år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden, men verdien i 2009 var spesielt lav sammenlignet med tidligere år.

Ozonverdiene ved Birkenes var generelt svært lave i 2009, både sammenlignet med tidligere år og sammenlignet med andre stasjoner i Sør-Norge. Det er ingen åpenbar forklaring på dette.

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 2009.

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 $\mu\text{g m}^{-3}$, 2009.

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	8584	360	223	30					136	2009-08-20
Hurdal *	8708	365	64	18					126	2009-04-25
Haukenes	8157	343	107	30					136	2009-04-25
Birkenes	8410	357	28	8					119	2009-04-26
Sandve	8742	365	144	23					142	2009-08-20
Kårvatn	8729	365	213	32					136	2009-05-01
Tustervatn	8727	365	216	26					133	2009-04-25
Karasjok	8518	357	210	21					119	2009-05-02
Zeppelinfjellet	8681	365	29	4					110	2009-05-08
Sum datoer		365		73						



Figur 7. Middelkonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april-september) ved Birkenes i perioden 1985-2009.

Figure 7. Average daytime 7h concentrations of ozone (09-16) for the growing season at Birkenes, 1985-2009.

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 (mai-august), ble ikke overskredet på noen av stasjonene i 2009. Høyest var verdien på Sandve med 2011 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer (april-september) for skog ble heller ikke overskredet på noen stasjoner i 2009. Den høyeste verdien var 4276 ppb-timer på Sandve.

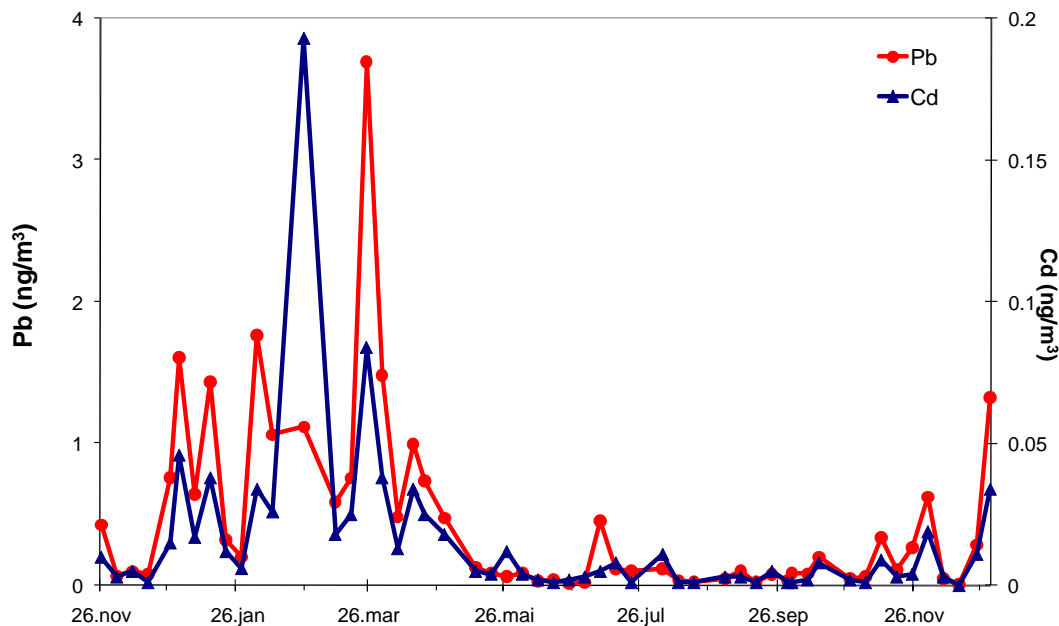
2.6 Sporelementer og organiske forbindelser ved Birkenes (CAMP) og Ny-Ålesund/Zeppelinfjellet (AMAP)

AMAP (Arctic Monitoring and Assessment Programme) startet i 1994. Programmet omfatter både kartlegging, overvåking og utredning av miljøgiftbelastningen i nordområdet. NILU har målt organiske miljøgifter på ukebasis fra og med april 1993. Comprehensive Atmospheric Monitoring Programme (CAMP) er en av aktivitetene innen Oslo og Paris Kommisjonens (OSPAR) studier av transport av landbasert forurensning til havområdene rundt OSPAR-landene. OSPARs overordnede mål er å redusere utslipp av de studerte forurensningsfaktorene med 50 % i forhold til utslippene i 1985. Tungmetaller og POP'er har vært målt på Lista siden 1991, disse aktivitetene ble flyttet til Birkenes januar 2004.

Måned- og årsmiddelkonsentrasjoner av tungmetaller i luft på Zeppelinfjellet er generelt 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 værsystemer: Et høytrykkssystem over Sibir presser den arktiske front lenger sør vinter og vår, slik at viktige forurensningsområder kommer innenfor de arktiske luftmasser denne perioden. På Lista/Birkenes er det en signifikant reduksjon i luftkonsentrasjon for Cr, Pb og V. Mest markant er reduksjonen i Pb med 65 % siden 1991. På Zeppelin er det signifikant reduksjon i luftkonsentrasjonene for As, Cr, Ni og V for perioden 1994-2009. De største utslippsreduksjonene for tungmetaller var dog på 70- og 80-tallet. Disse reduksjonene fanges ikke opp av luftmålingen slik man ser for tungmetaller i nedbør (*Figur 4*).

2009 var det femte 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 2009 var $10,5 \text{ pg m}^{-3}$. Dette er den laveste verdien som er målt på Birkenes. 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 2009. Middelverdien for sum PCB på Birkenes for 2008 var $3,95 \text{ pg m}^{-3}$ som er det laveste observert siden målingene startet i 2004. Dette gjenspeiles for alle PCB kongenerer. I 2008 ble det satt i gang kontinuerlig overvåking av PAH på Birkenes, og konsentrasjonene for sum PAH var $5,5 \text{ ng m}^{-3}$ i 2009. Til sammenligning var middelverdien for sum PAH på Zeppelin i 2009 på $2,6 \text{ ng m}^{-3}$, som er noe høyere enn verdien fra 2008. Men generelt på Zeppelinstasjonen var det lave verdier i 2009, de observerte årsmidlene er de laveste siden målingene startet for parameterne sum HCH, sum DDT, sum PBDE og sum HBDE, mens sum klordaner og HCB hadde nesten uendret verdi i forhold til i 2008. Sum

PCB hadde et lavere årsmiddel enn i de fire foregående år og nest laveste siden år 1999. Også i nedbør på Birkenes, ble det observert gjennomgående lave verdier for organiske miljøgifter.



Figur 8. Ukentlig luftkonsentrasjon av Pb og Cd på Zeppelinfjellet, Ny-Ålesund i 2009.

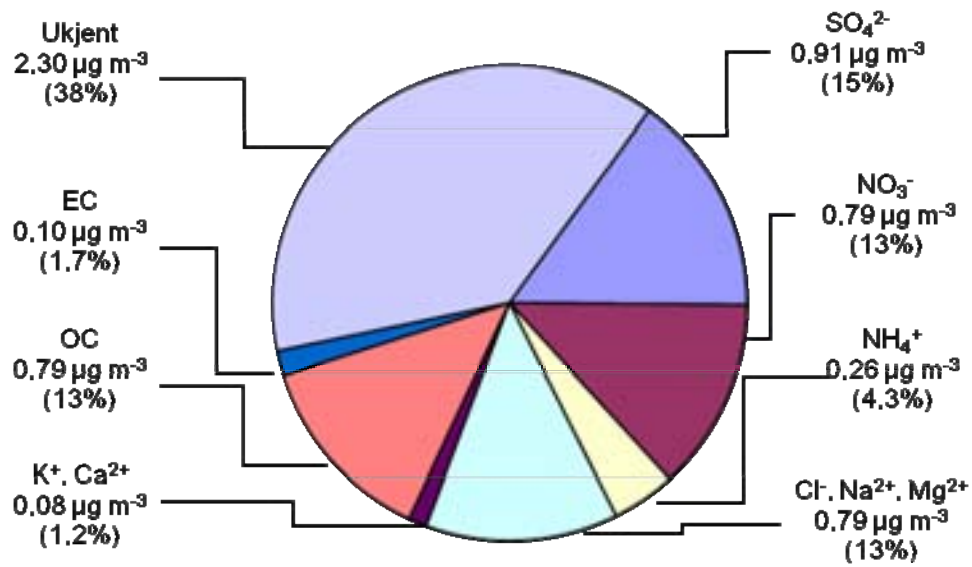
Figure 8. Weekly measurements of Pb and Cd at Zeppelin, Ny-Ålesund in 2009.

2.7 Partikler (PM₁₀ og PM_{2,5}) 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. Partiklenes kjemiske sammensetning gir informasjon om utslippskilder samt fysiske og kjemiske prosesser som finner sted i atmosfæren.

For 2009 var årsmidlet for PM₁₀ 6,0 µg m⁻³, hvilket er 0,4 µg m⁻³ lavere enn gjennomsnittsverdien for perioden 2000 - 2009. Årsmidlet for 2009 er omtrent uendret i forhold til det foregående året. Årsmidlet for PM₁₀ ligger langt under den årlige grenseverdien satt av EU (40 µg m⁻³), samt de reviderte retningslinjene fra WHO (20 µg m⁻³). For PM_{2,5} var årsmidlet 3,6 µg m⁻³, hvilket er 0,3 µg m⁻³ lavere enn gjennomsnittsverdien for perioden 2001 - 2009.

Det er estimert at de uorganiske forbindelsene og de karbonholdige fraksjonene som er analysert, til sammen utgjorde i overkant av 60 % av PM₁₀. Den gjennomsnittlige kjemiske sammensetning (massebalanse) av PM₁₀ på Birkenes for 2009 er illustrert i Figur 9.



Figur 9. Gjennomsnittlig kjemisk sammensetning (massebalanse) av PM_{10} på Birkenes for 2009.

Figure 9. Mean chemical composition of PM_{10} at Birkenes in 2009.

3. 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 10*, 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 10. Inndeling av Norge i 10 regioner basert på forurensningsbelastning (S- og N-deposisjon), meteorologi og biogeografi. Punktene viser biologiske overvåkingslokaliteter i 2009.

Figure 10. Regional division of Norway based on extent of acidification, meteorology and biogeography. Dots show biological monitoring sites in 2009.



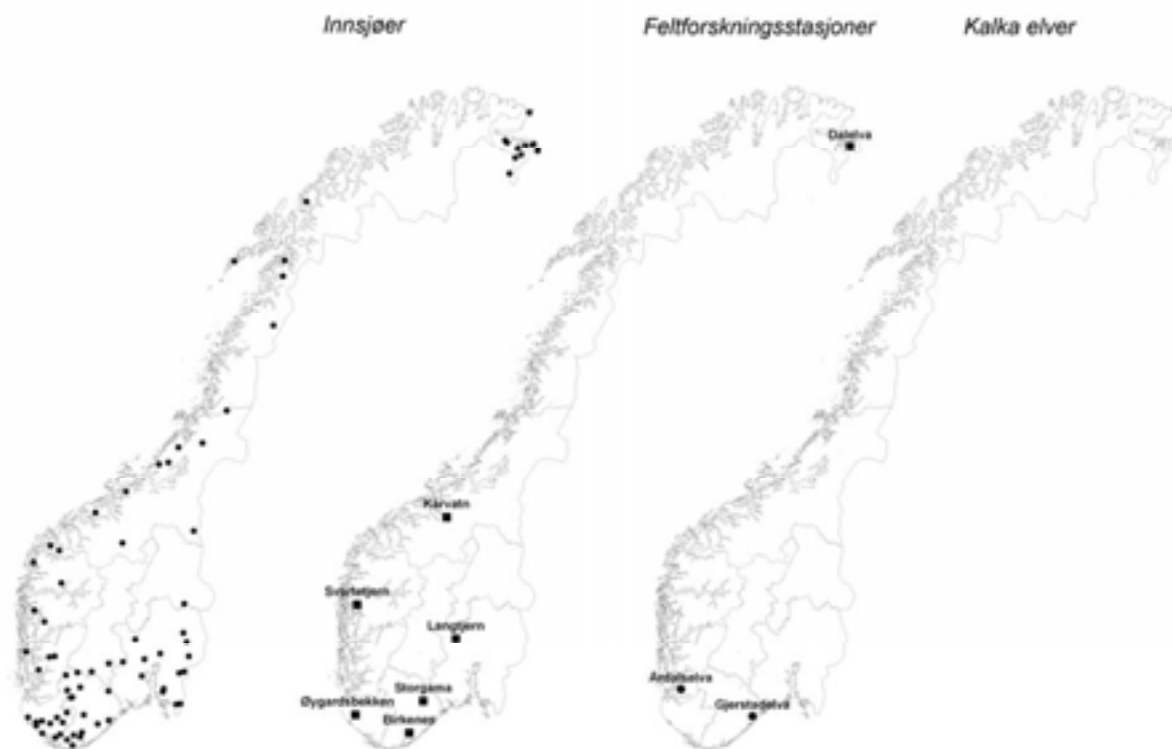
Vannkjemisk overvåking

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 11*). 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 11. Lokalteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 2009.

Figure 11. Locations in the surface water monitoring programme 2009.

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 forurensningsreduerende tiltak over tid. Utvalget av overvåkingslokaliteter for biologiske undersøkelser er mindre egnet for å studere regionale forskjeller i forurensningsskader og -utvikling.

Innsjøprogrammet omfattet opprinnelig omkring 100 innsjøer, hvorav 10 lokaliteter undersøkes hvert år mht. 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 gradvis redusert fra 2002, og antall Gruppe 3-sjøer er nå mer enn halvert. I 2009 ble totalt 26 innsjøer undersøkt (*Figur 10*) inklusive en referansesjø i region VIII (Midt-Norge) som er finansiert over Basisovervåkingsprogrammet. Hovedvekt ble lagt på region V (Sørlandet-Vest) i tillegg til årlige innsjøer fordelt på de øvrige ni regionene. Innsjøovervåkingen har pågått siden 1996, og for noen få av innsjøene foreligger det data på bunndyr og krepsdyr fra alle 14 årene. Det gjennomføres dessuten bunndyrundersøkelser i fem vassdrag fordelt på regionene V-VII (to 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. forsurening/forsuringsskader. Forsuringstilstanden er inndelt i fem klasser basert på avvik fra forventet biologisk mangfold i ikke-forsurete lokaliteter: ingen/ubetydelig endring (klasse 1), liten endring (klasse 2), moderat endring (klasse 3), stor endring (klasse 4), svært stor endring (klasse 5). Disse betegnelsene er endret i 2004 i forhold til tidligere år og er nå mer tilpasset terminologien i Vanddirektivet (VD) slik at klasse 1-5 tilsvarer VDs fem klasser for økologisk tilstand. For å kunne gjøre en vurdering av forsureningstilstanden er kunnskap om naturgitte kjemiske og biologiske forhold (naturtilstand) nødvendig. Slike kunnskaper er i mange tilfeller mangelfulle og vår klassifisering vil derfor kun i begrenset grad kunne skille mellom naturlig sure og forsuredde lokaliteter. For å kunne gjøre en vurdering av forsureningsskader (biologi) må man i tillegg kjenne til og ta høyde for eventuelt andre skadeårsaker (reguleringer, overfiske, andre forurensninger med mer). Andre skadeårsaker enn forsurening er forsøkt begrenset gjennom utvalget av overvåkingslokaliteter. Det arbeides kontinuerlig med å forbedre grunnlaget for vurdering av forsureningstilstanden i Norge og dessuten tilpasse en slik klassifisering til kriteriene gitt for vurdering av økologisk tilstand i hht. Vanddirektivet.

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

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

3.1 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 12*). Nedgangen i sulfat varierer fra 41 % for innsjøer i region X (Øst-Finnmark) til 76 % for innsjøer i region II (Østlandet-Sør) for perioden 1986-2009, mens enkeltlokaliteter (feltforskningsstasjoner) i Sør-Norge viser reduksjoner > 80 % for perioden 1980-2009 (*Tabell 2*).

Vannkjemien reflekterer endringer i nedbørkjemien som viser at konsentrasjonene av sulfat i 2009 var gjennomgående lavere eller likt nivå som foregående år. For ammonium og nitrat var konsentrasjonene i nedbør noe høyere enn 2007, men tilsvarende nivåer som tidligere år (se kapittel 2).

Det var en tendens til utflating av nedgangen i sulfat vann og vassdrag fra 2001 til 2006, men perioden 2007- 2009 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 2009 for elver og feltforskningsstasjoner, og for perioden 1986 til 2009 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 2009 for rivers and calibrated catchments and 1986 to 2009 for lakes. The results are based on linear regression.

Innsjøer Region	Antall innsjøer	1986 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2009 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% nedgang fra 1986-2009
I. Østlandet - Nord	1	56	21	-63
II. Østlandet - Sør	15	99	24	-76
III. Fjellregion - Sør-Norge	3	36	10	-72
IV. Sørlandet - Øst	14	62	17	-72
V. Sørlandet - Vest	11	59	16	-73
VI. Vestlandet - Sør	3	33	9	-73
VII. Vestlandet - Nord	5	19	7	-65
VIII. Midt-Norge	10	18	9	-50
IX. Nord-Norge	5	19	8	-58
X. Øst-Finnmark	11	73	43	-41

Elver	Region	1980 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	2009 SO ₄ * $\mu\text{ekv L}^{-1}$	% nedgang 1980-2009
Gjerstad	IV	111	38	-66
Årdalselva	VI	35	14	-58
Feltforskningsstasjoner				
Langtjern	II	74	15	-80
Storgama	II	80	12	-85
Birkenes	IV	128	36	-72
Kårvatn	VIII	15	7	-54

Innsjøovervåkingen viser generelt høyere nitrat-konsentrasjoner i årene før 1996 enn årene fra 1997 og frem til i dag (Figur 12). 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. 2009 viser den laveste gjennomsnittsverdien så langt innen overvåkingen. 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 12) har vist en klar økning i pH selv om år-til-år variasjonene er relativt store (se også Figur 13). Syrenøytraliserende kapasitet (ANC) og alkalitet viser også jevn økning, selv om ANC de to siste årene har avtatt noe pga nedgangen i Ca. Konsentrasjonen av labilt aluminium (uorganisk ”giftig” aluminium) var omtrent uendret fra 2001 til 2007, men har i 2008 og 2009 igjen vist tegn til nedgang.

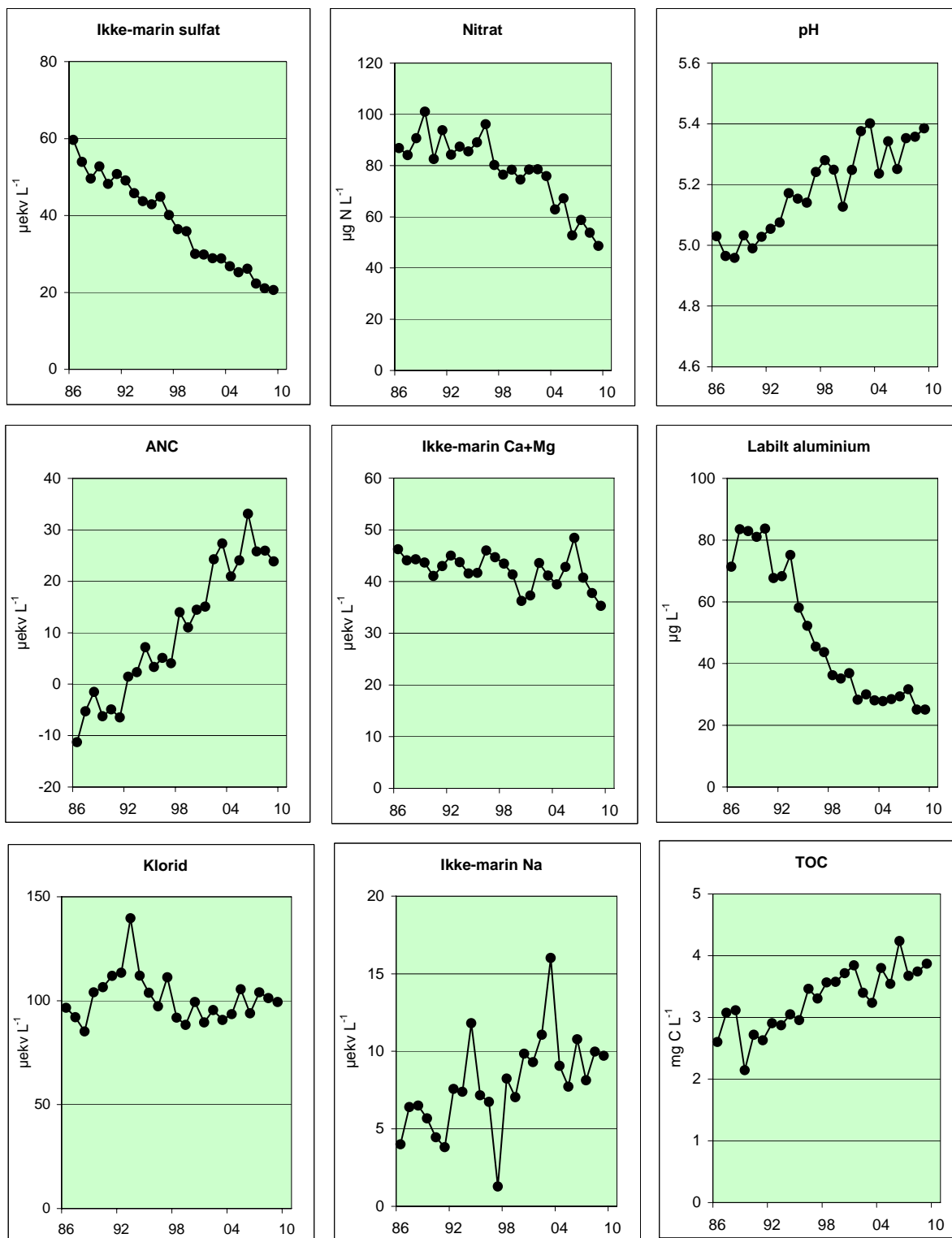
Statistisk beregning av trender for viktige forureningsparametere fordelt på regioner (Tabell 3) viser at endringene vi observerer er signifikante. Sulfat og ANC har store årlige endringer, mens nitrat, H^+ og alkalitet viser små årlige endringer. Basekationene (kalsium og magnesium) viser ingen systematiske trender (øker, avtar, 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 0,003 - 0,208 mg C L^{-1} per år fra 1990 til 2009.

Tabell 3. Tosidig regional Kendall test og estimert trend for perioden 1990-2009. Verdiene angir estimert trend for de enkelte regioner. Signifikante resultater ($p < 0,05$) vises i gult (avtagende) og blått (økende). Enheter for SO_4^* , NO_3 , H^+ , ikke-marine basekationer, alkalitet og ANC er $\mu eq L^{-1} \text{ år}^{-1}$, labilt Al $\mu g L^{-1} \text{ år}^{-1}$, TOC 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 1990-2009. Values are estimated trends. Significant results ($p < 0,05$) shown in yellow (decreasing) and blue (increasing). Units for SO_4^* , NO_3 , H^+ , Ca+Mg*, alkalinity and ANC are $\mu eq L^{-1} yr^{-1}$, labile Al $\mu g L^{-1} yr^{-1}$, TOC mg C $L^{-1} yr^{-1}$. n is the total number of observations in the period (only autumn samples)

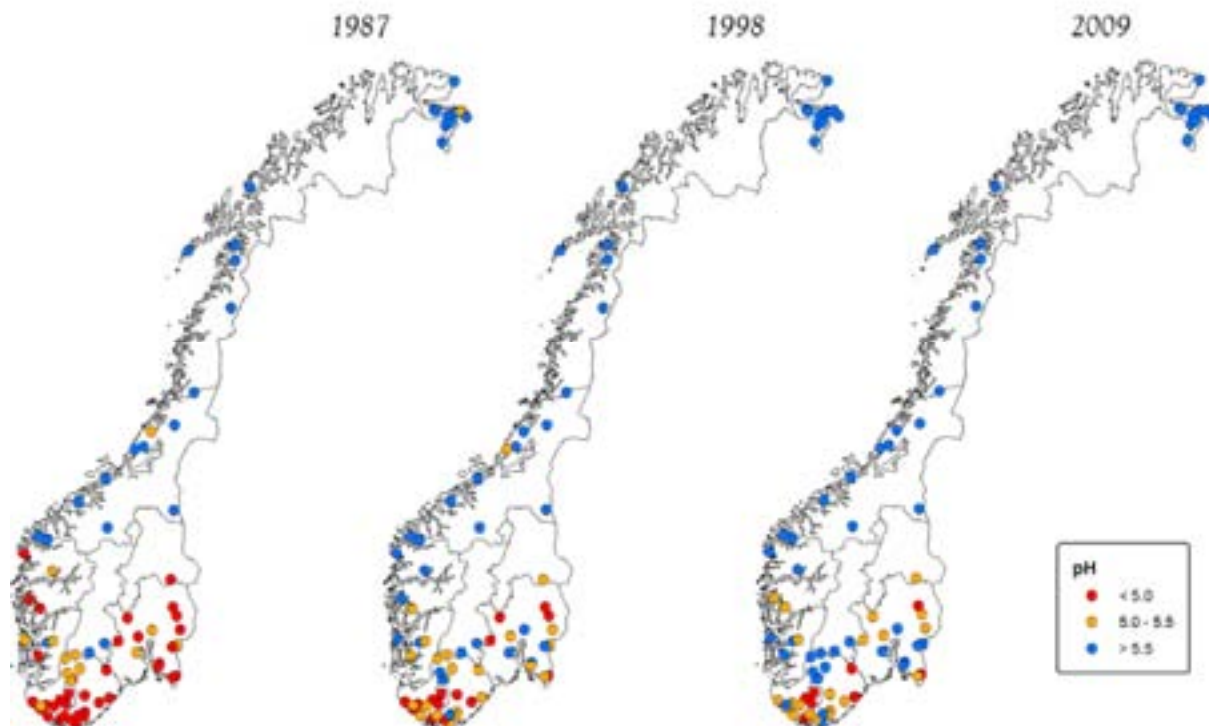
Region	n	SO_4^*	NO_3	H^+	Ca+Mg*	Alkalitet	ANC	Labilt Al	TOC
I. Østlandet - Nord	20	-1.68	-0.03	-0.17	0.40	0.57	2.37	-0.33	0.208
II. Østlandet - Sør	297	-3.09	-0.09	-0.16	-1.09	0.00	2.33	-2.41	0.164
III. Fjellr. - Sør-Norge	57	-1.04	-0.22	-0.09	0.09	0.29	1.75	-1.00	0.013
IV. Sørlandet - Øst	277	-1.57	-0.23	-0.34	-0.24	0.00	1.81	-3.14	0.047
V. Sørlandet - Vest	215	-1.82	-0.34	-0.71	-0.16	0.00	2.57	-7.00	0.047
VI. Vestlandet - Sør	59	-0.87	-0.16	-0.25	0.25	0.00	1.35	-1.25	0.010
VII. Vestlandet - Nord	100	-0.51	-0.11	-0.15	0.12	0.00	0.84	-0.67	-0.001
VIII. Midt-Norge	199	-0.35	-0.03	-0.02	0.36	0.37	0.94	0.00	0.003
IX. Nord-Norge	99	-0.46	-0.02	-0.03	0.34	0.60	1.24	0.00	0.011
X. Øst-Finnmark	215	-1.11	-0.01	-0.02	0.01	0.71	1.65	0.00	-0.001

Gjennomsnittlig endring i 78 innsjøer fra hele landet



Figur 12. Endring i gjennomsnittlige konsentrasjoner for et utvalg av komponenter i 78 innsjøer fra 1986-2009 fordelt over hele landet (se Figur 11).

Figure 12. Trends in average concentrations of a selection of components in 78 lakes from 1986-2009 all over Norway (see Figure 11 for locations).



Figur 13. pH i overvåkingsinnsjøene i 1987, 1998 og 2009. Figuren illustrerer tydelig forbedringen i forurensnings situasjonen, ved at sjøene blir mindre sure (får høyere pH).

Figure 13. pH in the monitoring lakes in 1987, 1998 and 2009. The figures clearly illustrate the improvement in surface water acidification, with increasing pH in the lakes.

Trender for perioden fra 1986 til 2009 for de 10 ulike regionene er framstilt i Figur 14-Figur 19. Hvert punkt på disse kurvene representerer gjennomsnittsverdier for et antall innsjøer (se Tabell 2 for antall innsjøer). Det er de samme lokalitetene som har inngått i programmet hvert år siden 1986.

Østlandet – Nord (region I)

Regionen Østlandet – Nord strekker seg fra skogkledde områder i sør til trebare og alpine områder i nord. Forurensningsbelastningen er lav, likevel ser vi en stabil nedgang i sulfat fra år-til-år, samtidig med en klar bedring i vannkvalitet mhp forurensning. I denne regionen har vi bare én lokalitet, men den er typisk for forurensningsfølsomme sjøer i denne regionen. Fra 2001 til 2007 flatet konsentrasjonen av ikke-marin sulfat ut på et nivå mellom 25-28 $\mu\text{ekv L}^{-1}$, men 2009 viser den laveste konsentrasjonen av sulfat hittil på 21 $\mu\text{ekv L}^{-1}$. pH viser økende trend fra pH < 5,3 før 1993 til > 5,5 etter 2002. Både 2006 og 2009 viser lave pH-verdier på hhv 4,89 og 5,20. Begge årene er dette sammenfallende med svært høye konsentrasjoner av TOC. I denne innsjøen er TOC vanligvis i konsentrasjonsintervallet 4-6 mg C L^{-1} , men øker til 13,5 mg C L^{-1} i 2006 og 10,0 mg C L^{-1} i 2009. Dette er mest sannynlig årsaken til de lave pH-verdiene disse to årene. 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 til 2009 (med unntak av 2008) har verdien vært > 50 $\mu\text{ekv L}^{-1}$. 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 nedgang i perioden. I 2009 var gjennomsnittskonsentrasjonen $1 \mu\text{g L}^{-1}$, som er den laveste verdien som analysemetoden vi bruker, kan måle. Organisk karbon (TOC) viser en signifikant økning i denne lokaliteten.

Østlandet – Sør (region II)

Region Østlandet – Sør er skogdekket, og har det høyeste nivået av TOC av alle regionene. Flere av sjøene har TOC fra 15 til 20 mg C L^{-1} . I denne regionen finner vi også det høyeste sulfatnivået. Dette skyldes en kombinasjon av høy belastning og relativt lite nedbør og lange oppholdstider i sjøene. Innsjøene i denne regionen har vist en kraftig forbedring i forsuringssituasjonen gjennom overvåkingsperioden. Ikke-marin sulfat er redusert med gjennomsnittlig 76 % fra 1986 til 2009 i de 15 sjøene som representerer denne regionen. Sulfatkonsentrasjonene i 2009 ($27 \mu\text{ekv L}^{-1}$) er på samme nivå som i 2008, og er de 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 2009, 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 $0 \mu\text{ekv L}^{-1}$, i perioden 1992-1997 $15-20 \mu\text{ekv L}^{-1}$, 1998-2003 $25-40 \mu\text{ekv L}^{-1}$ og siden 2003 $> 40 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Gjennomsnittskonsentrasjon av ANC i 2006 var $57 \mu\text{ekv L}^{-1}$, og dette er den høyeste verdien som er registrert så langt. Innsjøene som representerer denne regionen, hadde ikke alkalitet fram til 1993 ($< 1 \mu\text{ekv L}^{-1}$). Siden da har bikarbonatsystemet sakte bygget seg opp og nivået er nå omkring $10 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Gjennomsnittsverdien av labilt Al var i perioden fram til 1994 $> 90 \mu\text{g L}^{-1}$, men har siden avtatt markert. Fra 2001 til 2007 har labilt Al vært $< 65 \mu\text{g L}^{-1}$, og fra 2008 $< 50 \mu\text{g L}^{-1}$. Det er nedgang i nitrat (signifikant for perioden 1990-2009), mens TOC har vist en jevn økning gjennom hele 90-tallet; fra $< 9 \text{ mg C L}^{-1}$ frem 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 skrynn jord og lite vegetasjon. Dette reflekteres blant annet i lave nivåer av TOC i innsjøene ($< 1 \text{ mg C L}^{-1}$) og generelt lavt innhold av basekationer (Ca $< 0,6 \text{ mg L}^{-1}$). 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 72 % fra 1986 til 2009. I årene 2000-2006 var gjennomsnittsnivået for sulfat tilnærmet uforandret ($15-17 \mu\text{ekv L}^{-1}$), men 2008 og 2009 viser det laveste nivået registrert så langt ($12 \mu\text{ekv L}^{-1}$). ANC har vist en jevn økning hele perioden fra $< 10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ fram til 1998 og $> 20 \mu\text{ekv L}^{-1}$ siden 2004. I 2006 var gjennomsnittsverdien på $29 \mu\text{ekv L}^{-1}$ som er 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 $> 30 \mu\text{g L}^{-1}$ i perioden 1986-1990 til konsentrasjoner $< 15 \mu\text{g L}^{-1}$ etter 1997. Nitrat viser nedgang fra nivåer $> 80 \mu\text{g N L}^{-1}$ før 1999 og $< 55 \mu\text{g N L}^{-1}$ siden 2004. Gjennomsnittskonsentrasjonen i 2007 på $40 \mu\text{g N L}^{-1}$ er den laveste som er registrert så langt. TOC viser en svak økning på gjennomsnittlig $0,013 \text{ mg C L}^{-1}$ 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 72 % fra 1986 til 2009. Nedgangen i sulfat flatet noe ut fra 2000-2006, men har de tre siste årene (2007-2009) ligget på et konsentrasjonsnivå fra $19-21 \mu\text{ekv L}^{-1}$. 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 2009 var 5,31. ANC har vært sterkt negativ med konsentrasjoner $< -20 \mu\text{ekv L}^{-1}$ fram til 1991. Siden 2002 har gjennomsnittsnivået vært $> 10 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Tilsvarende gjelder for alkalitet som fram til 1993 var $< 0 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Fra 1994 til 2008 har alkaliteten økt gradvis til $> 5 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Labilt Al har avtatt fra nivåer $> 100 \mu\text{g L}^{-1}$ fra 1986 til 1993 til $< 45 \mu\text{g L}^{-1}$ siden 2001. Konsentrasjonsnivået av LAI har imidlertid holdt seg på samme nivå siden 2001. Det er en avtagende trend i nitrat fra konsentrasjoner $> 130 \mu\text{g N L}^{-1}$ fram til 1996 til $< 100 \mu\text{g N L}^{-1}$ siden 2003. 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 $< 3 \text{ mg C L}^{-1}$ i perioden 1986 til 1995 til $> 3 \text{ mg C L}^{-1}$ siden 1996.

Sørlandet – Vest (region V)

Regionen Sørlandet – Vest er dominert av heiområder med lite jordsmonn og lite vegetasjon. Denne regionen har den høyeste forurensningsbelastningen. Det er også i denne regionen vi finner de mest forsurede innsjøene. De 11 innsjøene som representerer denne regionen, har i 2009 de laveste gjennomsnittlige verdiene for pH (5,07) og alkalitet ($1 \mu\text{ekv L}^{-1}$) av alle de ti regionene. Denne regionen har til nå også hatt de høyeste gjennomsnittsverdiene av labilt Al, men nedgangen av LAI i denne regionen har vært kraftigere enn i region II. Nå ligger region II og V på samme nivå. Reaktivt og ikke labilt Al er mye høyere i region II enn i region V siden denne regionen har mye høyere konsentrasjonsnivå av TOC. Denne regionen har også den høyeste gjennomsnittlige konsentrasjon av nitrat som en konsekvens av høy N-deposisjon. Regionen må karakteriseres som betydelig forsuret, men situasjonen er i ferd med å bedres. På samme måte som i de andre regionene, ser vi en kraftig nedgang i sulfat, 73 % fra 1986 til 2009, en økning i pH og ANC og nedgang i labilt Al. Siden 2007 viser pH gjennomsnittsverdier $> 5,0$. 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 ($48 \mu\text{g L}^{-1}$) ble registrert i 2009. Nitrat viser nedgang, og gjennomsnittskonsentrasjonen i 2009 ($125 \mu\text{g N L}^{-1}$) 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 1995-2009 ($2,3-3,2 \text{ mg C L}^{-1}$).

Vestlandet – Sør (region VI)

Regionen Vestlandet – Sør er preget av lite skog og mye åpne heiområder med til dels lite vegetasjon og skrint jordsmonn. Forurensningsbelastningen er moderat. Nedbørmengdene er store (1500-3000 mm) og dette medfører fortykning av overflatevannet slik at ionestyrken er lav, med lave konsentrasjoner av basekationer (gjennomsnittlig Ca $0,4-0,5 \text{ mg L}^{-1}$) og TOC ($1,5 \text{ mg C L}^{-1}$). Sulfatnivået i innsjøene i regionen er lavt, og innsjøene er moderat forsuret. Nedgangen i sulfat i de tre innsjøene, som representerer denne regionen, er 73 % fra 1986 til 2009. Gjennomsnittsverdien for sulfat i 2007-2009 har vært $10-11 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Denne regionen viste for første gang i 1996 en gjennomsnittlig positiv verdi for ANC, men ANC varierer en del fra år-til-år. I 2009 var gjennomsnitt ANC $15 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Variasjonen i ANC skyldes variasjon i ikke-marine basekationer (kalsium) fra år-til-år. Siden 1996 har pH vært $> 5,4$, og 2008 hadde den høyeste registrerte gjennomsnittsverdien så langt (pH 5,88). I 2009 var gjennomsnittlig pH 5,78. 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 $64 \mu\text{g N L}^{-1}$ i 2008) av samme grunn som i regionen Sørlandet-Vest (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 signifikant trend.

Vestlandet – Nord (region VII)

Region Vestlandet-Nord har mange likhetstrekk med Vestlandet-Sør, men forurensningsbelastningen er lavere og nedbørsmengdene 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 (65 %), og gjennomsnittskonsentrasjonen av ikke-marin sulfat i de 5 sjøene som representerer denne regionen, var $6 \mu\text{ekv L}^{-1}$ i 2009. Region VII har det laveste gjennomsnittlige konsentrasjonsnivået av sulfat av alle de 10 regionene. Dette har resultert i endringer i forsuringsskjemien. ANC har økt fra $< -10 \mu\text{ekv L}^{-1}$ før 1991 til $< 5 \mu\text{ekv L}^{-1}$ siden 2005, mens pH har økt fra $< 5,2$ før 1991 til $> 5,4$ etter 2002 og $> 5,60$ siden 2008. Labilt Al har avtatt fra nivåer $> 25 \mu\text{g L}^{-1}$ til $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$ siden 2001. Nitrat viser en svak nedadgående signifikant 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 $8-10 \mu\text{ekv L}^{-1}$. Region VI, VII, VIII og IX har nå omtrent samme konsentrasjonsnivå av sulfat. 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. 50 % og 58 % fra 1986 - 2009), 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 2001. Begge regionene har vist en svak økning i pH fra starten av overvåkingen, og gjennomsnittsverdien for pH er i 2009 hhv. 5,91 i region VIII og 6,16 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 2009 hhv. 17 og $14 \mu\text{g N L}^{-1}$ i region VIII og IX. TOC viser en svak økning i begge regionene.

Øst-Finnmark (region X)

Region Øst-Finnmark dekker områdene inn mot Kolahalvøya 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 Kolahalvøya økte ytterligere. Innsjøovervåkingen frem til 1991 tydet på at den negative forsuringsutviklingen hadde stoppet opp og stabilisert seg på 1986-nivået. I 1992 var pH-verdiene gjennomgående høyere enn tidligere. Siden 1993 har gjennomsnittlig pH for disse sjøene vært > 6 . I 2009 var gjennomsnittlig pH 6,46, 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 41 % fra 1986 til 2009, og gjennomsnittskonsentrasjonen for 2007-2009 har vært mellom $44 - 45 \mu\text{ekv L}^{-1}$ som er de laveste gjennomsnittskonsentrasjonene som er registrert så langt innen overvåkingen i denne regionen. Konsentrasjonen av labilt Al har i hele overvåkingsperioden 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 2004-2009. Cu-konsentrasjonen har tilsvarende økt fra gjennomsnittlig 1,5 - 2,5 $\mu\text{g L}^{-1}$ i perioden 1990 - 2003, til 2,6 - 3,1 $\mu\text{g L}^{-1}$ i perioden 2004-2009. Dette er mest sannsynlig en respons på den økte deposisjonen av Ni i området.

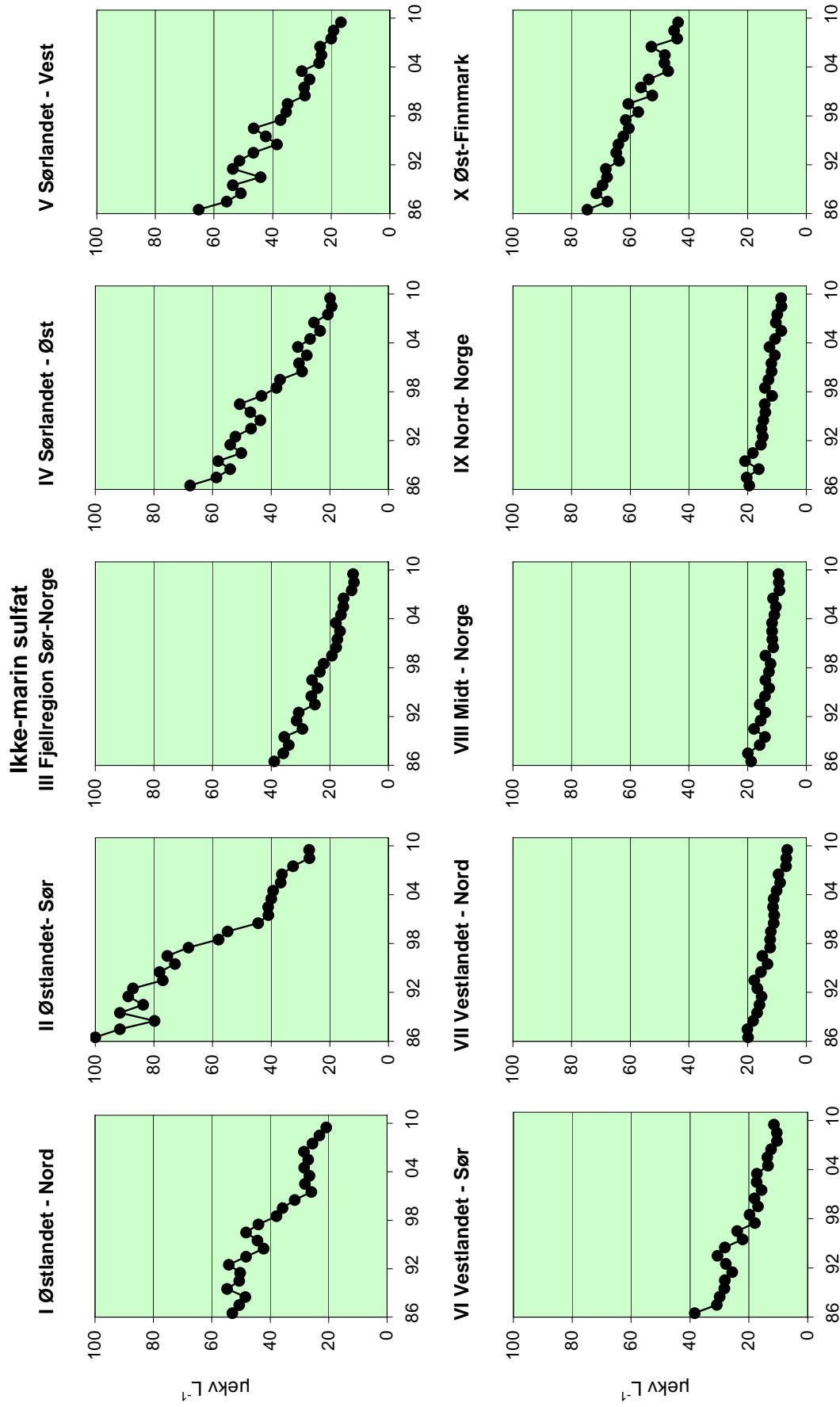


Figure 14. Trends for the period 1986-2009 for non-marine sulphate for lakes in the 10 regions.

Figure 14. Trends for 1986-2009 in non-marine sulphate in lakes in the 10 regions.

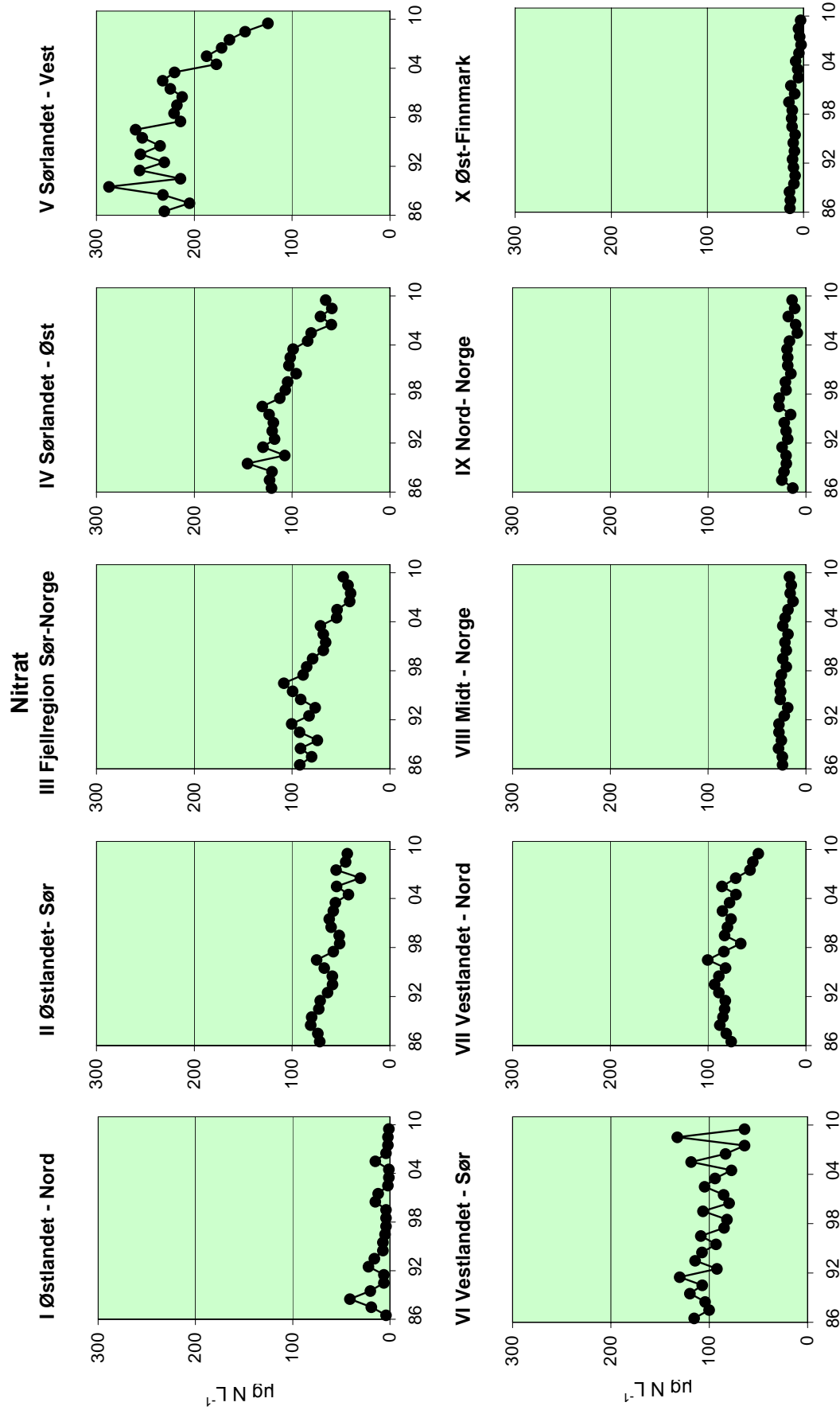
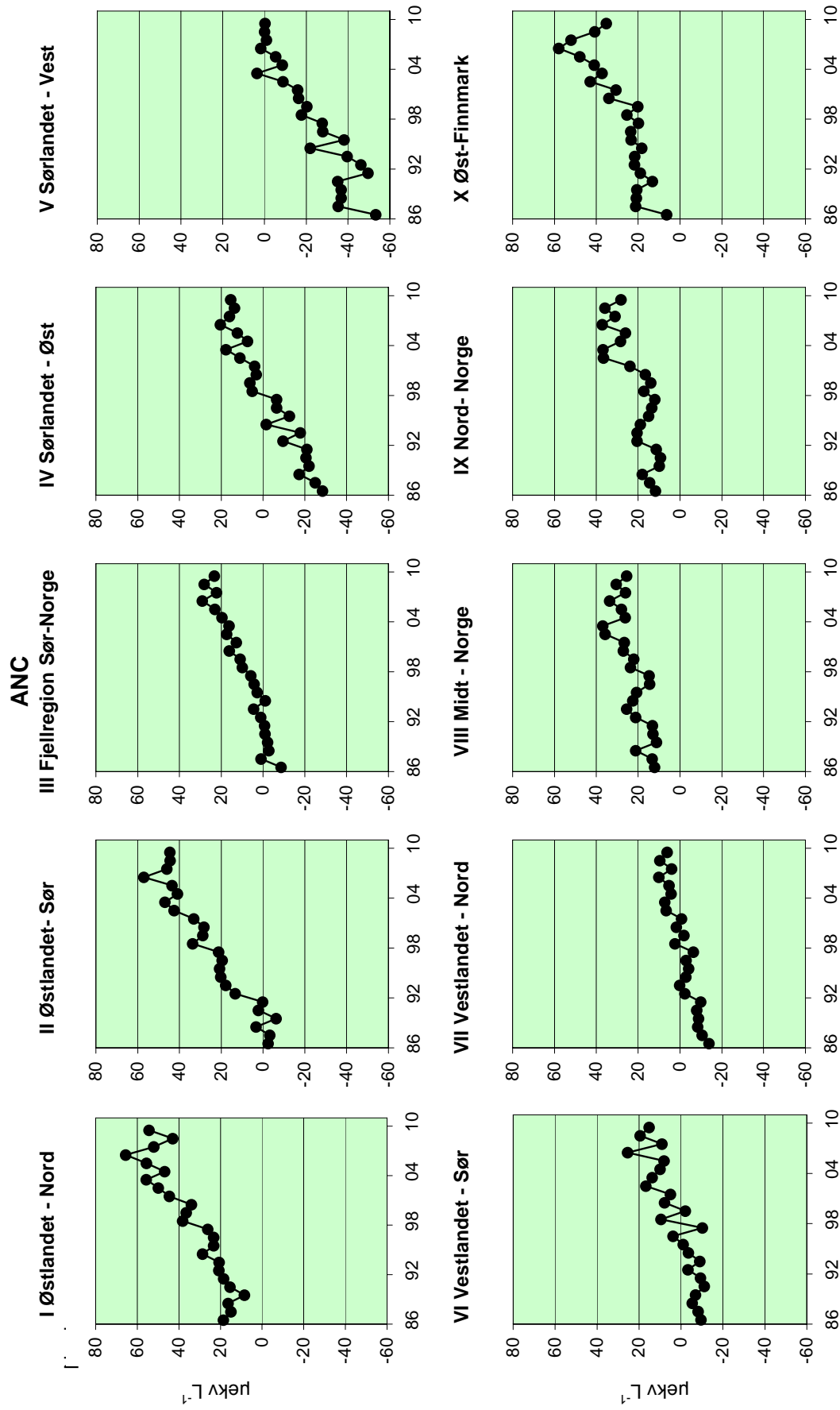


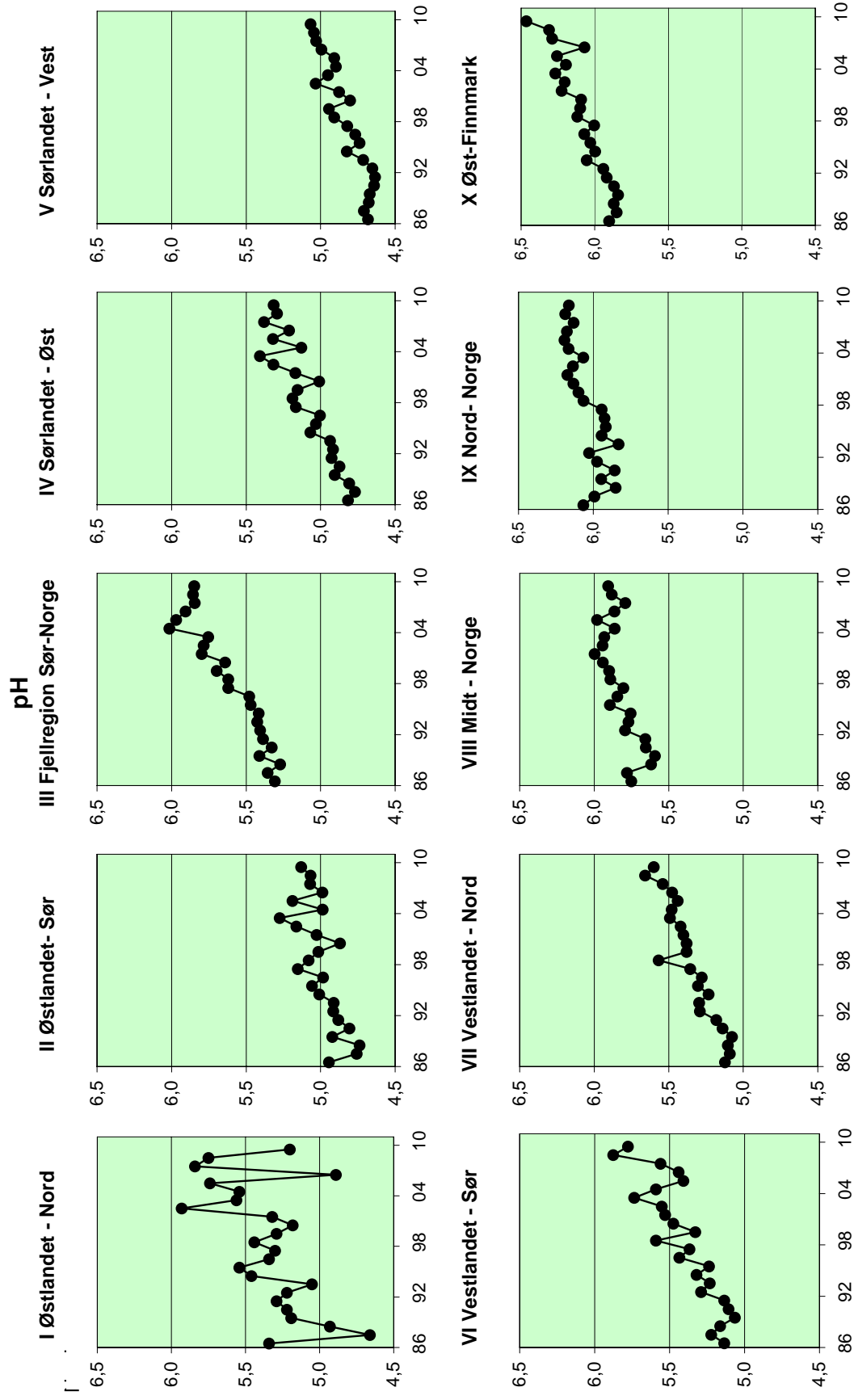
Figure 15. Trends for the period 1986-2009 for nitrate in lakes in the 10 regions.

Figure 15. Trends for 1986-2009 in nitrate in lakes in the 10 regions.



Figur 16. Trends for perioden 1986-2009 for ANC (syrenøytraliserende kapasitet) for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 16. Trends for 1986-2009 in ANC (Acid Neutralizing Capacity) in lakes in the 10 regions.



Figur 17. Trender for perioden 1986-2009 for pH for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 17. Trends for 1986-2009 in pH in lakes in the 10 regions.

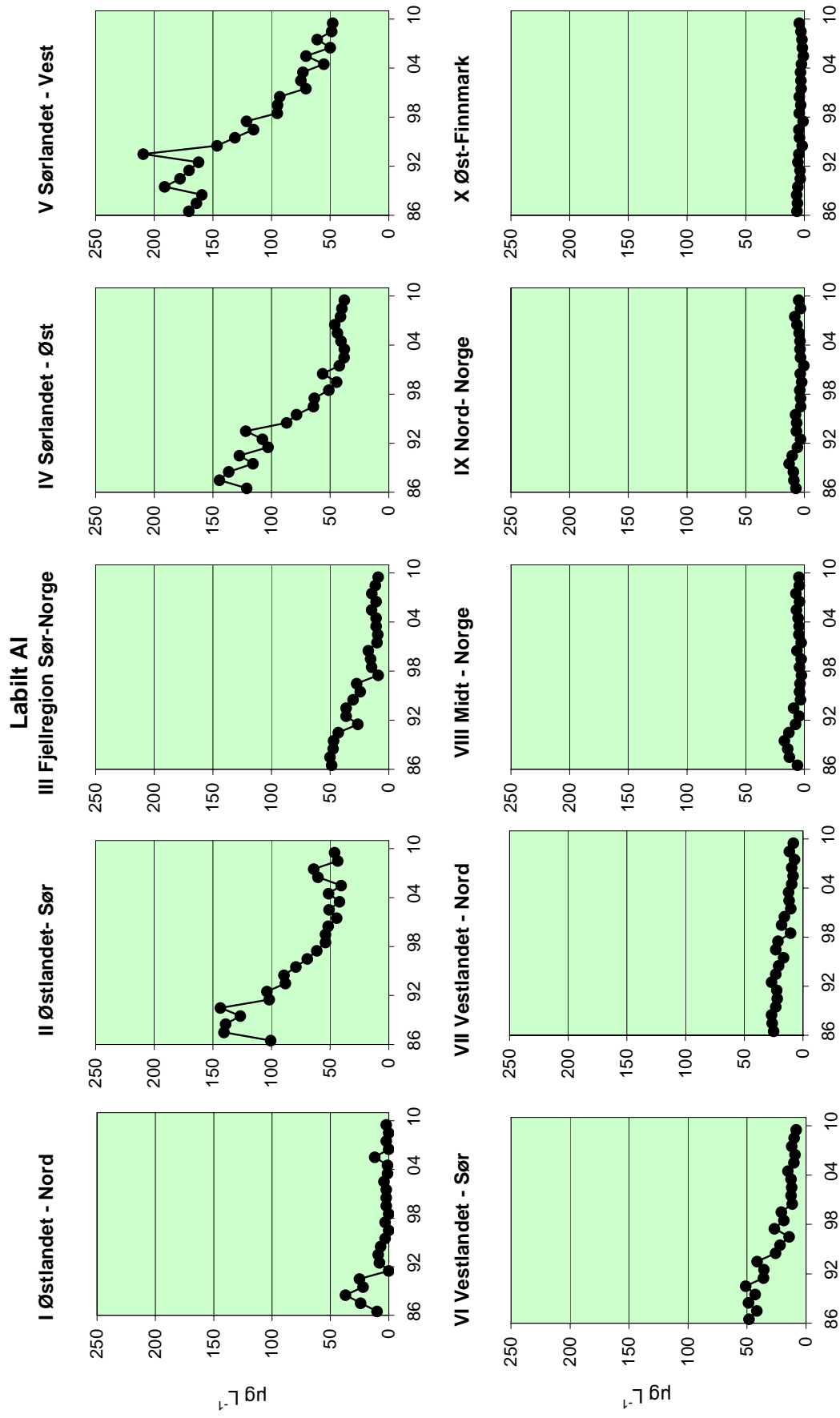
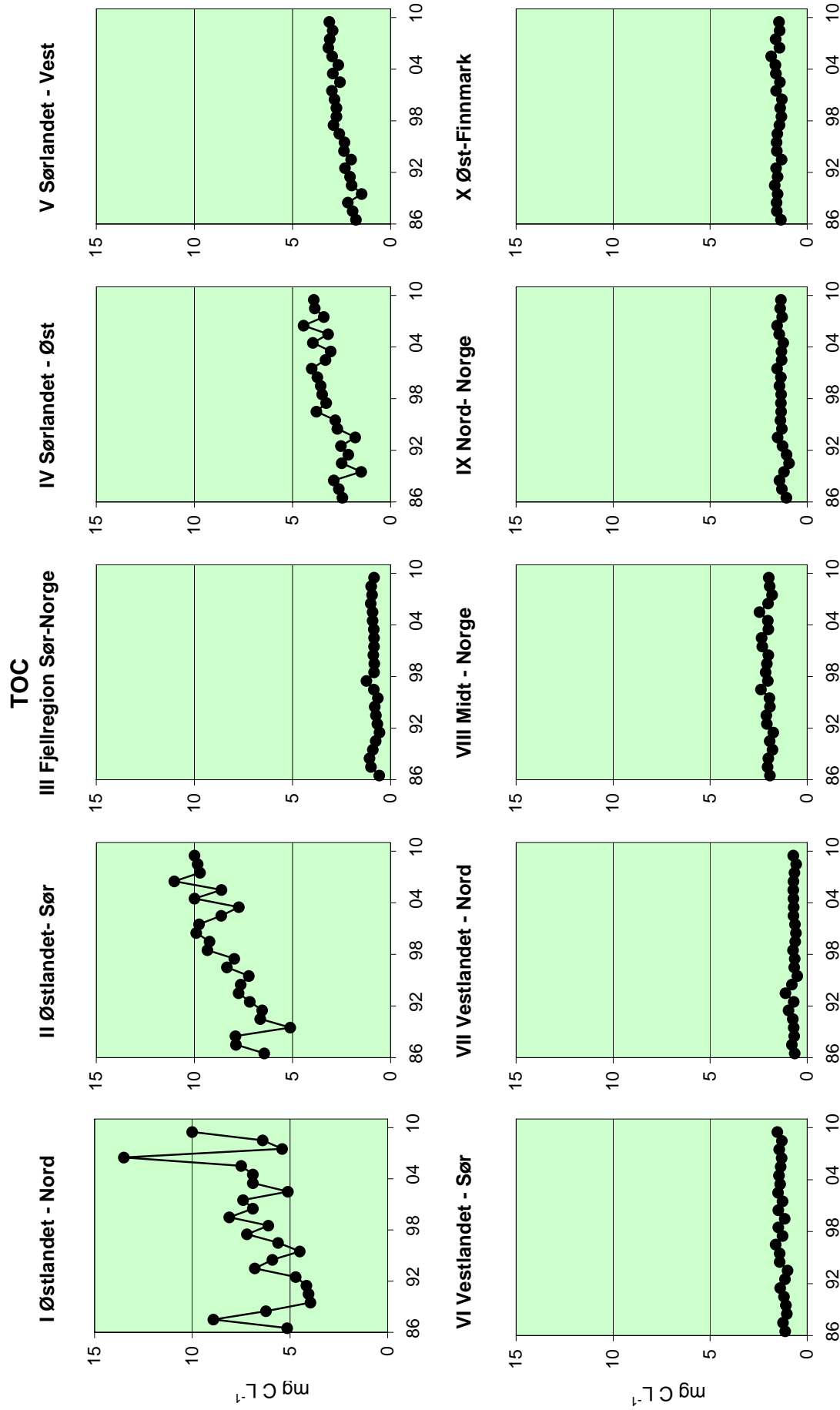


Figure 18. Trends in LAL (labilt uorganisk (bundet) aluminium) for perioden 1986-2009 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 18. Trends in labile Al in lakes in the 10 regions.



Figur 19. Trender i TOC (total organisk karbon) for perioden 1986-2009 for innsjøer i de 10 regionene.

Figure 19. Trends in TOC (Total Organic Carbon) for the period 1986-2009 in lakes in the 10 regions.

3.2 Effekter på akvatisk fauna

3.2.1 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 2009 ble det samlet inn prøver fra fire vassdrag. Ogna ble ikke prøvetatt. Resultatene viser at forurensningsskadene 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 i de senere år. Dette vises blant annet ved at de mest sensitive bunndyrene har problemer med å danne stabile bestander. Som tidligere er det situasjonen om våren som gir det største skadebildet.

Sørlandet - Vest (region V)

Lokalitetene ved Farsund var sterkt forurensningsskadd i perioden 1981-1993 (*Figur 20*). Etter 1993 fulgte en periode der lokalitetene ble kolonisert av moderat forurensningssensitive bunndyrarter. Den vanligste av disse artene, *Hydropsyche siltalai*, ble registrert da overvåkingen av vassdraget startet opp i 1981. I de påfølgende år var den borte i 11 år, for så å dukke opp igjen i 1992. I de senere år har denne bestanden bygget seg opp og stabilisert seg (*Figur 21*). I 2001 ble den sterkt sensitive døgnfluearten *Baetis rhodani* registrert for første gang i området. I de senere år har bestander av denne arten hatt en ustabil forekomst. De største skadene er blitt registrert om våren. I 2005 var arten slått ut i hele området, sannsynligvis som en følge av sterke sjøsaltepisoder vinteren 2005. *B. rhodani* var tilbake igjen i lokalitetene høsten 2006 og 2007 (*Figur 21*), men var på nytt slått ut i 2008. I 2009 ble det kun registrert ett individ av arten. Moderat følsomme bunndyr ser ikke ut til å være nevneverdig påvirket av de ustabile forholdene. Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant bedring ($p < 0,001$) av forurensningsindeksen i Farsundområdet i de årene overvåkingen har pågått.

Vestlandet - Sør (region VI)

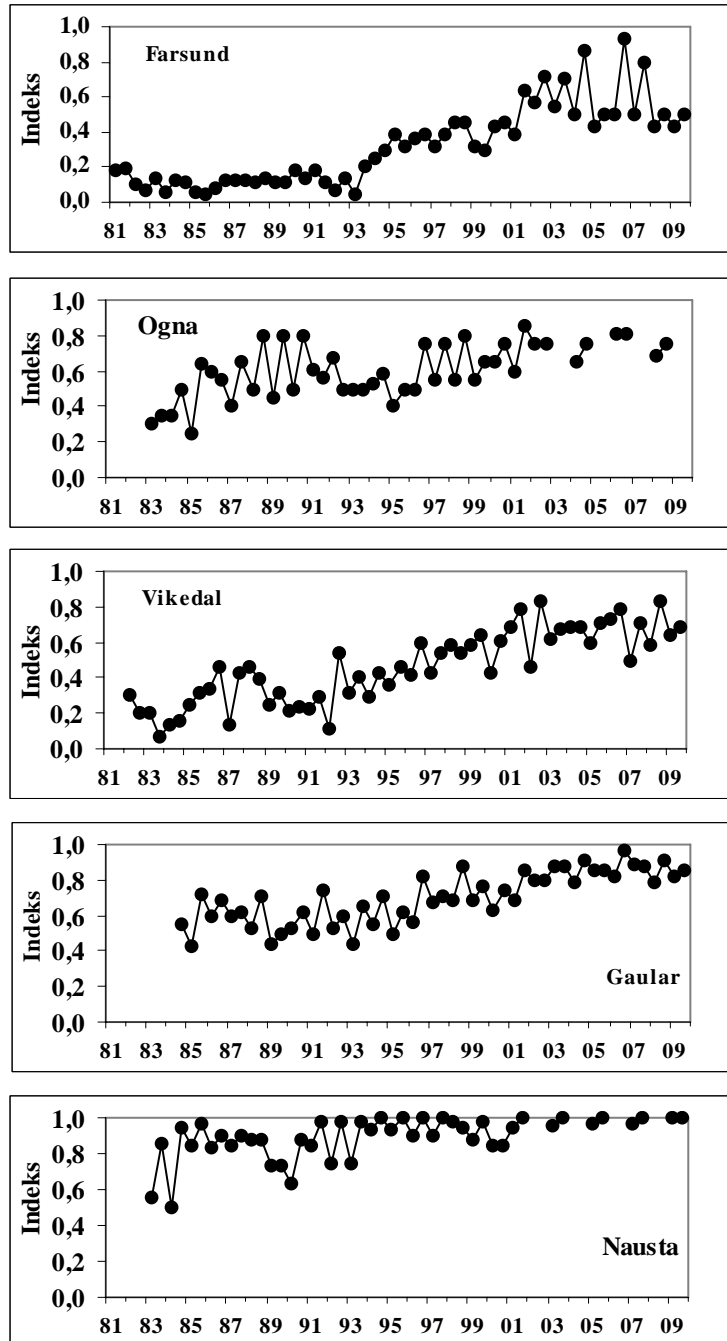
Bunndyrundersøkelsene i de ukalkede delene av Vikedalsvassdraget viste at det ennå er markerte forurensningsskader i deler av nedbørfeltet. Forurensningsindeksene (*Figur 20*) viser at dette vassdraget var sterkt skadd på 1980-tallet. I de senere år har det vært en positiv utvikling av både forurensningsindeksen og det biologiske mangfoldet. I vassdraget finnes det lokaliteter med god vannkvalitet og med en uskadet 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 forurensningsindeksen i Vikedalsvassdraget etter 1990.

Vestlandet - Nord (region VII)

Gaularvassdraget har fortsatt forurensningsskader i Eldalen, men de har avtatt betydelig i de senere år. De største skadene finner vi i de øverste lokalitetene, ved Nystølvatnet. Det ble også registrert forurensningsskader i enkelte sideelver. 2009 var forurensningsindeksen 0,82 om våren og 0,85 om høsten (*Figur 20*). Forurensningsindeksen viser en markert oppgang fra 1993, men har flatet ut i de senere år. Selve hovedvassdraget fra Haukedalen til utløpet i fjorden har en stabil og uskadet bunndyrfauna, med gode innslag av forurensningssensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i de lakseførende deler av vassdraget er god.

Naustavassdraget har hatt en tilfredsstillende utvikling med hensyn på forurensningsskader på bunndyrfaunaen fra overvåkingen startet i 1983. Vassdraget hadde periodevis skader i de ti

første årene. Senere ble situasjonen bedre, og Nausta kan i dag betegnes som det minst forsurete av overvåkingsvassdragene (Figur 20). I 2009 ble det registrert sterkt forsuringssensitive bunndyr på alle overvåkingstasjonene både vår og høst. Bunndyr-samfunnene i de lakseførende deler av vassdraget hadde en normal sammensetning uten tegn på forsuringsskade.



Figur 20. Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. For nærmere forklaring henvises til hovedrapporten.

Figure 20. Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The index is described in the main report.

Regionale bunndyrundersøkelser i innsjøer

Østlandet - Nord (region I)

De årlige innsjøene Atnsjøen og Stortjørna ble undersøkt i 2009. Til sammen fem arter døgnfluer ble registrert i prøvene fra Atnsjøen. Tettheten av den sterkt følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* var høy i utløpselva. Dette indikerer en uskadet fauna. Videre ble det registrert ni arter av steinfluer. Blant disse var det tre moderat følsomme taxa, *Isoperla grammatica*, *Diura nanseni* og *Capnia* sp. Det ble videre påvist ni arter/slekter av vårfluer. Tre av disse er kjent for å være sensitive for surt vann. I 2009 ble det funnet to arter ferskvennsnegl, *Radix balthica* og *Gyraulus acronicus*. Videre ble det også registrert følsomme flimmermark og krepsdyr, *Daphnia* sp., i bunnprøvene. Det biologiske mangfoldet i Atnsjøen var større enn i 2008. Resultatet varierer litt fra år til år med hensyn på antall arter og mengden av sensitive taksa. Forskjellene tolkes som naturlige variasjoner og ikke at samfunnene endrer seg grunnet endret forsuringsbelastning.

Stortjørna har vist moderat til liten forsureningsskade tidligere. *B. rhodani*, som har hatt sporadisk forekomst i de seneste år, ble registrert i 2009. Arten var fraværende i 2008. Vekslingen i forekomst indikerer ustabile forhold og varierende surhetstilstand fra år til år. Det ble registrert en forsureningssensitiv steinflueslekt, *Capnia* sp. Blant vårfluene ble det bare påvist tolerante arter. Lokaliteten må på basis av faunaen i 2009 karakteriseres som lite skadet av forsurening, men sett over tid er tilstanden 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. I Øvre Jerpetjern ble den moderat sensitive døgnfluearten *Siphonurus alternatus* registrert i strandsonen om høsten, mens det bare ble funnet småmuslinger, *Pisidium* sp., i vårprøvene. Den økologiske tilstanden i Ø. Jerpetjern ble samlet vurdert som moderat til sterkt forsureningsskadet. I Langtjern ble det påvist småmuslinger. Bredtjern hadde en sterkt skadet fauna. Samlet viser faunaen i innsjøene i region II at området bærer preg av forsureningsskade, en situasjon som har vært stabil siden overvåkingen startet.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)

I region III ble det samlet inn prøver fra Heddersvatn. Faunaen viser at innsjøens biologiske mangfold var mindre enn det som ble registrert i 2008. Steinfluen *Diura nanseni* ble registrert i strandsonen. I utløpselva ble det ikke registrert sensitive arter, mot tre arter i 2008.

Sørlandet - Øst (region IV)

I region IV ble Lille Hovvatn, Sognevatn og Bjorvatn, undersøkt. I førstnevnte lokalitet ble den moderat sensitive døgnfluen *Siphonurus* sp. påvist i strandsonen. Det ble også registrert småmuslinger (*Pisidium* sp.). Disse observasjonene kan tyde på at Lille Hovvatn er i ferd med å gjenhente seg fra en tidligere sterkt skadet tilstand. Prøvene fra Sognevatn viste et variert biologisk mangfold. I høstprøvene ble det til sammen registrert fire arter døgnfluer, fire steinfluearter og elleve arter vårfluer. Den sterkt følsomme døgnflueslekten *Baetis* ble registrert i utløpsbekken. I denne lokaliteten ble det også funnet to iglearter. Arter innen denne gruppen var tidligere sjeldne på Sørlandet, men har økt sin utbredelse i de senere år, sannsynligvis på grunn av mindre surt nedfall. I Bjorvatnet ble det registrert småmuslinger. Dette vatnet må på basis av de siste års registreringer karakteriseres sterkt forsureningsskadd.

Sørlandet - Vest (region V)

I region V ble de faste innsjøene Saudlandsvatn, Ljosvatn og Lomstjørni undersøkt. I tillegg ble Indre Espelandsvatnet, Vestre Flogevatn, Dybingsvatnet, Stakkheitjørna og Rundavatnet undersøkt i 2009. I Saudlandsvatn, som undersøkes årlig, ble det i 2009 påvist ni følsomme taksa, det samme som de to foregående år. De seneste års resultater viser at forekomstene av de mest følsomme bunndyrene 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 stabile bestander i Saudlandsvatnet i de seneste årene kan nevnes døgnfluene *Cloeon* sp. og *Siphonurus* sp. samt vårfluene *Tinodes waeneri*, *Oecetis testacea* og *Wormaldia* sp. Alle artene som har kommet tilbake er forventet, men fortsatt mangler det mange som finnes i uforsurete lokaliteter. I Ljosvatn ble det registrert en moderat sensitiv vårflue, *Oecetis testacea*. Lokaliteten vurderes fortsatt som meget sterkt forurensningskadede, men sporadiske funn av sensitive bunndyr kan tyde på at vatnet er inne i en fase av begynnende gjenhenting. I Lomstjørni ble det funnet tolv følsomme taksa bestående av meget følsomme og moderat følsomme arter. Dette er en stor forbedring sammenlignet med 2008, da det ble registrert syv forurensningsfølsomme arter. Døgnfluen *Baetis rhodani* var tallrik i utløpsbekken. I strandsonen ble det registrert flere sensitive døgnfluearter: *Centroptilum luteolum*, *Cloeon simile*, *Caenis horaria* og *Siphonurus alternatus*. Antall følsomme individ er økende, og Lomstjørni fremstår nå som lite forurensningskadede. Resultatene fra innsjøene som undersøkes årlig i region V indikerer en økning i biologisk mangfold. De fleste av de øvrige innsjøene som ble undersøkt i denne regionen i 2009, fremstår som moderat til sterkt skadede. De minste skadene ble registrert i Djupingsvatn og Stakkheitjørna som begge kan karakteriseres som moderat skadede. I førstnevnte vatn ble det funnet ett individ av døgnfluen *Baetis rhodani* i utløpsbekken. I Stakkheitjørna ble det registrert store tettheter av den moderat sensitive vårfluen *Hydropsyche siltalai* i utløpselva. I Indre Espedalsvatn ble det registrert ett individ av en moderat sensitiv steinflue, *Isoperla* sp. I Rundavatn ble det ikke påvist følsomme taksa utenom småmuslinger. Faunaen i Vestre Flogevatn besto av forurensningstolerante arter. Forurensningskaden på faunaen er derfor fortsatt sterk i deler av denne regionen.

Vestlandet - Sør (region VI)

I region VI ble Røyrvatnet undersøkt i 2009. Etter mange år med sterk forurensningskade har Røyrvatnet vist tegn til en begynnende gjenhenting av bunndyrfaunaen i de siste fire årene. I 2009 ble det registrert tre moderat sensitive bunndyrtaksa i lokaliteten: døgnfluen *Siphonurus* sp. samt vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Itytrichia lamellaris*. Røyrvatn synes nå å føye seg til en generell positiv utvikling for regionen, se elveundersøkelsene.

Vestlandet - Nord (region VII)

I region VII ble de årlige innsjøene Markhusdalsvatn, Nystølsvatn og Svartetjern undersøkt. Bunnfaunaen i Markhusdalsvatn var meget sterkt forurensningskadede fauna frem til 1999. Fra dette året er det sporadisk registrert moderat sensitive bunndyrarter i lokaliteten. I 2009 ble det funnet tre moderat forurensningstolerante arter i utløpsbekken: Steinfluen *Isoperla grammatica* og vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Lepidostoma hirtum*. I Svartetjern ble det kun påvist tolerante arter. Nystølsvatn hadde en periode med sterkt forurensningskadede bunnfauna i årene 2000 og 2001. Etter dette har vatnet vist sporadiske tegn til forbedring, med registreringer av moderat sensitive bunndyr. Faunaregistreringene i Nystølsvatnet i 2009 må karakteriseres å være et tilbakeskritt, ettersom det bare ble registrert tolerante taksa. Nystølsvatn er svært ionefattig og følgelig følsom for forurensning.

Midt-Norge (region VIII)

I region VIII undersøkes Svartdalsvatn årlig. I tillegg ble Lundalsvatnet undersøkt i 2009. I Svartdalsvatn ble det påvist tre moderat forsuringssensitive bunndyrarter i strandsonen: døgnfluen *Siphonurus lacustris*, steinfluen *Capnia* sp. og steinfluen *Diura nanseni*. Sistnevnte ble også registrert i strandsonen. Lundalsvatnet hadde et større biologisk mangfold enn Svartdalsvatnet. Her ble det blant annet registrert ti arter av vårfluer. Til sammen syv forsuringssensitive taksa ble registrert. Funn av to sterkt sensitive arter, døgnfluen *Nigrobaetis niger* og sneglen *Radix balthica*, viser at Lundalsvatnet er lite skadet av forsuring.

Nord-Norge (region IX)

I region IX er Nedre Kaperdalsvatn undersøkt siden 1999. Antall registrerte taksa og individer har vært lavt i innsjøen. I 2009 ble det registrert to moderat forsuringfølsomme taksa: steinfluen *Isoperla grammatica* samt småmuslinger. Lokaliteten kan karakteriseres som meget næringsfattig, noe som kan forklare den artsfattige faunaen. Dette tilsier også at innsjøen er svært følsom for surt nedfall.

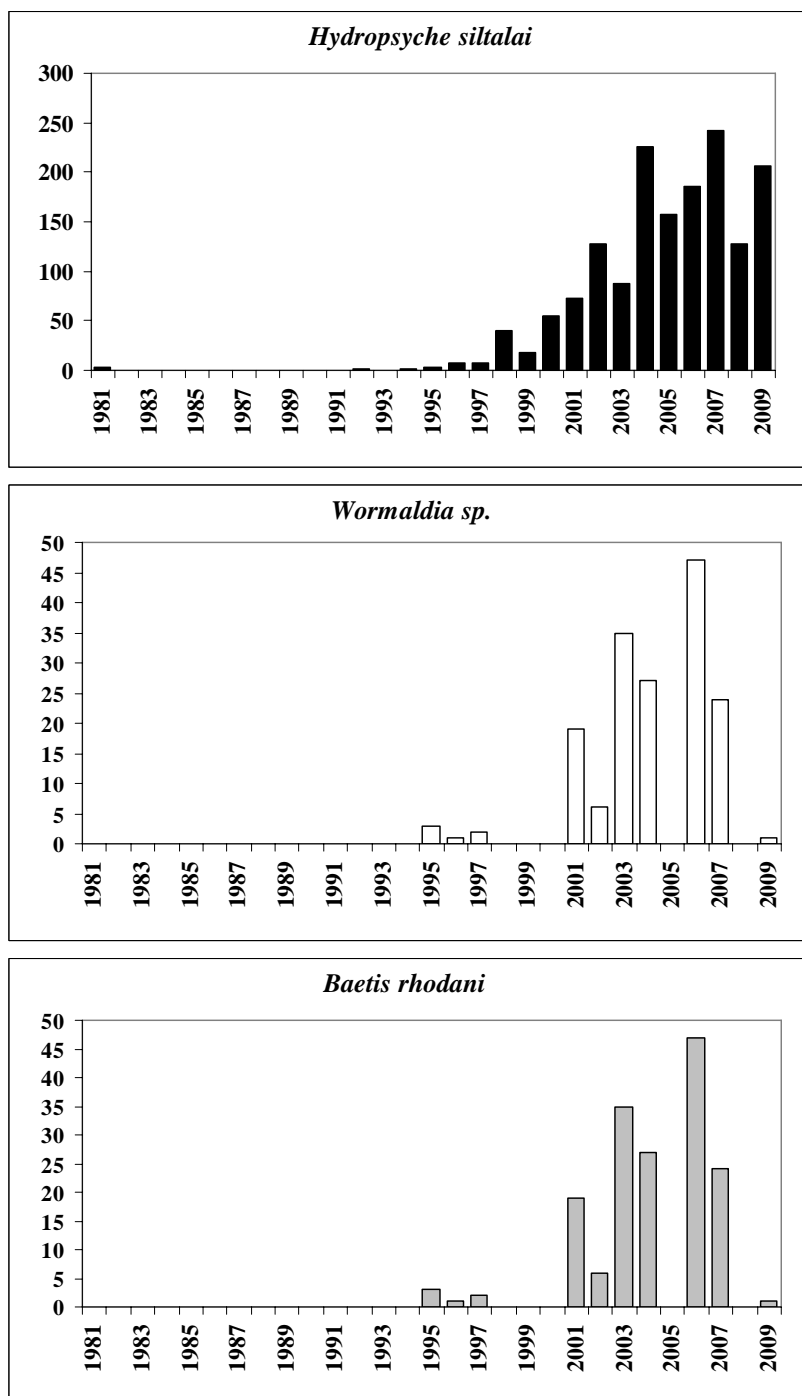
Øst-Finnmark (region X)

I region X undersøkes bunnfaunaen i Dalvatn årlig. I 2009 ble det registrert to moderat sensitive steinfluer: *Capnia* sp. og *Diura* sp. Resultatene står i kontrast til fjoråret, da det ble registrert gode tettheter av *Baetis rhodani* i utløpselva.

Trender i bunndyrobbservasjoner

En del av elvene og innsjøene som inngår i overvåkingen har vært undersøkt over lange tidsrom. Lille Hovvatn (region IV) har vært undersøkt over 16 år (referanse til det nærliggende kalkete Store Hovvatn). Innsjøen var meget sterkt forsuret i perioden 1977 til 1980. I siste halvdel av nittitallet ble det sporadisk registrert 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 2009 var pH 4,9 og kalsium lik 0,22 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 både 2008 og 2009 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 21). Den sterkt forsuringssensitive døgnfluen *B. rhodani* viser en ustabil gjenhentingsprosess. Det ble bare registrert ett eksemplar av arten i 2009 (Figur 21). 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.



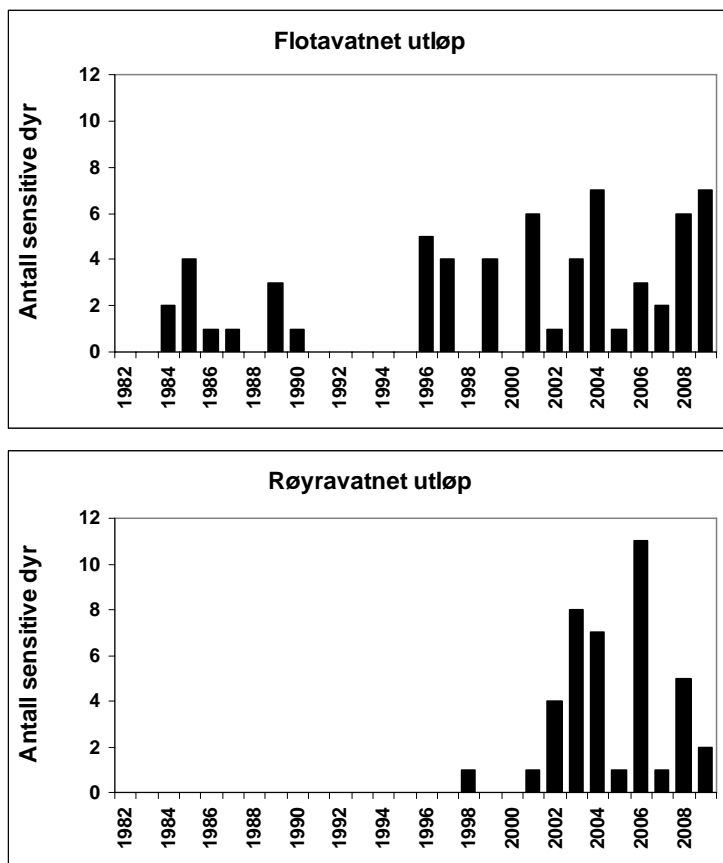
Figur 21. Antall registrerte individer av vårfluene *Hydropsyche siltalai* og *Wormaldia sp.* samt døgnfluen *Baetis rhodani* i Saudlandsområdet, Farsund i perioden 1981-2009.

Figur 21. Total number of the caddisflies *Hydropsyche siltalai* and *Wormaldia sp.* and the mayfly *Baetis rhodani* in the Saudland area, Farsund during 1981-2009.

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 forurensning. 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 tøøyet flatigle (*Helobdella stagnalis*), hundegle (*Erpobdella octoculata*) og andegle (*Theromyzon tessulatum*) har blitt mer vanlige i flere lokaliteter på Sørlandet. I 2009 ble det registrert igler i Sognevatnet og Saudlandsvatnet. Utviklingen tolkes som en positiv effekt av redusert forurensning både på iglene og på viktige næringsdyr.

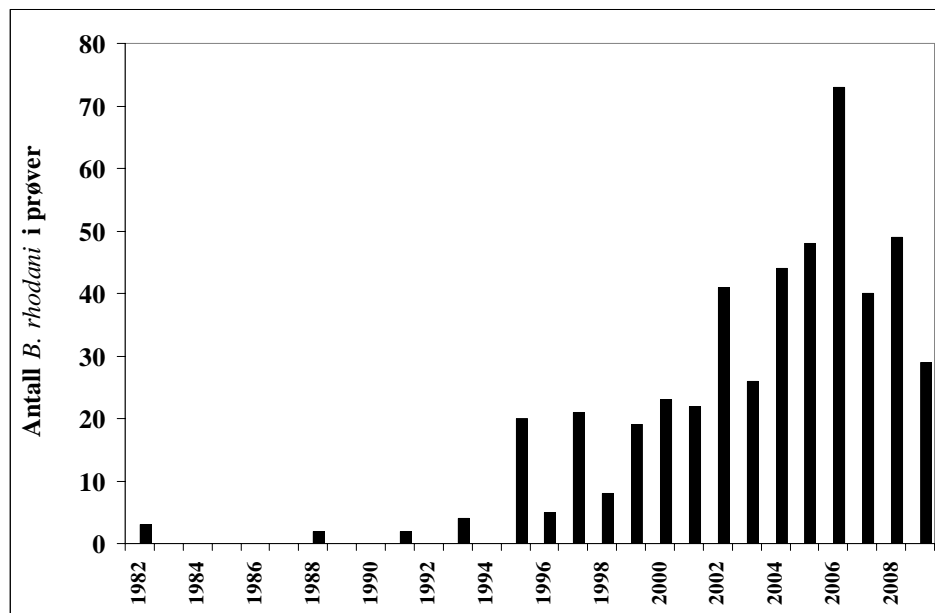
I region VI har den delen av Vikedalsvassdraget som ligger oppstrøms kalkdosereren inngått i overvåkingen siden 1982. Elva fra Flotavatn har gjennom hele perioden hatt sporadiske innslag av den moderat forurensningsfølsomme steinfluen *Diura nanseni* (Figur 22). Døgnfluen *B. rhodani* ble påvist i lokaliteten i 2001. Forurensningsnivået 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 forurenet i perioden 1982-1997. Situasjonen i de senere årene viser en endring i positiv retning (Figur 22), med en redusert forurensningsskade 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 utløpselva. Arten ble registrert på nytt i 2008. Vi regner med at det ennå vil ta tid å etablere en stabil bestand av arten i denne lokaliteten.



Figur 22. Forekomst av forurensningssensitive bunndyr i utløpselvene fra Flotavatnet og Røyrvatnet, Vikedal, i perioden 1982-2009.

Figure 22. Numbers of acid-sensitive benthic animals in the outlet rivers from Lake Flotavatnet and Lake Røyrvatnet, Vikedal, in the period 1982-2009.

Den nedre, ukalkete delen av Vikedalsvassdraget har vist en markert gjenhenting av bunndyrfaunaen i de senere år. Utviklingen til døgnfluen *B. rhodani* i en lokalitet som ligger nedstrøms Fjellgardsvatnet er et eksempel på dette (Figur 23). Her ble arten bare registrert sporadisk i tidsrommet 1982 til 1994. Etter 1995 viser arten stabile forekomster. Det framgår av figuren at forekomsten i 2009 var noe mindre enn i de foregående årene. Det er uvisst om dette er resultat av en trend eller et resultat av naturlige svingninger.



Figur 23. Forekomst av døgnfluen *Baetis rhodani* i en ukalket elvelokalitet nedstrøms Fjellgardsvatnet i Vikedal i perioden 1982-2009.

Figure 23. Numbers of the acid-sensitive mayfly *Baetis rhodani* in an unlimed locality in the main River Vikedalselva during 1982-2009.

I region VII har vi overvåket utløpselva fra Ø. Botnatjønn og Markhusdalsvatn siden 1991 og innløp og utløpselv fra Nystølsvatn siden 1984. De to førstnevnte lokalitetene har vært meget sterkt forsuret 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 Nystølsvatn, som var sterkt forsuret i 2000 og 2001, har vist en positiv utvikling i de siste årene. Registreringen av *Baetis rhodani* i utløpet de siste årene viser at vannkvaliteten er i bedring.

3.2.2 Effekter på krepsdyr

Totalt ble det i 2009 registrert 61 arter av planktoniske og litorale krepsdyr, hvorav 37 arter vannløpper (Cladocera) og 24 arter hoppekreps (Copepoda; cyclopoide og calanoide). De fleste av disse har en vid geografisk utbredelse og er tolerante mht. de fleste miljøforhold, inklusive forsuring. Eksempler på forsuringfølsomme 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 11 og 36. 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 forsurede lokalitetene vil det være få forsuringfølsomme arter. To av de mest vanlig forekommende krepsdyrartene, den cyclopoide hoppekrepsen *Cyclops scutifer* og den calanoide hoppekrepsen *Eudiaptomus gracilis*, har forskjellig toleranse for forsuring, der førstnevnte art er mest følsom. Mest tolerant er imidlertid små vannlopper, som *Bosmina longsipina* og *Chydorus sphaericus*. Forholdet mellom de tre gruppene av krepsdyr (vannlopper, calanoide hoppekreps, cyclopoide hoppekreps) brukes derfor for å identifisere innsjøer med store forsuringsskader fra de som er mindre forsuret.

Fordi forekomsten av mange av de forsuringssensitive artene er bestemt av andre miljøfaktorer (klima, kalsiumkonsentrasjon og fiskepredasjon) i tillegg til forsuring, finnes det også uforsurede innsjøer med lav artsdiversitet, lav andel av forsuringfølsomme arter og dominans av arter som er karakteristisk for forsurede lokaliteter. Kunnskap om forventet naturtilstand er avgjørende for å kunne vurdere hvor forsuringsskadet krepsdyrsamfunnet er.

Østlandet – Nord (region I)

Totalt er det registrert 57 arter i region I basert på overvåkingen i perioden 1997-2009. Elleve av innsjøene i regionen ble undersøkt i 1998 og det ble til sammen registrert 47 arter av planktoniske og litorale krepsdyr. Basert på krepsdyrfaunaen ble enkeltsjøene i regionen den gang vurdert å være ubetydelig/lite til sterkt forsuringsskadet (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 forsuringsskader. Andelen forsuringfølsomme individer har i de siste fire årene likevel vært noe høyere enn i tidligere år. I 2009 ble en moderat følsom art, vannloppen *Chydorus piger*, for første gang registrert i Atnsjøen. Stortjørna (Engerdal) er moderat forsuret og viser relativt store mellom-år variasjoner i krepsdyrfaunaen. Hoppekrepsen *Eucyclops speratus*, som regnes som moderat forsuringfølsom, ble registrert for første gang i 2008 og ble også funnet i 2009. Andelen forsuringfølsomme småkreps er imidlertid relativt lav, vanligvis i underkant av 20 %. Ytterligere to innsjøer i region I er undersøkt både i 1998, 2002 og 2006. Undersøkelsene gir så langt ingen eller kun svake tegn på en positiv utvikling i forsuringssituasjonen i region I.

Østlandet – Sør (region II)

Totalt er det registrert 68 arter i region II basert på overvåkingen i perioden 1996-2009. For enkeltlokaliteter i region II vurderes forsuringsskadene 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 forsuringfølsomme arter høyere i 2002 enn noe annet år. Det blir antatt at dette i hovedsak skyldes andre forhold enn forsuring. Tidlig start på vekstsesongen og en varm sommer på Østlandet gjør at 2002 skiller seg fra de øvrige årene i overvåkingsperioden. Totalt 8 innsjøer er undersøkt ved minimum tre tidspunkt (1998, 2002, 2006). Andel forsuringfølsomme 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 forsurete innsjøene, og en annen dafnie, *Daphnia longiremis*, er funnet i alle år sjøen er undersøkt. For tre av lokalitetene i region II fins det årlige krepsdyrdata fra 10-13 år i løpet av perioden

1996-2009. Bredtjenn er en av de mest forsuringsskadete overvåkingssjøene i regionen, med lav artsdiversitet, dominans av arter som synes begunstiget av forsuring. En ny forsuringfølsom vannloppe, *Alona karelica*, ble registrert i 2008. I 2009 var imidlertid krepsdyrfaunaen i Bredtjenn helt dominert av forsuringstolerante arter. Fra Langtjern (Flå) fins det, i tillegg til nyere krepsdyrundersøkelser, planktondata fra 1977. Prosentvis forekomst av den forsuringfølsomme arten *Daphnia longispina* i planktonet har i alle år vært lav, men noe høyere etter 2003, og på samme nivå som i 1977, sammenlignet med perioden 1998-2002. Mengden av den moderat følsomme hoppekrepsen *Acanthodiatomus denticornis* har økt i løpet av overvåkingsperioden, men var svært lav i 2009. I Øvre Jerpetjern (Notodden) var andelen forsuringfølsomme arter lav (12 %) i 2009 sammenlignet med årene 2003-2008 (16-21 %), men mengden av enkelte følsomme arter var høyere enn i tidligere år. I Langvatn (Oslo), som er undersøkt årlig i perioden 1996-1999 og siden hvert 4. år, er det registrert relativt høy andel forsuringfølsomme 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 forsuringfølsomme arter av småkreps.

Fjellregion - Sør-Norge (region III)

Totalt er det registrert 41 arter i region III basert på overvåkingen i perioden 1996-2009. Andel forsuringfølsomme arter varierer omkring 20 %. Lavest andel forsuringfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Rondvatn og Fremre Illmannstjern. Innsjøene i region III 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 1997-2009. 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. I 2009 utgjorde arten vel 10 % av planktonet, noe som er det høyeste siden overvåkingen startet. Det ser ut til at arten har erstattet den mer forsuringstolerante *Acanthocyclops vernalis*, og dette kan være en første respons på bedring i vannkvaliteten. Både Heddersvatn og Rondvatn (Otta) har en artsfattig krepsdyrfauna. I førstnevnte innsjø er andelen forsuringfølsomme arter lav og variabel (0-20 %) mens denne er relativt høy i Rondvatn (20-33 %). Det er sannsynlig at andre forhold en forsuring, for eksempel dårlig utviklet litoralsone, ugunstig klima og marginal vannkvalitet med lave ionekonsentrasjoner, har betydning for sammensetningen av småkreps i disse fjellsjøene. 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 forsuringfølsomme 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 1996-2009.

Krepsdyrsamfunnene viser stor variasjon og forsureningsgradene er vurdert som liten til meget stor (god – svært dårlig økologisk tilstand) for enkeltsjøene 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 forsuringfølsomme 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 forsuringfølsomme. Tettheten av disse er imidlertid lav. Enkelte år er dessuten andelen forsuringfølsomme arter lav. Dette viser at forholdene i Bjorvatn er ustabile. Dersom de vannkjemiske forbedringene fortsetter vil vi imidlertid kunne forvente en positiv utvikling i forsuringstilstanden 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 forsuringstilstand. I perioden 2005-2009 er det kun registrert forsuringstolerante arter. Likevel, i 2009 ble det for første gang funnet noen få individer av hoppekrepsen *Cyclops scutifer*. Etablering av denne vanlig forekommende arten er ofte et første tegn på en bedring i vannkvaliteten. I Songevatn (Songdalen/Vennesla) er andelen forsuringfølsomme krepsdyrarter mer enn fordoblet etter 1997 sammenlignet med situasjonen på slutten av 1980-tallet, men datagrunnlaget fra de tidlige undersøkelsene er noe mangelfullt. Andelen *Daphnia longispina* i planktonet økte fram tom. 2004, fra kun sporadiske funn og svært lave tettheter i 1997. Lave tettheter av *Daphnia longispina* etter 2004 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 verken i Risvatn (Birkenes) eller i 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.

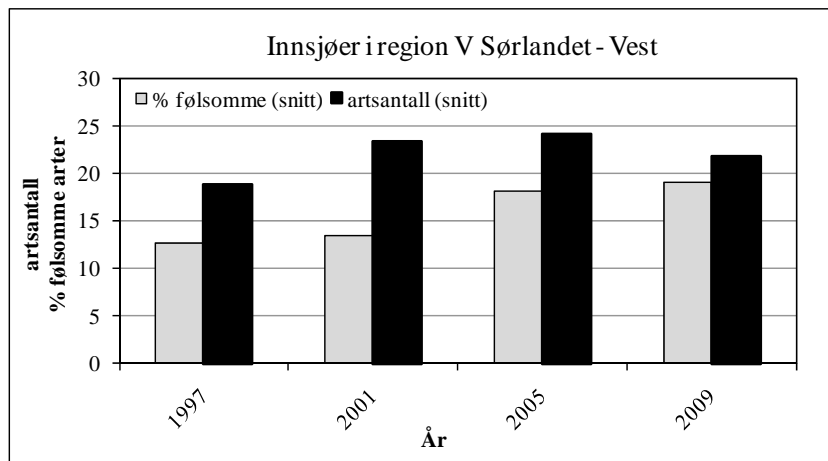
Sørlandet - Vest (region V)

Totalt er det registrert 58 arter (14 lok.) i region V i overvåkingsperioden 1996-2009.

Innsjøene i region V er klassifisert som litt/moderat til sterkt forsuringsskadet (god – svært dårlig økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Fra seks av sjøene foreligger det krepsdyrdata fra 1997, 2001, 2005 og 2009. Ytterligere fire innsjøer er undersøkt to eller tre av årene i denne perioden. Samlet sett er det en liten økning i relativ forekomst av forsuringfølsomme arter i perioden 1997 til 2009 (Figur 24). Med få unntak gjelder den positive utviklingen alle overvåkingssjøene i denne regionen. Resultatene samsvarer også med den positive utviklingen som blant annet er registrert for fiskebestandene i denne regionen (Hesthagen & Østborg 2008).

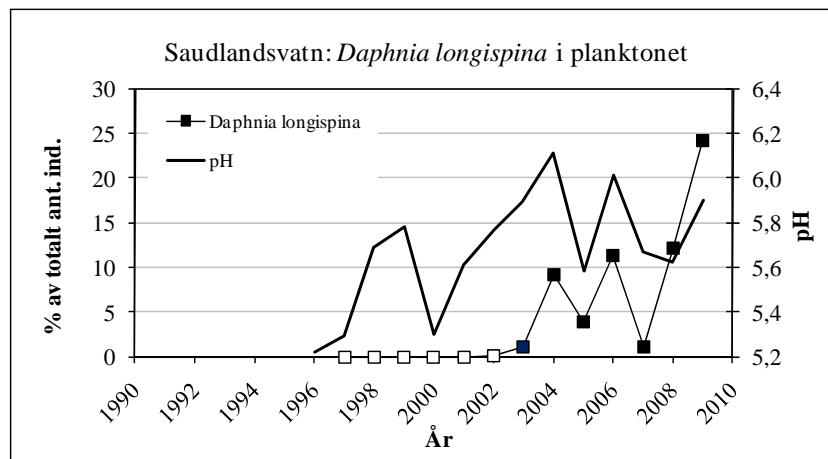
Tre av innsjøene i region V blir undersøkt årlig. I Saudlandsvatn (Farsund) ble det i 2002, for første gang, funnet individer av *Daphnia longispina* i planktonet. Andelen av *D. longispina* har siden økt og denne har enkelte år, som i 2009, vært en av de dominerende planktonartene (Figur 25). Andelen 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. Lomstjørni (Bjerkreim) vurderes som svakt til moderat forsuringsskadet med høye andeler forsuringfølsomme arter. Tilsvarende som for

Saudlandsvatn var andelen *Daphnia longispina* i 2009 den høyeste som er registret siden overvåkingen startet. Ljosvatn (Sokndal) hører til de mest forsuringsskadete av overvåkingssjøene 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 2009 ble det for eksempel kun registrert en forsuringfølsom art. Forholdene i Ljosvatn er foreløpig for ustabile og ugunstige til at forsuringfølsomme arter etablerer seg med gode bestander.



Figur 24. Gjennomsnittlig antall arter av småkrepser (Cladocera + Copepoda) og andel forsuringfølsomme småkrepser (% av totalt antall arter) for 6 innsjøer undersøkt i 1997, 2001, 2005 og 2009.

Figure 24. Average numbers of microcrustacean species (Cladocera + Copepoda) and relative number of acid sensitive species (% of total number of species) for 6 lakes monitored in 1997, 2001, 2006 and 2009.

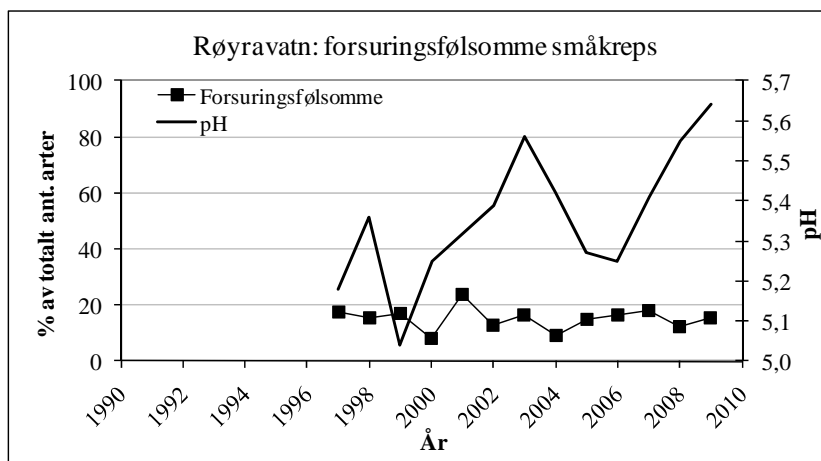


Figur 25. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen *Daphnia longispina* i Saudlandsvatn (region V, Sørlandet - Vest) i 1997-2009. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH er fra høstprøver (unntak 2004: gjennomsnitt av prøver tatt vår og sommer).

Figure 25. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera *Daphnia longispina* recorded in Lake Saudlandsvatn (Reg. V, Southwestern coast of Norway) in 1997-2009. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH values from samples taken in the autumn or mean value based on samples taken in spring and summer.

Vestlandet - Sør (region VI)

Totalt er det registrert 44 krepsdyrarter i region VI i perioden 1996-2009. 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. Først i 2009 ble *Daphnia galeata* funnet i planktonet, og da kun med ett individ i en prøve fra strandsonen. Det er derfor sannsynlig at dafnier finnes i svært lave tettheter i innsjøen. Krepsdyrundersøkelsene gir ellers ingen tegn på endringer i forsuringssituasjonen i Røyrvatn (Figur 26). Også de øvrige innsjøene som er undersøkt to eller flere år, er svært forsuringsskadet med kun mindre år-til-år variasjoner. Dette står i kontrast til den positive utviklingen som er registrert i fiskesamfunnene i denne regionen (se kap. 3.2.3). Samlet sett vurderes forsuringstilstanden for region VI å være uforandret basert på krepsdyrundersøkelsene.



Figur 26. Andel (% arter) av forsuringfølsomme småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) i Røyrvatn (Reg. VI, Vestlandet - Sør) i 1996-2009. pH er fra høstprøver.

Figure 26. Relative occurrence (% of total species numbers) of acid sensitive microcrustaceans (*Cladocera* + *Copepoda*) in Lake Røyrvatn (Reg. VI, Western Norway - South) in 1997-2009. pH values from samples taken in the autumn.

Vestlandet - Nord (region VII)

Totalt er det registrert 50 krepsdyrarter i region VII i perioden 1996-2009. Krepsdyrfaunaen viser stor variasjon, og innsjøene i region VII er klassifisert som ubetydelig/litt til sterkt/svært sterkt forsuringsskadet (svært god/god-dårlig/svært dårlig økologisk tilstand). Overvåkingssjøene i regionen er alle næringsfattige med lave kalsiumkonsentrasjoner (0,1-1,0 mg Ca L⁻¹). Det er sannsynlig at forsuringssituasjonen er vurdert som mer alvorlig enn det som er realiteten. 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.). For tre av innsjøene i regionen fins det årlige krepsdyrdata; Markhusdalsvatn og Svartetjern (begge Masfjorden) og Nystølsvatn (Gaular). Andelen forsuringfølsomme 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 forsuringfølsomme arter økt siden 2004. I Nystølsvatn ble det i 2009 registrert en ny moderat forsuringfølsom art, vannloppen *Alona intermedia*. Sett under ett så viser imidlertid verken

Nystølsvatn eller Markhusdalsvatn noen klar trend mhp. krepsdyrfaunaen. 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 forsuringsfølsomme arter.

Midt-Norge (region VIII)

Totalt er det registrert 58 arter i region VIII basert på overvåkingen i 1996-2009. Andel forsuringsfølsomme arter varierer omkring 20 %. Lavest andel forsuringsfølsomme arter ble funnet i ionefattige fjellsjøer som Svartdalsvatn, Øvre Neådalsvatn og Skjerivatn. Innsjøene i region VIII er vurdert som lite til sterkt foruringsskadet (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 foruringssituasjonen 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 forsuringsfølsomme 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 i andre ionefattige klarvannssjøer (Schartau *et al.* 2006). Songsjøen (Orkdal) ble undersøkt i 2009, som den eneste av innsjøene som overvåkes hvert 4. år. Innsjøen er også undersøkt i 2001 og 2005 og totalt er det registrert 47 arter av krepsdyr i overvåkingsperioden, noe som vurderes som høyt. Innsjøen har også en høy andel forsuringsfølsomme arter (i overkant av 30 %). Artsinventaret viser imidlertid store år-til-år variasjoner. I de fleste innsjøer vil mange arter opptre i så lave tettheter at de ikke fanges opp ved vanlig overvåkingsmetodikk (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. Andelen forsuringsfølsomme arter var lavere i 2005 enn i 2001 for samtlige lokaliteter som er undersøkt begge år. Dette skyldes sannsynligvis mellom-års variasjoner i klimatiske forhold.

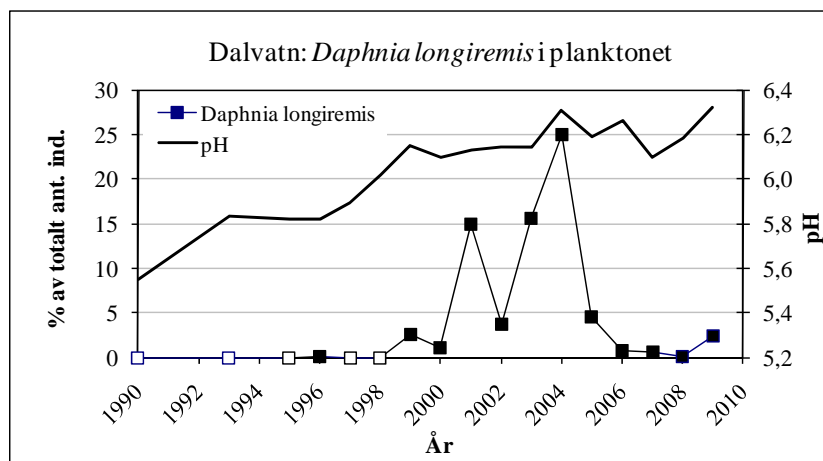
Nord-Norge (region IX)

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 foruringsskadet (svært god/god – moderat økologisk tilstand) basert på krepsdyrfaunaen. Det er sannsynlig at foruringssituasjonen 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 foruringstolerante arter. For øvrig varierer krepsdyrfaunaen relativt mye, og det er lite som tyder på en generell endring i foruringstilstanden.

Øst-Finnmark (region X)

Totalt er det funnet 44 arter av krepsdyr i region X i perioden 1996-2009. Innsjøene i region X er klassifisert som litt/moderat til sterkt foruringsskadet (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 1990-2009. Andelen av den forsuringsfølsomme vannloppen *Daphnia longiremis* i planktonet har økt siden den første

gang ble registrert i 1996 og fram til 2004. Mengden av dafnier har imidlertid vært svært lav de siste fem årene til tross for videre forbedringer i vannkvaliteten (*Figur 27*). Mengden av andre forsuringfølsomme arter varierer også over år, men var spesielt høy i 2004 og noe lavere de siste årene. For de øvrige tre innsjøene hvor det foreligger data fra tidlig på 1990-tallet og senere, viser krepsdyrfaunaen 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 ingen av artene funnet. Etter 2000 er det sannsynlig at andre forhold enn forsuring har hatt en betydning for utviklingen i krepsdyrfaunaen i enkelte av overvåkingssjøene. For eksempel kan tette bestander av krepsdyrspisende røye (Dalvatn og Store Skardvatn) ha hatt en effekt på mengder og sammensetning av krepsdyr. Den vannkjemiske overvåkingen av innsjøer på Jarfjordfjellet viser dessuten at innholdet av metallene nikkel og kobber har økt i siste seks års periode sammenlignet med perioden 1990-2003 (se kap. 3.1). Innsjøene for biologisk overvåking ligger innenfor det samme området, og en eventuell økning av metallinnholdet vil kunne føre til endringer i artssammensetningen av småkreps.



Figur 27. Andel (% av totalt individantall) av vannloppen Daphnia longiremis i Dalvatn (Reg. X, Øst-Finnmark) i 1990-2009. Åpne symboler: ingen funn av dafnier i planktonprøver. pH fra høstprøver i samme periode.

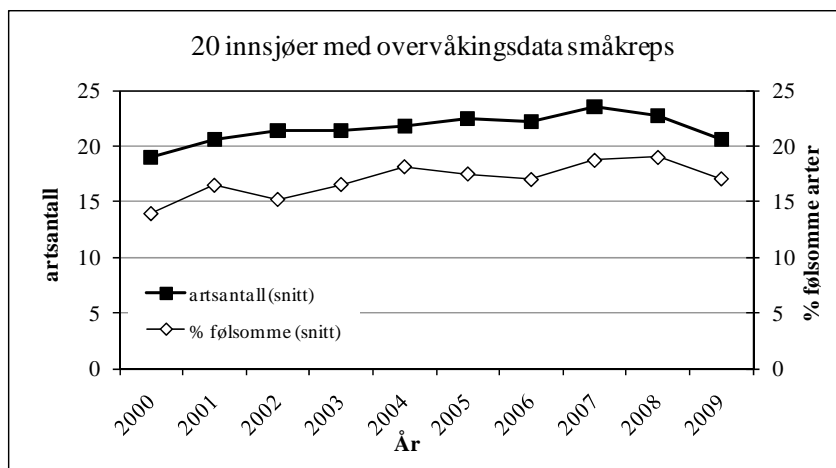
Figure 27. Relative abundance (% of total numbers) of the Cladocera Daphnia longiremis recorded in Dalvatn (Reg. X, Eastern Finnmark) in 1990-2009. Open symbols: no records of daphnids in plankton samples. pH is from samples taken during autumn.

Trender i krepsdyrobservasjoner

Totalt 20 av lokalitetene som ble undersøkt i 2009 var innsjøer som overvåkes årlig (Gruppe 1- og Gruppe 2 sjøer) inkludert tre referansesjøer; 17 av disse er undersøkt siden 1997 eller tidligere. Fra og med 2000 finnes det årlige krepsdyrdata fra alle de 20 innsjøene. Basert på snittverdier har det vært en liten økning i andel forsuringfølsomme småkreps og antall arter fram til 2007 (*Figur 28*). Deretter er resultatene mindre entydige. Av de forsurete 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 krepsdyrfaunaen. Dalvatn i Øst-Finnmark viste tidligere en positiv utvikling med økte tettheter av dafnier og økte andeler av forsuringfølsomme krepsdyr. Situasjonen har imidlertid vært mindre positiv de siste fem årene.

Artssammensetningen av krepsdyrfaunaen indikerer at miljøforholdene er ustabile med relativt store år-til-år variasjoner. Disse variasjonene kan også ha andre årsaker enn forurensning, for eksempel variasjoner i beitetrykket fra fisk. For flertallet av innsjøene er mengden av forureningsfølsomme invertebrater fremdeles lave og ustabile.

Sørlandet-Vest (region V) er den av regionene som viser den klareste positive utviklingen, spesielt mhp. andel forureningsfølsomme arter. Resultatene samsvarer også med den positive utviklingen som er registrert for annen fauna i denne regionen. Flertallet av overvåkingsinnsjøene i Sørlandet-Vest er kun litt til moderat forurenet, og det er blant disse vi forventer den raskeste responsen på forbedringer i vannkvaliteten. For de øvrige regionene er endringene i krepsdyrfaunaen så små at forureningsstilstanden samlet sett vurderes som uforandret basert på utvalget av overvåkingssjøer.



Figur 28. Gjennomsnittlig antall arter av småkreps (*Cladocera* + *Copepoda*) og andel forureningsfølsomme småkreps (% av totalt antall arter) for 20 innsjøer med årlige undersøkelser i perioden 2000-2009.

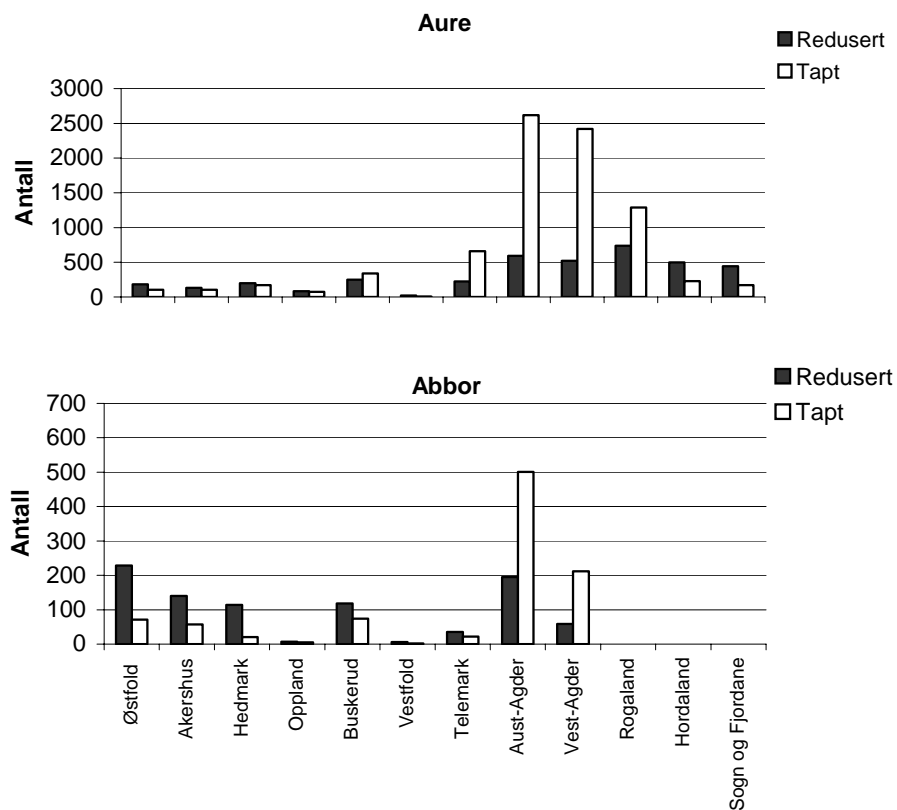
Figure 28. Average numbers of microcrustacean species (*Cladocera* + *Copepoda*) and relative number of acid sensitive species (% of total number of species) for 20 lakes with yearly studies in the period 2000-2009.

3.2.3 Effekter på fisk

Regionale intervjuundersøkelser for å beregne antall tapte og skadede bestander

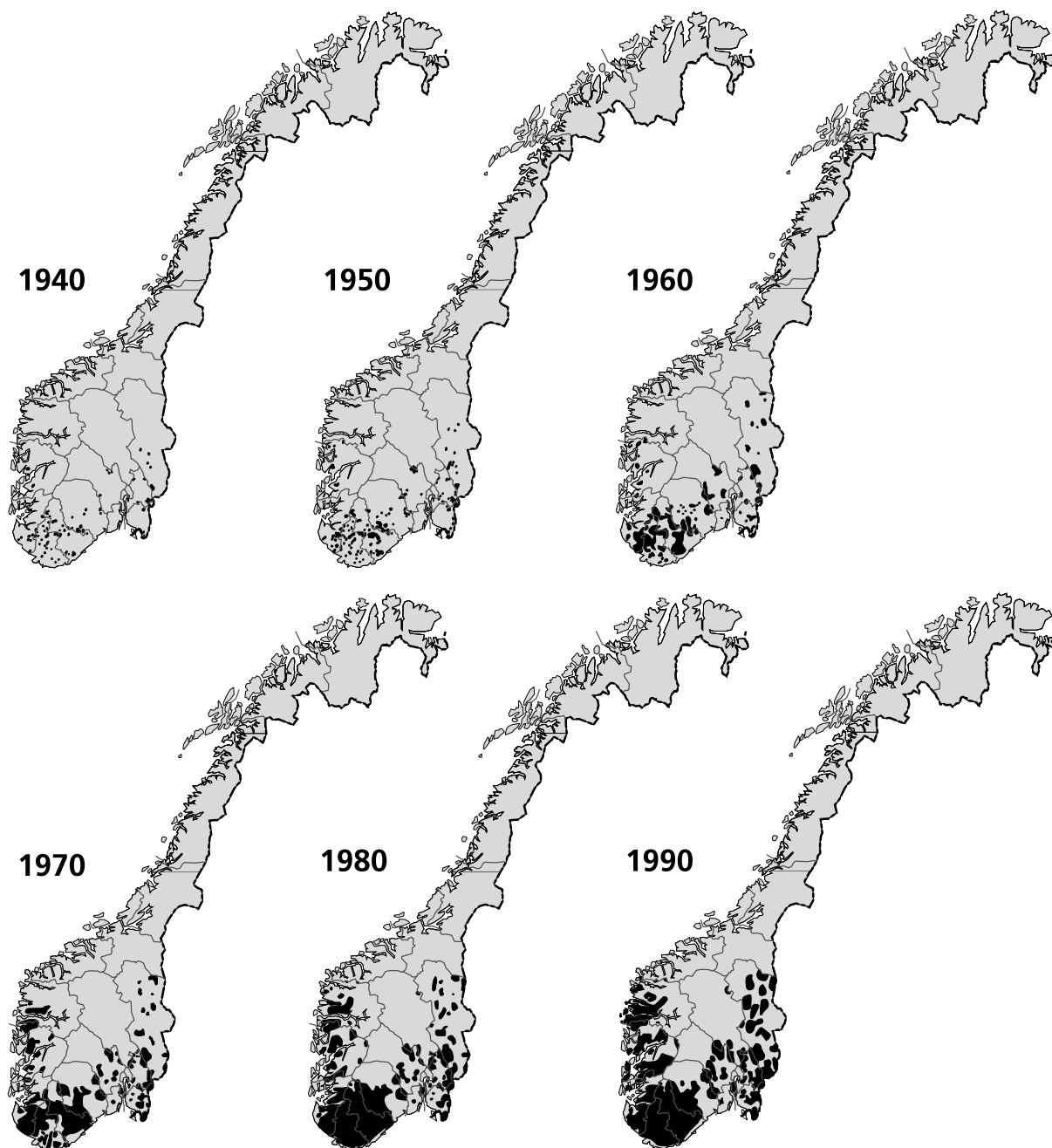
Rundt 8.200 stedeagne innsjølevende aurebestander har gått tapt som følge av forurensning her i landet. Agderfylkene har blitt påført de største fiskeskadene, med rundt 5.000 tapte aurebestander (Figur 29). I Telemark og Rogaland har skadene også vært omfattende, med henholdsvis rundt 660 og 1.300 tapte aurebestander. I tillegg har det vært betydelige reduksjoner i nærmere 4.000 aurebestander i Sør-Norge. Forurensningen 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 29). I tillegg er nærmere 1.110 bestander av røye, mort, ørekyt og gjedde enten tapt eller skadet pga forurensning. Forureningsskadene 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 30). 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 forsuring er derfor ikke så omfattende nå som tallene ovenfor viser.



Figur 29. Antall tapte og reduserte aure- og abborbestander pga forsuring fordelt på enkelte fylker.

Figure 29. Number of lost (white bars) and damaged (black bars) populations of brown trout and perch due to acidification in different counties of Norway.



Figur 30. Areal (land- og innsjøareal) med tapte og skadede fiskebestander relatert til forurensning pr. 1940 og fram til pr. 1990. Skadeareal på 1990-tallet var 51.500 km².

Figure 30. 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.

3.2.4 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 2009 ble åtte lokaliteter prøvofisket fordelt på tre regioner (region III, V og VIII). I tillegg blir Atnsjøen (Lok. I-1) prøvofisket hvert år som en del av "Overvåking av biologisk mangfold i ferskvann".

Da den biologiske overvåkingen ble satt i gang tidlig på 1980-tallet, ble prøvofisket gjennomført med SNSF-garnserier. En slik serie består av 8 enkeltgarn (27 x 1,5 m), med maskevidder fra 10 til 45 mm. Disse garn ble satt enkeltvis fra land, og dekte vanligvis dybdeintervallet 0-6 m. Siden tidlig på 1990-tallet har Nordiske oversiktsgarn (30 m x 1,5 m) med 12 maskevidder fra 5 til 55 mm vært benyttet. Disse garn blir satt på standard dyp: 0-3, 3-6, 6-12, 12-20, 20-35, 35-50 og > 50 m, avhengig av dybdeforholdene i den enkelte innsjø. For å kunne sammenlikne fangstutbyttet på de to garnseriene i innsjøer der begge garnseriene er brukt, benyttes 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.

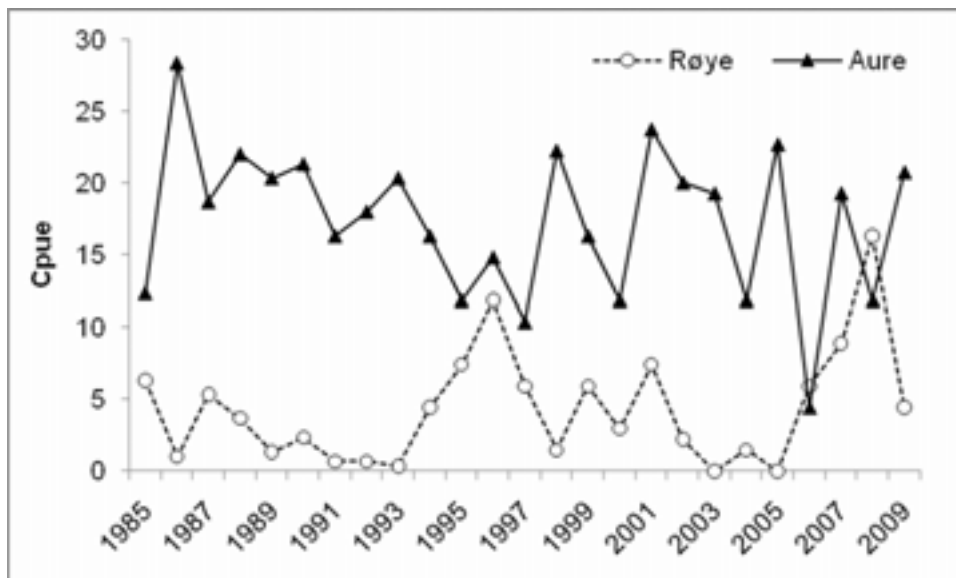
Klasse	Indeksverdi	Tilstand
1	$\geq 1,0$	Meget god bestand: Ingen skader
2	0,75-0,99	God bestand: Eventuelt små til moderat skadet
3	0,50-0,74	Relativ tynn bestand: mulig markert skadet
4	0,25-0,49	Tynn bestand: mulig sterkt skadet
5	$<0,25$	Svært tynn bestand: mulig meget sterkt skadet

Ved beregninger av indeksverdier har vi bare inkludert data fra lokaliteter som har vært prøvofisket. Vi har ekskludert innsjøer med tapte bestander fordi en reetablering ofte er avhengig av en aktiv introduksjon (utsettinger). Sjøl om vannkvaliteten har blitt tilfredsstillende for fisk, kan ofte fysiske barrierer hindre en naturlig reetablering. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle regionale forskjeller i naturtilstanden mht bestandsstørrelsen (tetthet) hos ulike fiskebestander. En 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 f eks abbor. Slike bestander er derfor ekskludert.

Østlandet – Nord (region I)

Det ble ikke prøvofisket i region I i 2009, 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 1985-2009 variert mellom henholdsvis 4-28 og 0-16 individ (*Figur 31*). Tettheten av røye er imidlertid størst på 12-35 m dyp, med 2-40 individ pr. 100 m² garnareal.



Figur 31. Fangst av aure og røye pr. 100 m² garnareal (Cpue) på 0-12 m dyp av Atnsjøen i perioden 1985-2009.

Figure 31. Catches of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Atnsjøen from 1985 to 2009. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area (Cpue) at 0-12 m depths.

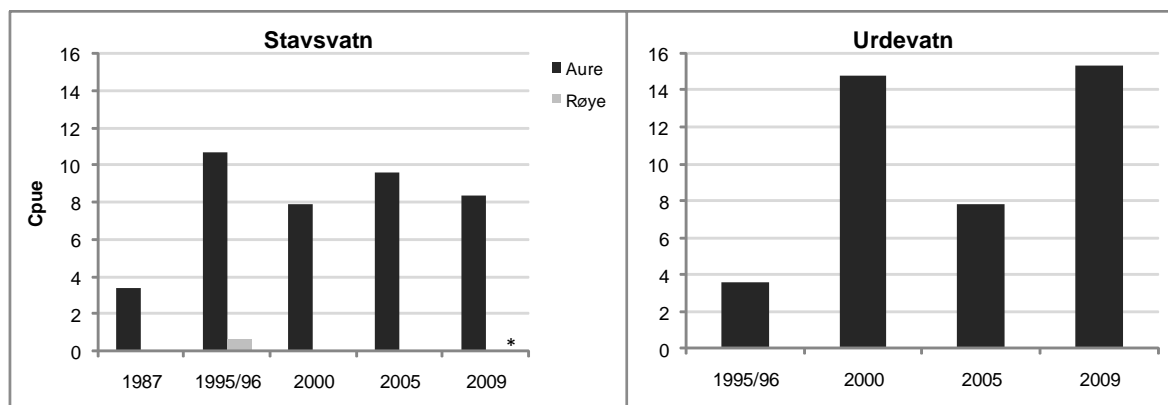
Østlandet – Sør (region II)

Det ble ikke prøvofisket i region II i 2009. 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, noe 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, sjøl om mengden fisk i noen lokaliteter fortsatt er lav.

Fjellregionen – Sør-Norge (region III)

I region III ble to lokaliteter prøvofisket i 2009. Alle de undersøkte innsjøene ligger over 1000 m o.h., og de fleste har forholdsvis tynne eller middels tette aure- og/eller røyebestander. I Rondvatn gikk røyebestanden tapt på 1980-talet. I årene 1998-2000 ble det satt ut røye i innsjøen, og den reproduserte og har nå gitt opphav til en tett bestand. Stavsvatn har hatt en forholdsvis tynn aurebestand i hele undersøkelsesperioden, og røye er bare registrert ved prøvofiske i 1996 og 2009 (*Figur 32*). Urdevatn hadde i 2009 en middels tett aurebestand og fangstutbytte har svingt gjennom 2000-tallet. Det er likevel en klar økning sammenlignet med 1995. 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 32. Fangst av aure og røye pr. 100 m² bunngarnareal (Cpue) i Stavsvatn (Lok. III-6) og aure i Urdevatn (Lok III-7) i perioden 1987-2009 (0-6 m dyp). * røye ble fanget i dypere områder (6-12 m dyp).

Figure 32. Catches of brown trout and Arctic charr in the epibenthic zone of Lake Stavsvatn (Lok. III-6) and brown trout in Lake Urdevatn (Lok. III-7) in different years from 1987 to 2009. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in epibenthic areas (0-6 m depth). * means that Arctic charr was caught in deeper areas (6-12 m depth).

Sørlandet – Øst (region IV)

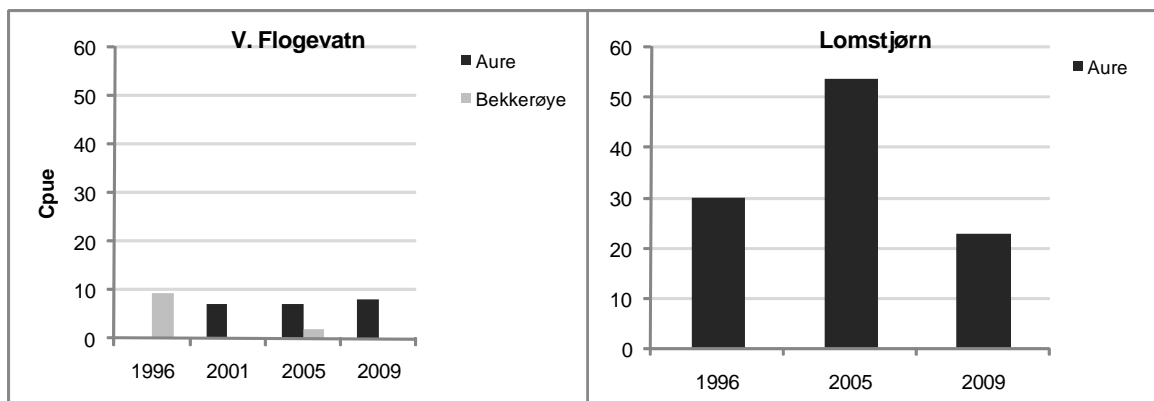
Det ble ikke foretatt prøvefiske i region IV i 2009. Karakteristisk for forsøkslokalitetene i regionen er at de har forholdsvis tynne aurebestander og tette abborbestander.

I en av lokalitetene med bare aure, viser undersøkelsene en positiv utvikling. Prøvefiske i Kleivsetvatn i 2007 viser også en tilsvarende bestandsutvikling hos abbor. Denne bestanden ble tidligere vurdert som mulig meget sterkt skadet (Klasse 5), men kan nå klassifiseres som mulig markert skadet (Klasse 3). Forsuringssituasjonen i regionen vurderes fortsatt som alvorlig, med mange tapte aure- og abborbestander (Figur 29 og Figur 30).

Sørlandet – Vest (region V)

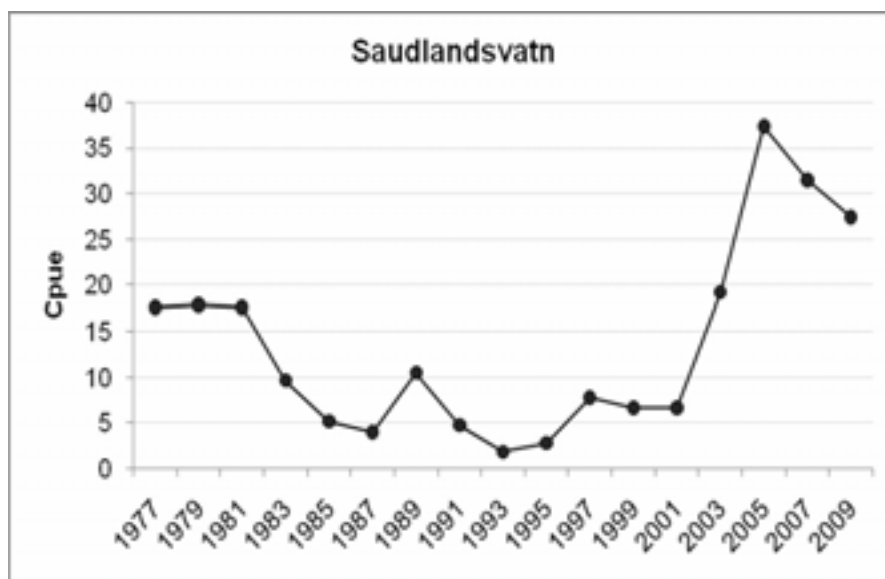
Tre lokaliteter ble prøvefisket i region V i 2009. Sørlandet har flest tapte og skadde fiskebestander pga forsuring her i landet (Figur 29 og Figur 30). Av de fem aurebestandene som inngår i programmet, vurderes nå bare to som skadde; de i V. Flogevatn (Figur 33) og i Rundavatn som sist ble prøvefisket i 1997. Fangstutbytte av aure i V. Flogevatn har økt noe i undersøkelsesperioden, men bestanden må fremdeles karakteriseres som tynn. Bekkerøya som utgjorde det meste av fangsten i V. Flogevatn i 1996 ser ut til å ha forsvunnet helt.

Aurebestanden i Lomstjørn kan betegnes som svært god (Figur 33). I Saudlandsvatn ble aurebestanden kraftig redusert på begynnelsen av 1980-tallet, og den var fortsatt lav i 2001 (Figur 34). Men i løpet av de siste åra har bestanden økt kraftig, og i 2005 var fangstutbyttet rekordhøyt. Prøvefiske i 2009 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 38).



Figur 33. Fangst av aure og bekkerøye pr. 100 m² bunngarnareal (Cpue) i Vestre Flogevatn (Lok V-3) og aure i Lomstjørn (Lok. V-8) i perioden 1996-2009 (0-12 m dyp).

Figure 33. Catches of brown trout and brook trout in the epibenthic zone of Lake Vestre Flogevatn (Lok. V-3) and of brown trout in Lomstjørn (Lok. V-8) in different years from 1996 to 2009. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in epibenthic areas (0-12 m depth).



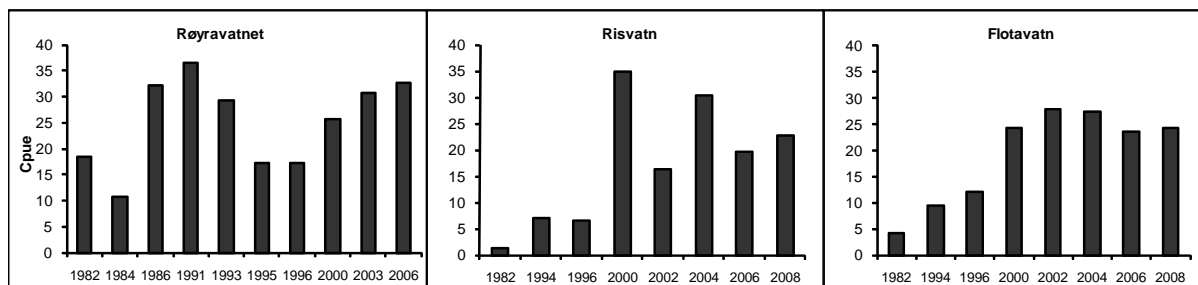
Figur 34. Fangst av aure pr. 100 m² bunngarnareal pr. natt (Cpue) i Saudlandsvatn (Lok. V-1) i perioden 1977-2009 (0-12 m dyp).

Figure 34. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Saudlandsvatn (Lok. V-1) during the period 1977-2009. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in epibenthic areas (0-12 m depth).

Vestlandet – Sør (region VI)

Ingen innsjøer i region VI ble prøvofisket i 2009. 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 forurensningsindeksen 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 35*). I Risvatn har størrelsen på aurebestanden variert noe i det siste tiåret, men den vurderes nå som meget god med en forsøringsindeks > 1 (Klasse 1). 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 35. 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 (0-6 m dyp).

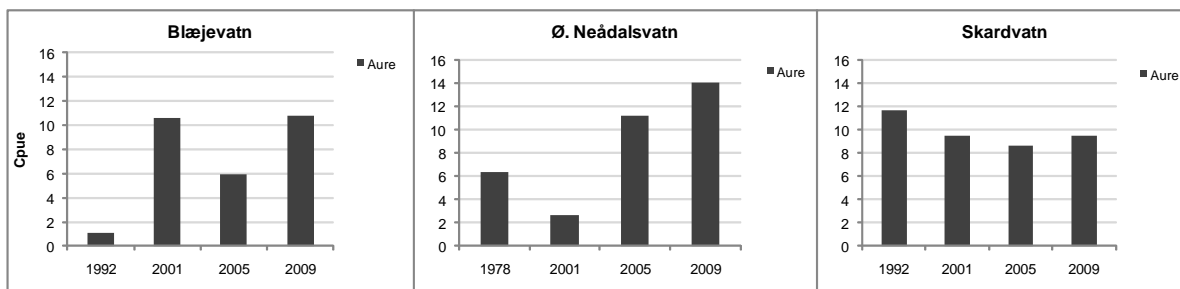
Figure 35. Catches of brown trout in the epibenthic zone of the lakes Røyrvatn (Lok. VI-3), Risvatn (Lok. VI-4) and Flotavatn (Lok. VI-5) in Vikedal watershed between 1982 and 2008. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in the epibenthic zone (0-6 m depth).

Vestlandet-Nord (region VII)

Det ble ikke prøvofisket i region VII i 2009. Forsøringsindeksen 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. Forsøringsindeksen 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 29* og *Figur 30*).

Midt-Norge (region VIII)

Tre innsjøer ble prøvofisket i region VIII i 2009. Aurebestandene i regionen har hatt en varierende utvikling, med stor variasjon i forsøringsindeksen mellom de enkelte lokalitetene. I Blæjevatn har det også vært en økning i fangstutbytte av aure siden 1992, men bestanden er fremdeles relativt tynn (*Figur 36*). Bestanden av aure i Øvre Neådalsvatn har økt noe, og kan nå karakteriseres som middels tett. Fangstutbytte av aure i Skardvatn har holdt seg på et forholdsvis lavt og jevnt nivå i hele undersøkelsesperioden. Bestanden karakteriseres som relativt tynn (Klasse 3-4).



Figur 36. Fangst av aure pr. 100 m² bunngarnareal pr. natt (Cpue) i Blæjevattn (Lok. VIII-4), Øvre Neådalsvatn (Lok. VIII-5) og Skardvatn (Lok. VIII-11) i perioden 1987-2009 (0-6 m dyp).

Figure 36. Catches of brown trout in the epibenthic zone of Lake Blæjevattn (Lok. VIII-4) Øvre Neådalsvatn (Lok. VIII-5) and Skardvatn (Lok. VIII-11) during the period between 1987 and 2009. The catches are expressed in number of fish caught per 100 m² net area per night (Cpue) in the epibenthic zone (0-6 m depth).

Nord-Norge (region IX)

Siste prøvefiske 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)

Ingen innsjøer i region X ble undersøkt mht. fisk i 2009. Innsjøene i denne regionen ble sist undersøkt i 2008 og aurebestandene tilhører Klasse 1-3. Det har vært en økning i fangstutbyttet av aure fra 1990-tallet og fram til 2008 i alle de tre undersøkte innsjøene (SFT 2009). Første Høyfjellsvattn som har en svært tynn aurebestand pga manglende gytebekker er tatt ut av fiskeundersøkelsene. Bestanden blir derfor ikke vurdert mht mulige forsuringskader. Regionen har store årlige variasjoner i forsuringsbelastning, men vannkvaliteten har bedret seg kraftig i løpet av de siste 10-15 åra (SFT 2009).

Rekrutteringen hos aure i bekker

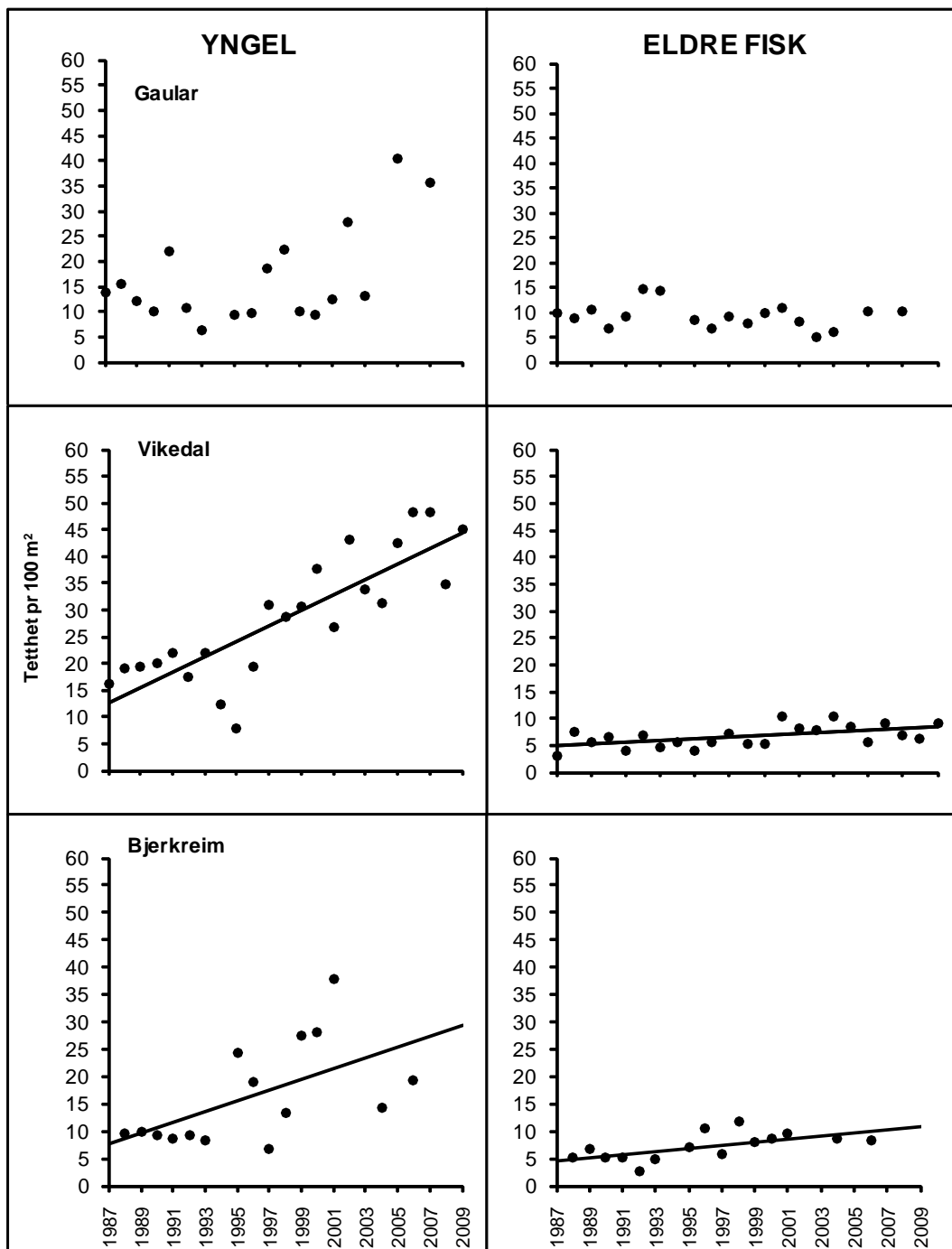
Hensikten med disse undersøkelsene er å påvise mulige endringer i rekrutteringen hos aure i lokaliteter med forsuringsfølsom vannkvalitet, og analysere hvilke vannkjemiske parametre som påvirker tettheten. Innsjølevende aure gyter vanligvis i innløp/utløp og tilløpsbekker, hvor yngelen oppholder seg 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 forsuringsområder 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 de to siste årene har det bare vært undersøkelser i Vikedalsvassdraget, mens de to andre vassdragene har vært undersøkt annet hvert år i perioden 2003-2007. I 2009 ble det elfisket i Vikedal på 23 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 $\geq 1+$). 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 1993-2009. 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.

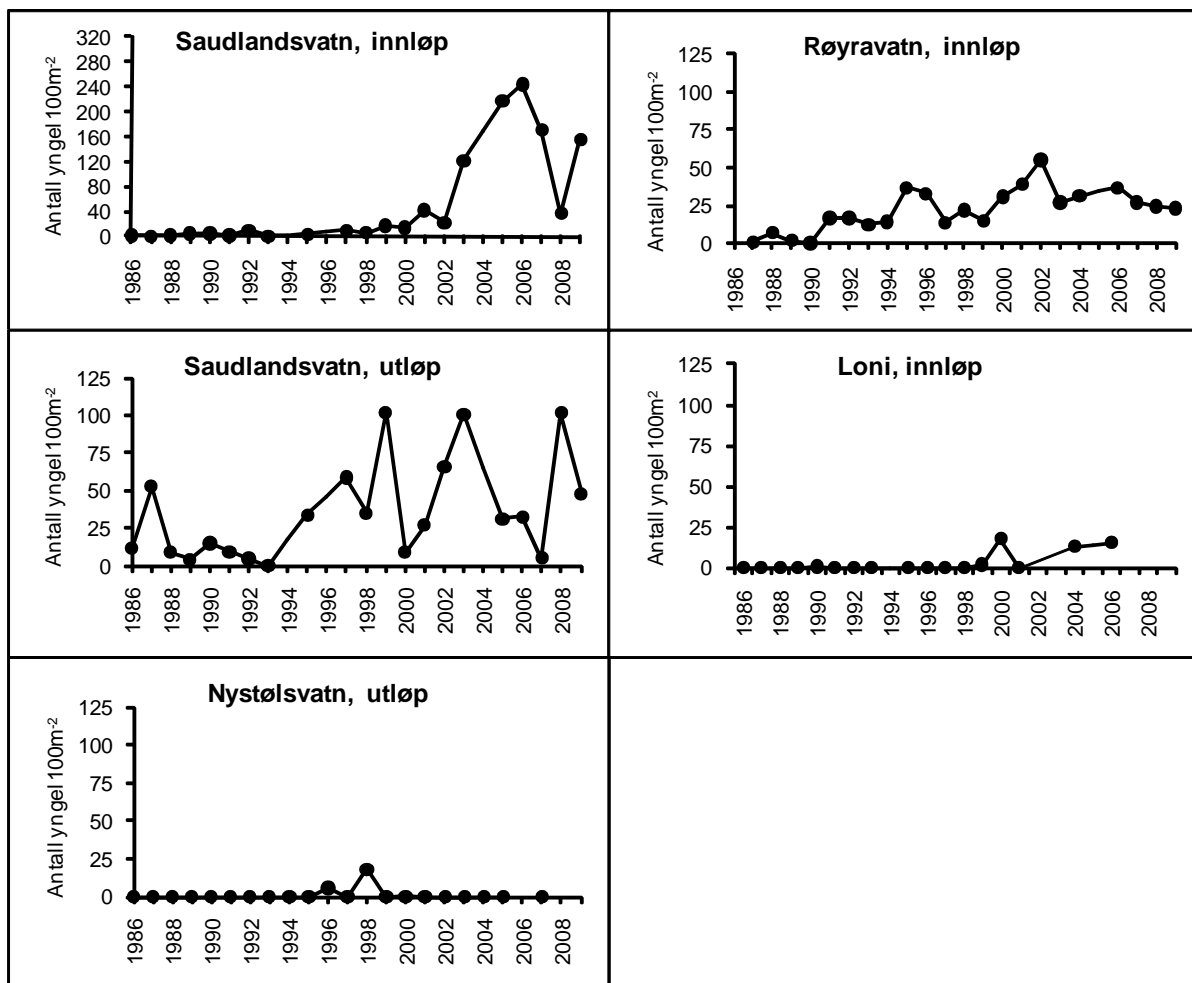
I Vikedalsvassdraget har rekrutteringen hos aure vært økende i løpet av de siste 13 årene (*Figur 37*). Det har også vært en klar økning i tettheten av eldre aureunger i dette vassdraget. I Bjerkreimsvassdraget har også tettheten av yngel og eldre aureunger økt i seinere år. Her forklarer tid (år) og 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.

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 38*). I 2008 var yngeltettheten på innløpet svært lav, men var i 2009 tilbake på et høyt nivå. 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. I 2009 var yngeltettheten på utløpet lavere enn året før, men likevel fortsatt god. 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 i de tre siste årene ligger mellom 23 og 27 individ pr. 100 m² (*Figur 38*). 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 38*). 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 prøvefiskefangstene 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. Beregnet gjennomsnittlig tetthet av yngel og eldre aureunger pr. 100 m² i bekker i Gaular-, Vikedal- og Bjerkreimsvassdraget i perioden 1987-2009 (minus 2004, 2006, 2008 og 2009 for Gaular og minus 2002, 2003, 2005, 2007 - 2009 for Bjerkreim). Linjer er trukket der det er en statistisk sammenheng mellom tetthet og tid (år).

Figure 37. 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 2009 (except for 2004, 2006, 2008 and 2009 in Gaular and 2002, 2003, 2005 and 2007 - 2009 in Bjerkreim). Lines are given in cases of a positive statistical relationship ($p > 0.05$) between density and time (year).

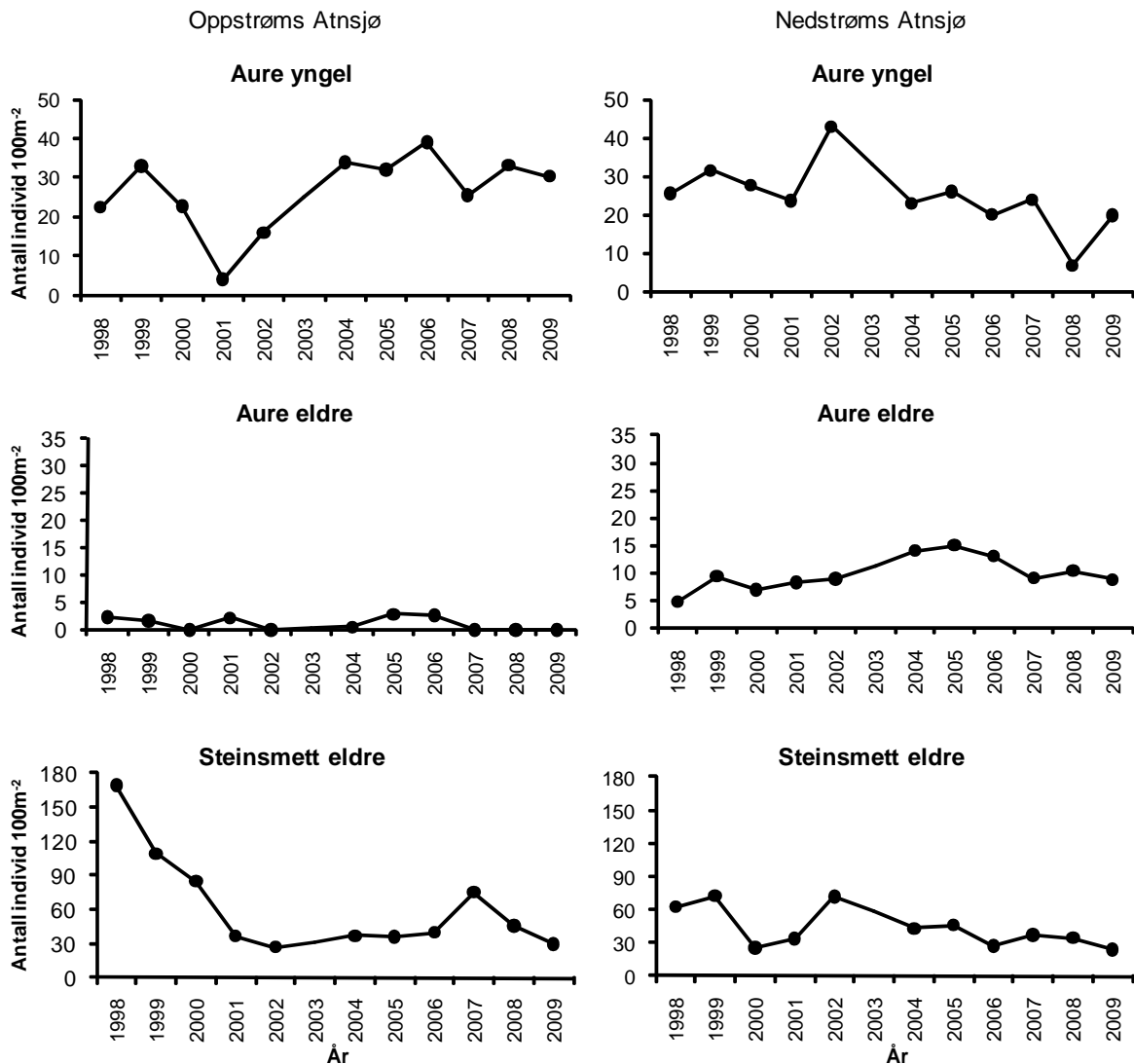


Figur 38. Antall aureyngel pr.100 m² på innløpet og utløpet av Saudlandsvatn (1986-2009), på innløpet av Røyrvatn (1987-2009), på innløpet av Loni (1987-2006) og på utløpet av Nystølsvatn (1986-2007).

Figure 38. 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 (1986-2009), inlet of Lake Røyrvatn (1987-2009), 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 39). I 2008 var det imidlertid betydelig lavere tettheter av aureyngel nedstrøms Atnsjøen, men i 2009 var tettheten av aureyngel på nivå med tidligere år. 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. 100 m² (Figur 39). Dette er avkom av stedeagne individ, da denne elvestrekningen trolig ikke fungerer som

rekrutteringsområde for aure fra Atnsjøen. Tettheten av eldre steinsmett (alder $\geq 1+$) 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 39. Tetthet av fisk pr.100 m² i Atna på stasjoner oppstrøms og nedstrøms Atnsjøen, fordelt på yngel (0+) og eldre individ ($\geq 1+$) av aure og eldre individ av steinsmett i perioden 1998-2009. I 2003 ble det ikke samlet inn fisk.

Figure 39. Estimated mean density per 100 m² stream area of young-of-the-year (age 0+) and older ($\geq 1+$) brown trout, and of older individuals of Siberian sculpin, upstream and downstream Lake Atnsjøen (1987-2009). No fish was collected in 2003.

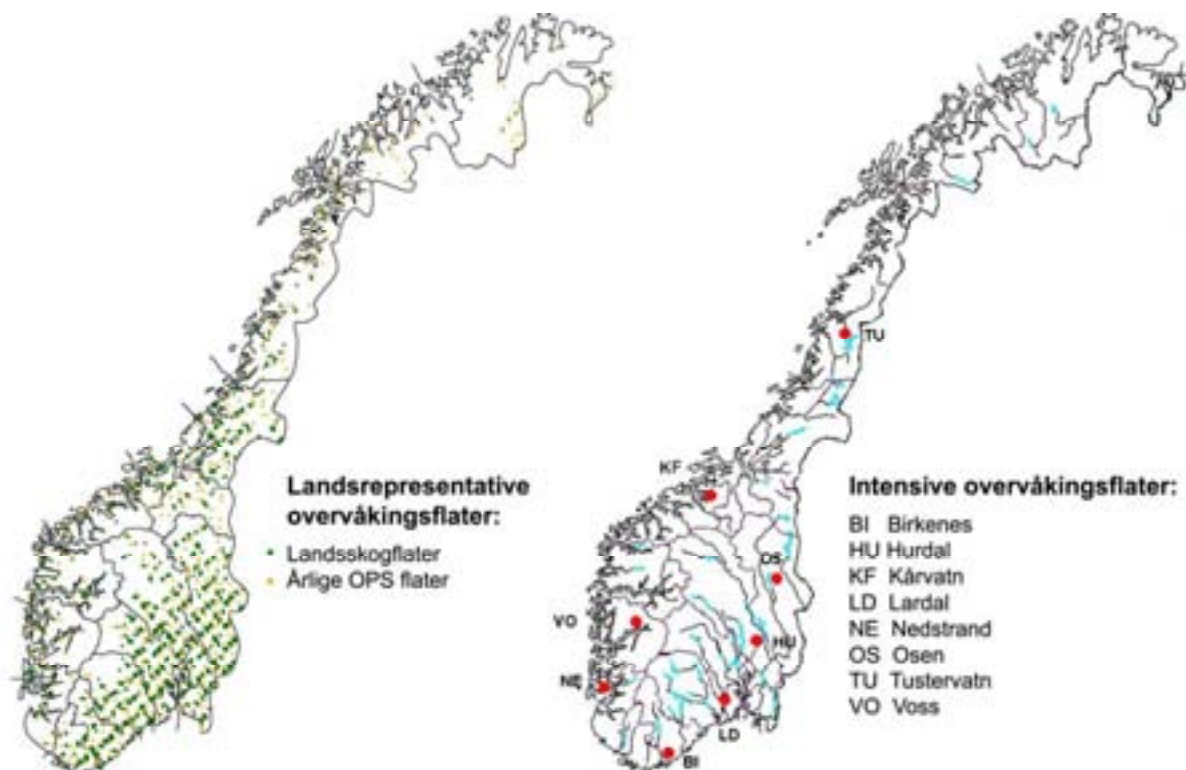
4. Det terresteriske miljøet

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

De årlige registreringene fra de **landsrepresentative flatene** og registreringene fra de **intensivt overvåkede flatene** rapporteres til det Europeiske skogskadeprogrammet ICP Forests. Fra to av de intensivt overvåkede flatene rapporteres også data til ICP IM (Integrated Monitoring). Metodene som brukes i skogskadeovervåkingen er utviklet og nedfelt i manualen (UNECE 2010) som brukes av alle de deltagende landene i det internasjonale skogskadesamarbeidet (ICP Forests). Kronetetthet, kronefarge og skadeomfang vurderes på alle trær som inngår. Kronetetthet uttrykker en estimert bar- eller løvmasse i % av et tenkt fulltett tre under rådende voksestedsbetingelser. Kronefarge hos bartrær angir graden (% misfarging) av gule, gulgrønne eller brune nåler i kronen og for bjørk ulike nyanser av gult på bladene. Kroneregistreringen reflekterer påvirkningen av biotiske, abiotiske og antropogene stressfaktorer, kombinasjoner og gjensidige påvirkninger av disse på trekronene.



Figur 40. Lokalteter som inngår i overvåkingsprogram for skogskader (OPS). De landsrepresentative flater til venstre og de intensive flater til høyre. Årlige OPS flater og alle intensive flater er ICP-Forests flater.

Figure 40. Sites in the Norwegian monitoring programme for forest damage (OPS).

Overvåking av markvegetasjon, epifyttisk vegetasjon og fauna

Programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) gjennomføres i hovedsak som integrerte studier av jord, vegetasjon og fauna i sju overvåkingsområder etablert på fastlandet i 1988-93, henholdsvis ett område i barskog i Solhomfjell og seks i bjørkeskog (se Figur 41). 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 2009 ble det ikke gjennomført ordinære undersøkelser av markvegetasjon i bjørkeskog i noen av TOV-områdene.

Vegetasjonsovervåkingen i granskog i regi av Norsk institutt for skog og landskap ble etablert i 10 områder i perioden 1988-1992 (se *Figur 41*). 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 2009 ble markvegetasjonen i granskog undersøkt i Gutulias nasjonalpark.



Figur 41. Kart over overvåkingsområdene for markvegetasjon i gran- og bjørkeskog. Lokalitetene som inngår i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) omfatter områdene med bjørkeskog samt Solhomfjell. Se tekst for aktive stasjoner i 2009.

Figure 41. 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.

Lav er mye brukt som bioindikator på luftkvalitet, der tilbakegang av lavarter ofte kan knyttes til luftas innhold av svovelforbindelser eller til gjødslingseffekten av nitrogen. Sur nedbør påvirker også lavene indirekte gjennom forsuring av substratet. Lav har artsspesifikk reaksjon på ulike forurensningstyper. Forekomst og artssammensetning kan derfor gi et mål på luft- og nedbørkvaliteten i et område. I TOVs overvåkingsområder registreres tilstanden for epifyttisk vegetasjon (lav, moser, alger), ved kvantitativ karakterisering av artssammensetning, dekning og synlig skade på lav, på stammen av utvalgte trær (furu i Solhomfjell, bjørk i øvrige områder) i prøvefelt lagt ut i høydegradier. 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 2009 ble det ikke gjennomført ordinære undersøkelser av epifytter i noen av TOV-områdene.

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 hovedgradier 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 2009).

Rovfugler befinner seg på toppen av næringskjedene, de integrerer miljøgifter fra et omfattende geografisk område, og de er ansett for å være følsomme for påvirkning fra forurensninger, f.eks. ved redusert reproduksjon. I TOV undersøkes tykkelsen av eggskall og nivået av klororganiske stoffer og tungmetaller i egg hos flere arter av rovfugl, basert på landsomfattende innsamlinger og periodevise analyser. Dette er internasjonalt mye brukte indikatorer på hunnfuglenes belastningsstatus ved starten av forplantningssesongen. 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.

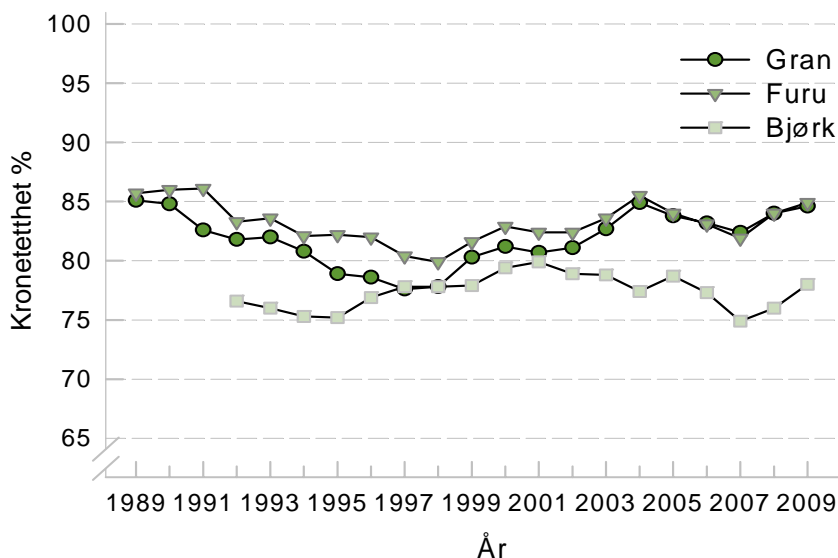
4.1 Effekter på skog

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2009, landet sett under ett, viser at skogens helsetilstand, uttrykt ved kronetetthet og kronefarge, ble styrket for både gran, furu og bjørk. Kronetettheten økte for alle de overvåkede treslagene for andre år på rad, mens kronefarge forbedret seg noe for gran og furu. Hos bjørk ble det registrert noe økt misfarging. Bare 3 % av gran- og furutrærne hadde en eller annen form for skade, mens over 20 % av bjørketrærne var skadet. Ca halvparten av skadene på bjørk var av målere.

Kronevurderinger på det landsrepresentative flatenett (ICP Forests Level I)

I 2009 ble 1695 flater oppsøkt i *den landsrepresentative overvåkingen*, og det ble utført kronetilstandsregistreringer på totalt 9547 trær (Timmermann *et al.* 2010). Kronetilstanden ble bedømt på 4353 grantrær, 2921 furutrær og 2273 bjørketrær. Gjennomsnittlig kronetetthet i 2009 var 84,6 % for gran, 84,9 % for furu og 78,0 % for bjørk (*Figur 42*). Dette representerte en økning på henholdsvis 0,6, 0,9 og 2 % 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 fram til 2007, da bjørk hadde den laveste kronetettheten for hele overvåkingsperioden. Til tross for den kraftige økningen fra 2007 til 2009, har bjørk fortsatt lav gjennomsnittlig kronetetthet. Andelen trær med fulltete kroner i 2009 var for gran 54,6 %, for furu 45,2 % og for bjørk 43,3 %. Dette representerer en liten økning for gran sammenlignet med året før, mens andelen for furu og bjørk gikk noe ned. Andelen trær med sterk kroneutglisning (kronetetthet <40 %) var for gran og furu omtrent uforandret på hhv. 4,2 og 0,7 %, mens den gikk kraftig ned for bjørk til 4 %. Som forventet har eldre trær generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Særlig gjelder dette for gran der trærne over 60 år har rundt 20 % lavere kronetetthet enn de yngre trærne.

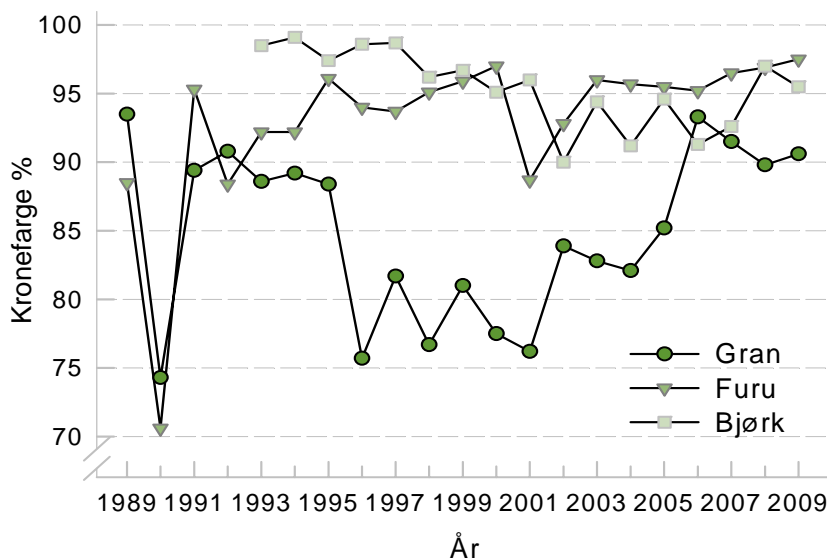


Figur 42. Utvikling i kronetetthet på de landsrepresentative flater for gran, furu og bjørk fra 1989-2009.

Figure 42. Development of crown density for Norway spruce, Scots pine and birch on the national representative plots 1989-2009.

Andelen grantrær med normal grønn kronefarge gikk noe opp fra 2008, og var på 90,6 % i 2009 (Figur 43). Dette er en av de høyeste verdiene for kronefarge hos gran som er registrert under hele overvåkingsperioden. Hele 96 % av grantrærne yngre enn 60 år hadde normal grønn farge, mot 84 % av de over 60 år. Også hos furu økte andelen trær med normal grønn farge noe, til 97,5 % i 2009. Av furutrær yngre enn 60 år hadde 98,5 % normal grønn farge, mens 97 % av de over 60 år hadde normal grønn farge. Hos bjørk sank andelen normalt grønne trær fra 2008 og lå i 2009 på 95,5 %. Hos bjørk hadde faktisk trærne over 60 år en større andel normalt grønne trær (96,6 %) enn de under 60 år (95,1 %), altså motsatt av fordelingen man finner hos gran og furu.

Det ble registrert få skader i den landsrepresentative overvåkingen på gran og furu i 2009. Bare 3 % av gran- og furutrærne hadde en eller annen form for skade, for det meste med abiotiske årsaker som snø, tørke og vind. 1 % av furutrærne var skadet av ulike insekter, mens bare 0,5 % hadde skader forårsaket av sopp. Hos bjørk var over 20 % av trærne skadet. Rundt 10 % var skadet av målere, 2,5 % av andre insekter og 4,5 % av bjørkerustsopp. Snøskader ble registrert hos 2,1 % og tørkeskader hos 1,7 % av de undersøkte bjørketrærne. Dødeligheten blant prøvetrærne var lav, i gjennomsnitt 0,2 % for alle treslagene.



Figur 43. Utvikling i kronefarge på de landsrepresentative flater for gran og furu fra 1989 og for bjørk fra 1993, fram til 2009, ICP Forests standard metode. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging).

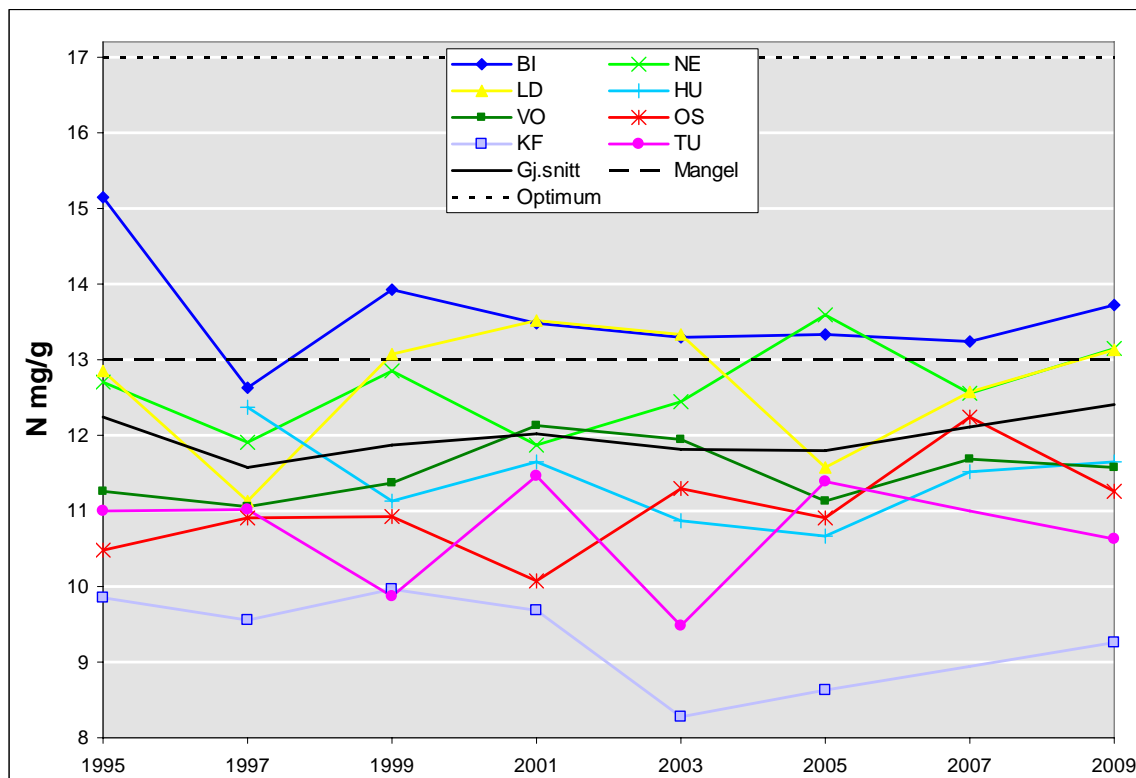
Figure 43. Development of crown colour for Norway spruce, Scots pine and birch on the national representative plots 1989-2009, ICP Forests standard method. Percentage normal green trees (0-10 % discolouration).

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

I 2009 økte kronetettheten på alle granflatene fra 2008, og gjennomsnittet lå på 84,1 % (mot 80,9 % året før) på de intensivt overvåkede flatene (Andreassen *et al.* 2010). Overvåkingsflata i Tustervatn i Nordland hadde med 74,2 % lavest kronetetthet av alle flater og høyest andel skadde trær. Andelen misfargete grantrær økte derimot betydelig fra 2008 til 2009 på noen flater. På overvåkingsflata i Lardal hadde bortimot halvparten av trærne misfarging, og i Hurdal ca en tredjedel. Gjennomsnittlig andel trær med normal grønn farge på granflatene var 85 % i 2009, mot 94 % året før.

Kjemisk analyse av barnåler blir gjennomført annethvert år. Prøvetrærne har, med ett unntak, vært de samme siden 1995. Konsentrasjonen av nitrogen (N) i barnålene økte i Birkenes, Nedstrand og Lardal og var på disse tre flatene i området for tilstrekkelig næringskonsentrasjon. På de andre flatene lå N-konsentrasjonen klart under mangelgrensa (Figur 44). N-mangel er imidlertid normalt i boreale barskoger, hvor dette er det viktigste vekstbegrensende næringsstoffet. Flata på Sørlandet (Birkenes) hadde den høyeste konsentrasjonen av N i barnålene, 13,7 mg/g. Bare i 1995 og 1999 ble det målt høyere konsentrasjoner av N i barnålene i Birkenes. Lardal hadde like høye N-konsentrasjoner i nålene som Nedstrand (13,1 mg). De to flatene på Sørvestlandet (Birkenes, Nedstrand), som er mest utsatt for langtransporterte forurensninger, hadde de høyeste svovel (S) -verdier i barnålene av alle overvåkingsflater, og Birkenes var den eneste som hadde verdier rundt optimumsgrensa for S. Med unntak av Birkenes gikk innholdet av S i barnålene ned på alle flater fra 2007 til 2009. I Hurdal og Kårvatn (furu) lå konsentrasjonen av S under mangelgrensa, og i Tustervatn så vidt over denne. Konsentrasjonen av kalsium (Ca), kalium (K) og magnesium (Mg) i barnålene lå i området for normal eller optimal næringskonsentrasjon på alle flater. Konsentrasjonen av fosfor (P) var lav i Nedstrand, Hurdal

og Tustervatn, og mangelfull i Kårvatn. Selv om barnålenes P-konsentrasjoner var lave på noen av flatene, var de likevel på et tilstrekkelig nivå i forhold til de lave N-konsentrasjonene. Også de andre makronæringsstoffene fantes i tilstrekkelige konsentrasjoner i forhold til N på alle flater Osen, som har hatt de høyeste konsentrasjonene av Ca og P av alle flater i nesten alle år siden 1995, hadde imidlertid lave verdier for forholdet mellom N og hhv. Ca og P, noe som indikerer at det er for lite nitrogen på denne flata i forhold til disse næringsstoffene.

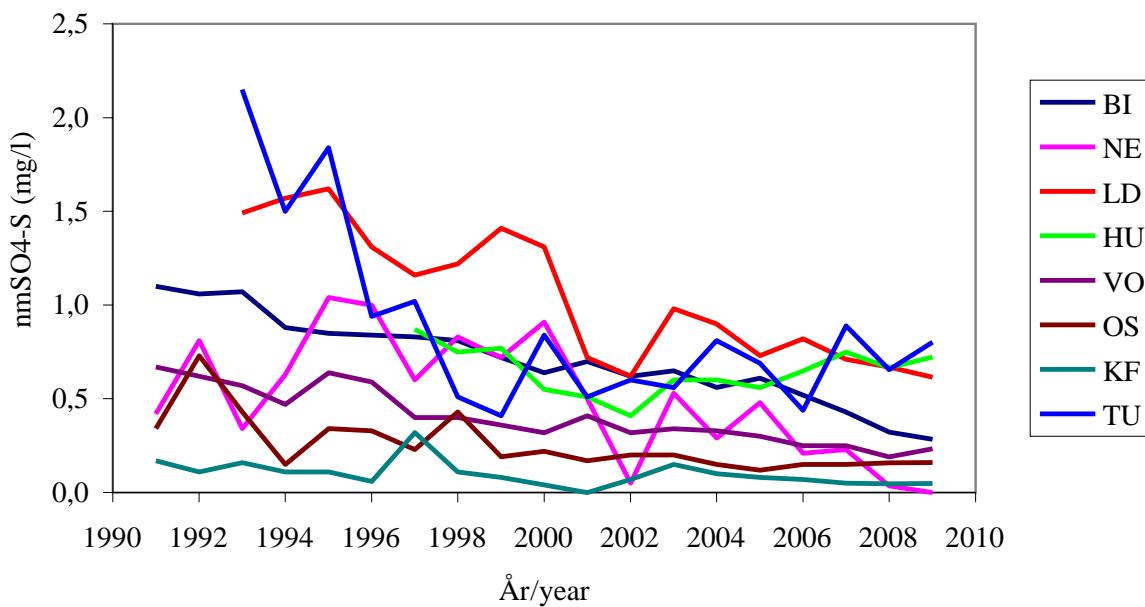


Figur 44. Endringer i nitrogenkonsentrasjon i barnåler (N mg/g tørrstoff) på flatene i Birkenes, Nedstrand, Lardal, Hurdal, Voss, Osen, Kårvatn og Tustervatn 1995-2009. Gj.snitt: Gjennomsnitt. Mangel- og optimumsgrenser etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997).

Figure 44. Changes in concentrations of N (mg/g dry weight) in needles at Birkenes, Nedstrand, Lardal, Hurdal, Voss, Osen, Kårvatn and Tustervatn 1995-2009. Gj.snitt=Mean. Deficiency (Mangel) and optimum limits according to Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997).

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 45). Nedfallet av ikke-marint sulfat har vært avtakende, særlig sør i landet, siden 1990. Nedfallet av uorganisk nitrogen har også blitt redusert, men ikke i like stor grad. Feltene sør i landet hadde generelt litt 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. Økte 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 45. Langtidstrender i ikke-marint (nm) SO4-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

Figure 45. Long-term trends in non-marine (nm) SO4-S in soil water from 15 cm depth.

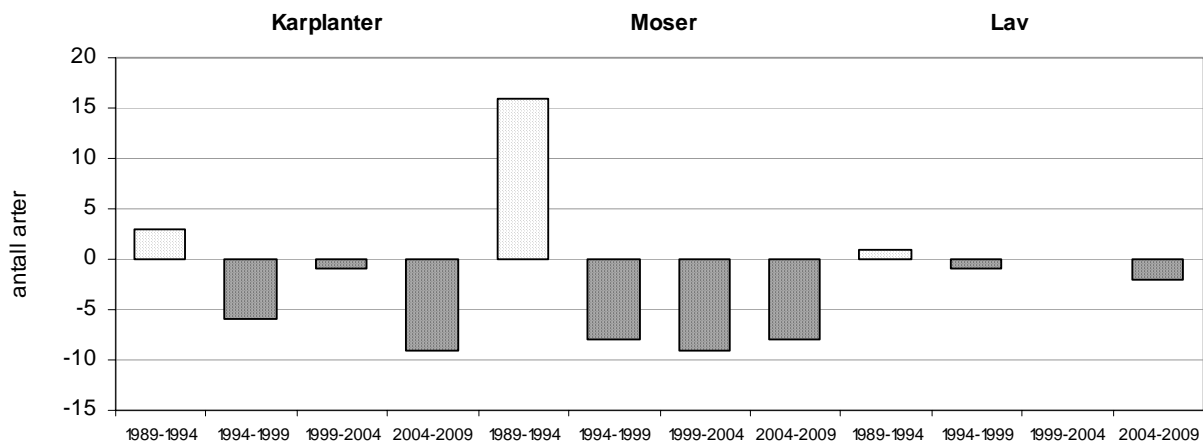
4.2 Effekter på markvegetasjon

Markvegetasjonen i barskog i Gutulia nasjonalpark

Ved utgangen av 2009 er markvegetasjonen i overvåkingsområdene i granskog analysert minst fire ganger i åtte av de ti opprinnelige områdene som undersøkes av Norsk institutt for skog og landskap. Vegetasjonsanalysene i Lundsneset og Øyenskavlen er ikke videreført etter 2002 av økonomiske grunner. I 2009 ble overvåkingsområdet i Gutulia undersøkt for femte gang (1989, 1994, 1999, 2004, 2009), og resultatene presenteres her. Overvåkingsområdet i Gutulia ligger i et område av landet med lite påvirkning fra langtransporterte forurensninger.

I de 50 reanalyserte rutene i Gutulia ble 110 arter registrert i 2009: 36 karplanter, 30 bladmoser (inkludert torvmoser), 20 levermoser og 14 lav. Totalt antall registrerte arter var noe lavere enn i de foregående årene (med 124, 125, 120 og 113 arter i hhv 1989, 1994, 1999 og 2004), der særlig antall arter av moser er mest redusert over perioden. Figur 46 viser antall arter med signifikant økning eller tilbakegang i mengde (målt som frekvens) mellom de ulike registreringsårene. I perioden 2004-2009 ble det funnet signifikant tilbakegang for hele ni karplantearter (krekling, skogstorkenebb, fugletelg, linnea, småtveblad, gjøksyre, nikkevintergrønn, gullris, skogstjerne). Blant mosene gikk fire bladmoser (sprikelundmose, bergsigd, furumose, bekkerundmose), én torvmose (klubbetorvmose) og tre levermosearter

(myrskjeggmoser, piggrådmose, storhoggtann) signifikant tilbake. Også to lav (stubblesyl, gaffellav) gikk signifikant tilbake i perioden. For perioden 1989-2009 ble det registrert signifikant tilbakegang for 11 karplantarter (krekling, tyttebær, skogstorkenebb, fugletelg, beitesvæver, småtveblad, nikkevintergrønn, engsoleie, gullris, skogstjerne, gulaks), mens én karplantart (skogsvæver) gikk fram. Blant mosene ble det registrert signifikant tilbakegang for seks bladmosearter og sju levermosearter i 20 årsperioden, mens én bladmoseart viste framgang. To lavararter viste signifikant tilbakegang i perioden 1989-2009. Analysene av artssammensetning (ved DCA-ordinasjon av 50 ruter analysert alle år) viste ingen signifikante endringer for de fattigere prøveflatene over perioden 2004-2009, mens det var en signifikant reduksjon i scoreverdier for de rikere prøveflatene langs DCA 1. For hele perioden 1989-2009 var det bare signifikante endringer for den noe fattigere delen av DCA 2, mot noe tørrere voksesteder.



Figur 46. Antall arter av karplanter, moser og lav i overvåkingsområdet i Gutulia med signifikant framgang (positive verdier) eller tilbakegang (negative verdier) mellom analyseårene 1989, 1994, 1999, 2004 og 2009, 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 1989, 1994, 1999, 2004 and 2009 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.

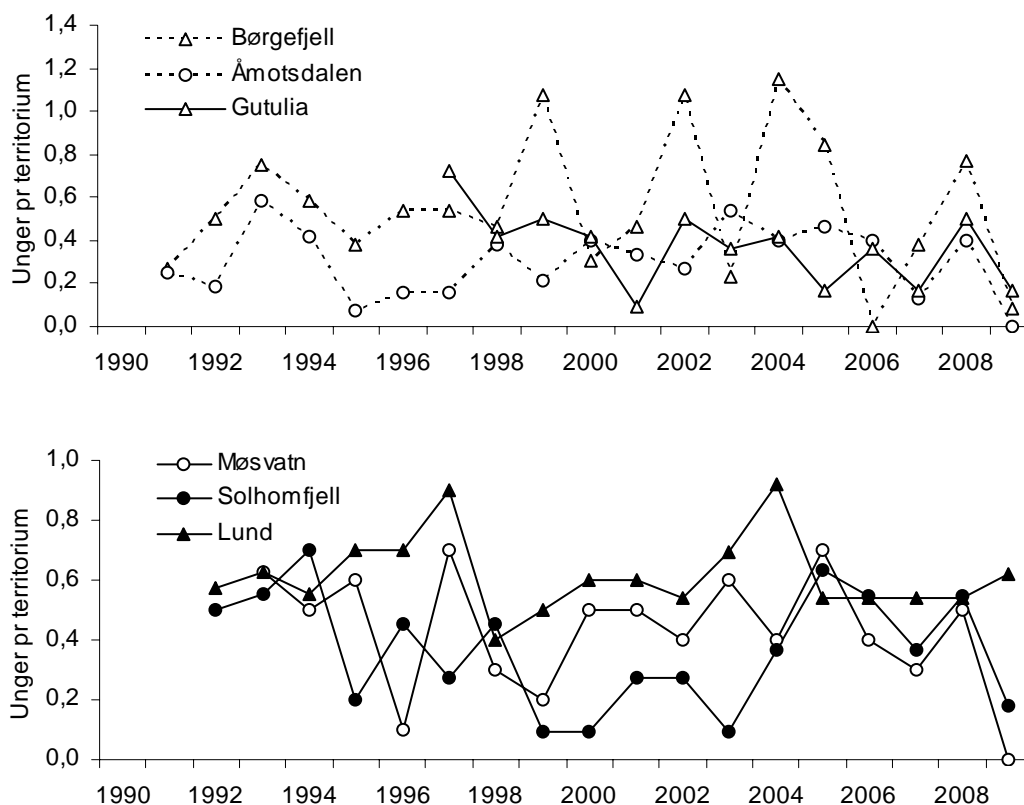
I perioden 2004-2009 har alle artsgruppene unntatt torvmoser hatt en signifikant reduksjon i antall arter pr. prøveflate. Dette var første femårsperiode med signifikant reduksjon i antall karplanter pr. prøveflate, med en gjennomsnittlig reduksjon på 0,54 arter pr. prøveflate, men det var også negative ikke-signifikante endringer i gjennomsnittlig antall karplanter pr. prøveflate i de to første femårsperiodene. I 20-årsperioden var det en signifikant reduksjon, med en gjennomsnittlig tilbakegang på 1,12 karplanter pr. prøveflate. Gjennomsnittlig antall moser pr. prøveflate gikk signifikant tilbake i hver av de tre siste femårsperiodene, med i snitt 1,62 færre arter bare i siste femårsperiode. I hele 20-årsperioden ble det i gjennomsnitt 2,06 færre mosearter pr. prøveflate. Antall arter lav i flatene gikk signifikant tilbake i de to siste femårsperiodene, og for hele 20-årsperioden var det en gjennomsnittlig tilbakegang på 0,68 lavararter pr. prøveflate. Artsmangfoldet i granskogsflatene i Gutulia er således totalt sett

betydelig redusert, og mange arter har fått reduserte frekvens. Det er imidlertid ikke mulig å konkludere med en tydelig årsaksfaktor, verken for karplantene eller for kryptogamene.

4.3 Effekter på fauna

Rovfugl

Ungeproduksjonen hos kongeørn og jaktfalk er generelt sterkt avhengig av tilgang på føde, dvs forekomst av hønsefugler og hare for kongeørn og ryer for jaktfalk. For kongeørn vil imidlertid også tilgangen på kadaver fra vilt og husdyr kunne være en viktig føderessurs. Resultatene fra overvåkingsområdene viser betydelig variasjon fra år-til-år i ungeproduksjonen hos kongeørn, noe som ofte kan relateres til variasjon i tilgangen på næring. Dette mønsteret er enda mer utpreget for jaktfalk. Overvåkingen av kongeørn og jaktfalk i perioden 1991–2009 har vist at ungeproduksjonen ligger innenfor normal variasjon for alle de undersøkte bestandene. Produksjonen av kongeørnunger er ikke vesentlig annerledes for de sørlige, forurensningsbelastede overvåkingsområdene Lund og Solhomfjell enn for de nordlige områdene Åmotsdalen og Børgefjell (*Figur 47*). I perioder har ungeproduksjonen hos kongeørn vært lav i enkelte områder (f.eks. Solhomfjell 1998-2003), uten at en har funnet noen klar årsak til dette. I 2009 var det spesielt lav ungeproduksjon hos både kongeørn og jaktfalk i alle TOV-områdene i fjellet; kun området i Lund viste normal produksjon. Dette skyldes trolig dårlig tilgang på småvilt som bytte i fjellområdene, mens tilgangen på alternative byttekilder (hjortedyr, åtsler) kan ha vært bedre i de sørligste områdene (Lund, Solhomfjell).

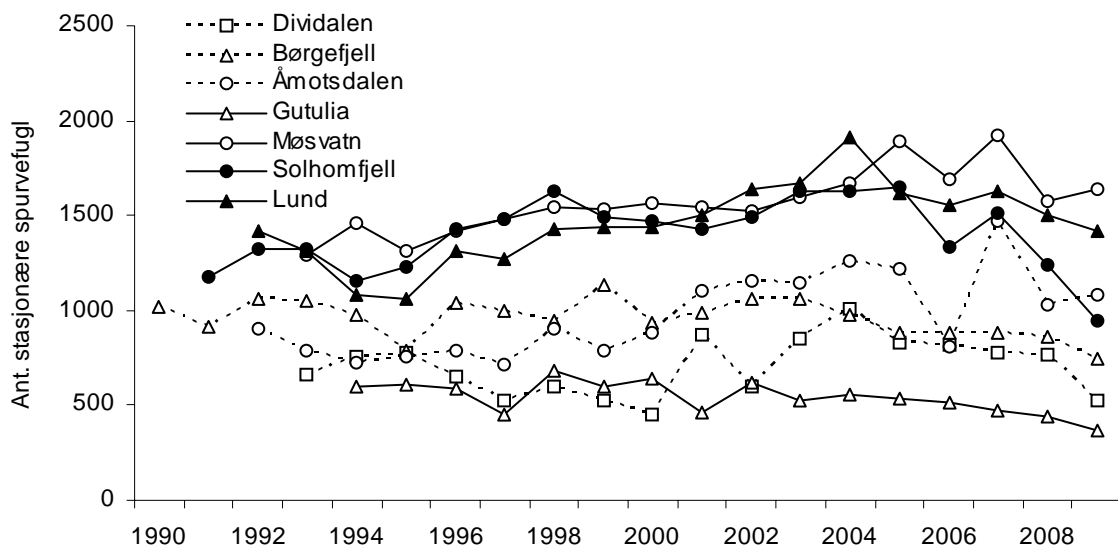


Figur 47. Ungeproduksjon pr undersøkt territorium hos kongeørn i TOV-områder 1990-2009.

Figure 47. Production of young per investigated territory of golden eagles at the monitoring sites 1990-2009.

Spurvfugler

Spurvfuglartene 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 spurvfuglfaunaen for TOV-områdene. Etter 2009-sesongen har vi tidsserier for bestandsutviklingen for spurvfugl på minst 16 år i de ulike områdene, noe som gir grunnlag for å vurdere utviklingen av spurvfuglbestander i boreal skog. Noen få av de aktuelle fugleartene, f.eks. bjørkefink og gråsisik, viser særlig stor bestandsvariasjon mellom år og områder og har en invasjonspreget forekomst. Hvis vi utelater observasjoner av slike arter, viser takseringene at de sørlige områdene (Lund, Solhomfjell, Møsvatn) generelt har flere observasjoner av spurvfugl enn de nordlige (*Figur 48*). Ut fra områdenes generelle produktivitet er dette som forventet. Bestandsnivået for slike mer stasjonære arter viste nedgang for alle overvåkingsområder fra 2007 til 2008 og videre i 2009, unntatt for en svak oppgang i 2009 for Møsvatn og Åmotsdalen. Også for artene med mest typisk invasjonsartet opptreden (bjørkefink, gråsisik og grønnsisik) ble det registrert relativt lave bestander i de fleste TOV-områdene i 2009. 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 spurvfugl i boreal skog for perioden 1990-2009. Nedgangen i spurvfuglbestandene de siste årene kan muligens knyttes til perioder med kaldt, ugunstig vær i kritiske perioder i hekkesesongen i disse årene.



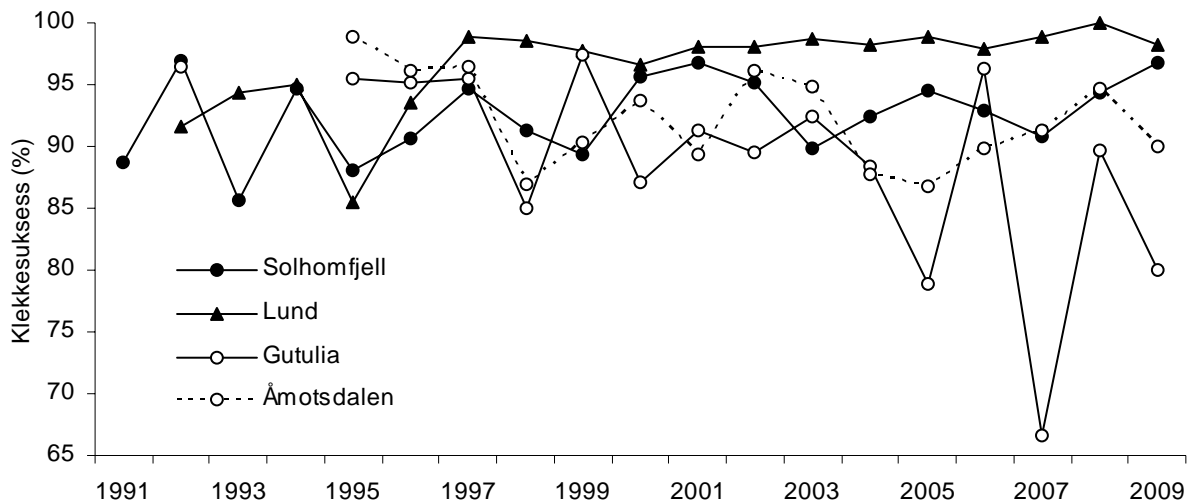
Figur 48. Bestandsendringer hos 'stasjonære' spurvfugler i TOV-områdene 1990-2009.

Figure 48. Changes in the populations of regular, territorial passerine birds at the monitoring sites 1990-2009.

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 49*). 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. Spesielt har klekkesuksessen i Gutulia i perioder ligget svært lavt, noe som trolig skyldes ugunstige lokale klimaforhold. I 2009 var klekkesuksessen igjen lavere enn året før i Åmotsdalen og særlig i Gutulia, men på tilfredsstillende nivå for både Lund og Solhomfjell. Overlevelsen av unger fra klekte egg til flygedyktig alder har (med få unntak) vært relativt høy (minst 90 %) for alle år og områder.



Figur 49. Klekkesuksess hos svarthvit fluesnapper i TOV-områder 1991-2009, angitt som klekte egg i prosent av lagte egg i kull som ikke ble ødelagt.

Figure 49. Hatching success of pied flycatchers at the monitoring sites 1991-2009, given as hatched eggs in per cent of laid eggs in clutches that were not destroyed.

5. Referanser

Luft og nedbør:

- ECE 1996. Manual on methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. Geneva, Convention on long-range transboundary air pollution.
- EU 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Off. J.Eur. Com., L 141, 11/06/2008, 1-44
- Klif. 2010. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2009. Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. Klif rapport 1074/2010. TA-2664/2010. NILU OR 33/2010
- Statens forurensningstilsyn (1992) Virkninger av luftforurensning på helse og miljø: Anbefalte luftkvalitetskriterier. Oslo (SFT-rapport 92:16).

Vannkjemi og vannbiologi:

- Hesthagen, T. & Østborg, G. 2008. Endringer i areal med forsuret fiskebestander i norske innsjøer fra rundt 1990 til 2006. NINA Rapport 169, 114 s.
- 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 Bondselva 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.
- SFT 2009. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport – Effekter 2008. - SFT-rapport 1057/2009, TA-2546/2009. 163 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.
- Aagaard, K. & Dolmen, D. 1996. *Limnofauna Norvegica*. Katalog over norsk ferskvannsfauna. s. 130 – 135. Tapir Forlag, Trondheim.

OPS

- Andreassen, K., Clarke, N., Timmermann, V. & Røsberg, I. 2010. Intensiv skogovervåking i 2009. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Rapport fra Skog og landskap xx/2010. In prep.
- Brække, F.H. 1994. Diagnostiske grenseverdier for næringselementer i gran- og furunåler. *Aktuelt fra skogforskningen* 15/94: 1-11.
- Hüttl, R.F. 1991. Die Blattanalyse als Monitoring-Instrument im Waldökosystem. In: *Proceedings from IUFRO and ICP-Forests Workshop on monitoring*, Prachatic, CSFR. 139-147.
- Stefan, K. A. Fürst, R. Hacker and U. Bartels, 1997. Forest Foliar Condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years). EC-UN/ECE, 1997, Brussels, Geneva, 207 pp.
- Timmermann, V., Høyen, G. & Andreassen, K. 2010. Helsetilstanden i norske skoger: Resultater fra landsrepresentativ overvåking 1988-2009. Rapport fra Skog og landskap xx/2010. In prep.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2010. Revised 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. Revised 2010. In Prep.

TOV

- DN 1997. *Natur i endring*. Program for terrestrisk naturovervåking 1990-1995. Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim. 160 s.
- Framstad, E. (red.). 2010. *Natur i endring*. Terrestrisk naturovervåking i 2009: Markvegetasjon, smågnagere og fugl. NINA Rapport 580 (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:

- Klif 2010. Overvåking av langtransporterte forurensninger 2009. Sammendragsrapport. Klif rapport 1073/2010, TA-2663/2010. NIVA-rapport 5986-2010.

Utførende institusjoner NILU, NIVA, NINA, LFI, Uni Miljø, Skog og landskap	ISBN-nummer 978-82-577-5721-2
---	----------------------------------

Oppdragstakers prosjektansvarlig Brit Lisa Skjelkvåle	Kontaktperson Klif Gunnar Skotte	TA-nummer TA-2663/2010
--	-------------------------------------	---------------------------

	År 2010	Sidetall 86	Klifs kontraktnummer 6004057
--	------------	----------------	---------------------------------

Utgiver Norsk institutt for vannforskning NIVA-rapport 5986-2010	Prosjektet er finansiert av Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) Direktoratet for naturforvaltning (DN) Landbruks- og matdepartementet (LD)
--	--

Forfatter(e) Ann Kristin Schartau (NINA), Arne Fjellheim (LFI, Uni Miljø), Bjørn Walseng (NINA), Brit Lisa Skjelkvåle (NIVA), Erik Framstad (NINA), Godtfred A. Halvorsen (LFI, Uni Miljø), John Atle Kålås (NINA), Jørn-Frode Nordbakken (Skog og landskap), Karl Espen Yttri (NILU), Kjell Andreassen (Skog og landskap), Liv Bente Skancke (NIVA), Nicholas Clarke (Skog og landskap), Randi Saksgård (NINA), Stein Manø (NILU), Sverre Solberg (NILU), Thomas C. Jensen (NINA), Tonje Økland (Skog og landskap), Tore Høgåsen (NIVA), Trygve Hesthagen (NINA), Volkmarr Timmermann (Skog og landskap), Wenche Aas (NILU).

Tittel - norsk og engelsk Overvåking av langtransporterte forurensninger 2009. Sammendragsrapport Monitoring long-range transboundary air pollution 2009. Summary report

Sammendrag Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 2009 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 2009 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
--	--



Klima- og forurensningsdirektoratet

Postboks 8100 Dep,
0032 Oslo
Besøksadresse: Strømsveien 96

Telefon: 22 57 34 00
Telefaks: 22 67 67 06
E-post: postmottak@klif.no
www.klif.no

Om Statlig program for forurensningsovervåking

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

- overgjødning
- forsuring (sur nedbør)
- ozon (ved bakken og i stratosfæren)
- klimagasser
- miljøgifter

Overvåkingsprogrammet skal gi informasjon om tilstanden og utviklingen av forurensningssituasjonen, og påvise eventuell uheldig utvikling på et tidlig tidspunkt. Programmet skal dekke myndighetenes informasjonsbehov om forurensningsforholdene, registrere virkningen av iverksatte tiltak for å redusere forurensningen, og danne grunnlag for vurdering av nye tiltak.

Klima- og forurensningsdirektoratet er ansvarlig for gjennomføringen av overvåkingsprogrammet.

SPFO-rapport 1073/2010
TA-2663/2010
ISBN 978-82-577-5721-2