



Statlig program for forurensningsovervåking

Oppdragsgiver Statens forurensningstilsyn
Direktoratet for naturforvaltning
Landbruksdepartementet

Rapport 735/98

Utførende institusjoner Norsk institutt for luftforskning
Norsk institutt for vannforskning
Norsk institutt for naturforskning
LFI, Zoologisk institutt, UiB
Norsk institutt for skogforskning
Norsk institutt for jord- og skogkartlegging

Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør Overvåkingsprogram for skogskader Sammendrag av årsrapporter 1997



Statlig program for forurensningsovervåking

Overvåking av langtransportert forurenset luft og
nedbør

Overvåkingsprogram for skogskader

Sammendrag av årsrapporter 1997

Forord

Rapporten presenterer sammendrag av resultatene for 1997 fra to overvåkingsprogrammer: "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" og "Overvåkingsprogram for skogskader".

Programmet for "**Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør**" startet i 1980 i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT) etter avslutningen av forskningsprosjektet "Sur nedbørs virkning på skog og fisk" (SNSF-prosjektet). SFT har hovedansvaret for koordineringen av overvåkingsprogrammet og administrerer overvåkingen av atmosfæriske tilførsler og den vannkjemiske overvåkingen. Direktoratet for naturforvaltning (DN) administrerer den biologiske delen av overvåkingsprogrammet. Det faglige ansvaret for de forskjellige delene av programmet er fordelt mellom Norsk institutt for luftforskning (NILU) (atmosfæriske tilførsler), Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (vannkemi), Norsk institutt for naturforskning (NINA) (fisk- og krepsdyrundersøkelser), Zoologisk institutt, Universitetet i Bergen (UiB) (bunndyrundersøkelser). Det faglige samarbeidet koordineres gjennom en arbeidsgruppe oppnevnt av SFT der SFTs representant har formannsvervet. Gruppen består av følgende medlemmer: Tor Johannessen, SFT, Steinar Sandøy, DN, Kjetil Tørseth, NILU, Arne Henriksen og Brit Lisa Skjelkvåle, NIVA, Trygve Hesthagen, NINA og Gunnar G. Raddum, UiB.

I 1985 ble det opprettet et eget "**Overvåkingsprogram for skogskader**" (OPS), drevet med midler fra Landbruksdepartementet (LD) og SFT. Norsk institutt for skogforskning (NISK) er programansvarlig. Foruten NISK, deltar Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) og NILU i programmet. OPS har et eget organ for koordinering, og det er også tilknyttet en Vitenskapelig Referansegruppe med eksterne fagfolk.

Norge rapporterer data fra programmene "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" og "Overvåkingsprogram for skogskader" til effektprogrammer (ICP Waters, ICP Integrated Monitoring og ICP Forest) under FNs konvensjon for grenseoverskridende luftforurensninger (CLRTAP). Data for atmosfæriske tilførsler fra programmet "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør" rapporteres til EMEP.

Hovedansvarlige for utarbeidelse av årsrapporten har vært:

Atmosfærisk tilførsel: Anke Lükewille, Kjetil Tørseth (NILU):

Vannkjemisk overvåking: Brit Lisa Skjelkvåle, Tor S. Traaen (NIVA)

Jordkemi feltforskningsområder: Arne Stuanes, Gunnar Abrahamsen (NLH),
Ingvald Røsberg (NISK)

Vannbiologisk overvåking:

Fisk: Randi Saksgård, Trygve Hesthagen (NINA):

Krepsdyr: Gunnar Halvorsen, Terje Nøst, Ann Kristin Schartau, Bjørn Walseng (NINA)

Bunndyr: Arne Fjellheim, Gunnar G. Raddum (UiB)

Skogovervåking:

Landsrepresentative flater: Christian Nellemann, Mette Goul Thomsen (NIJOS):

Intensive og fylkesvise flater: Svein Solberg, Ingrid Ann Berg, Knut Breivik, Tone Groeggen,
Espen Moshau, Dan Aamlid (NISK)

Redaktør for rapporten har vært Brit Lisa Skjelkvåle, NIVA.

Oslo, 15 juni 1998

Ola Glesne

Tor Johannessen

Referer til denne rapporten som:

SFT, 1998. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1997. SFT-rapport 735/98.

Sammendragsrapporten er basert på følgende hovedrapporter:

Luft og nedbør:

SFT, 1997. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1997. SFT-rapport under utarbeidelse. Vil bli tilgjengelig fra ca. 1 juli 1998.

Vannkjemi og vannbiologi:

SFT, 1997. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 1997. SFT-rapport under utarbeidelse. Vil bli tilgjengelig fra ca. 1 oktober 1998.

Skog:

Solberg, S., Berg, I.A., Breivik, K., Groeggen, T., Tørseth, K., Moshaug, E., Aamlid, D.. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 1997. *Intensive forest monitoring plots. Results 1997*. Rapport fra Skogforsk 1998 under utarbeidelse.

Groeggen, T. 1997. Fylkesvise lokale overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 1997. *Local county monitoring plots. Vitality survey 1997*. Rapp. Skogforsk 8/97:1-13.

Støen, O.G., Nellemann, C., Eriksen, R. 1998. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-97 - statistikk. *National monitoring of forest vitality in Norway 1989-97 - statistics*. NIJOS-rapport 1/98. Norsk institutt for jord og skogkartlegging. Ås. 48 s.

Innhold

Forsuringsstatus i 1997	5
Sammendrag og konklusjoner	6
Summary and conclusions in English	11
1. Overvåkingsprogrammene	18
1.1 Atmosfæriske tilførsler	18
1.2 Effekter	18
1.2.1 Vannkjemisk overvåking	19
1.2.2 Vannbiologisk overvåking	19
1.2.3 Skogovervåking	19
2. Overvåking av luft og nedbør	24
2.1 Utslipp	24
2.2 Nedbørkjemi – våtavsetninger	24
2.3 Luftens innhold av forurensninger – tørravsetninger	27
2.4 Bakkenært ozon	29
3. Vannkjemisk overvåking	31
3.1 Endringer i vannkjemi fra 1980 - 1997	32
3.1.1 Elver som ikke er kalket	34
3.1.2 Elver som er kalket	34
3.1.3 "100-sjøer"	37
3.1.4 Trender i kjemi i innsjøer i Øst-Finnmark	39
3.1.5 Feltforskningsstasjoner	40
3.1.6 Overvåking av jordkjemi i feltforskningsområdene	42
4. Vannbiologisk overvåking	43
4.1.1 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer	43
4.1.2 Ungfiskregistreringer hos aure i gytebekker	47
4.2 Planktoniske og litorale krepsdyr	49
4.3 Regionale bunndyrundersøkelser.	51
4.3.1 Vassdrag	51
4.3.2 Innsjøer	52
5. Skogovervåking	55
5.1 Landsrepresentative overvåkingsflater	55
5.2 Intensive skogovervåkingsflater	60
5.3 Fylkesvise lokale overvåkingsflater	64
6. Rapportoversikt	67

Forsuringsstatus i 1997

Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid er utslippene i Europa redusert med over 48% fra 1980 til 1995. Utslipsreduksjonen har vært størst i de vestlige land, men også i øst er reduksjonene på over 30%. Som en følge av dette har konsentrasjonen av sulfat i nedbør avtatt med 40-60% i Sør-Norge og 50-60% i Nord-Norge siden 1980. Luftens innhold av sulfat har avtatt med 45-60% fra 1980 til 1997. For svoveldioksid har reduksjonen vært 60-80%.

Nedgangen i sulfatdeposisjonen har medført nedgang i sulfatinnhold i elver og innsjøer på 30-40 % fra 1980-1997. Etter noen år med lite nedgang i sulfat viser 1997 de laveste sulfatnivåene for elver, innsjøer og feltforskningsstasjoner som er registrert så langt innen overvåkingen. Den positive utviklingen i vannkvalitet med økning i pH og ANC (syrenøytraliserende kapasitet) og nedgang i uorganisk (giftig) aluminium som har vært tydelig fra 1990-1991, ser imidlertid til å ha flatet ut mellom 1995 og 1997. Både fiske- og bunndyrundersøkelser viser at forurensningstilstanden er i ferd med å bedres, men fortsatt er det en ustabil situasjon.

Nitrat og ammonium har ikke vist signifikante endringer i nedbør siden målingene av disse komponentene startet i 1984. Det er heller ingen systematiske trender i konsentrasjonene av nitrat i overflatevann for perioden 1980-1997 og på regional basis er nitratnivået uendret. Det kan se ut til at innsjøer og elver viser en nedgang i nitrat i 1997. Nitrogennivået varierer imidlertid en god del fra år til år både i elver og innsjøer uten at det er noe tydelig mønster mot økende eller avtagende nitrogennivåer. Siden nitrogenbelastningen er tilnærmet konstant og svovelbelastningen avtar, øker den relative betydningen av nitrogen for forurensningssituasjonen.

Kronetettheten i granskogen i Sør- og Midt-Norge har hatt en jevn nedgang på 7% i perioden 1989-97. Antall flater med kontinuerlig misfarging er fordoblet siden 1993, og grantrær med misfarget krone forekommer nå på mer enn halvparten av flatene. Avdøingen av trær er lav på nasjonalt nivå, men det er betydelige regionale forskjeller i andelen død granskog. Det er små variasjoner for furu og bjørk. Årringtilveksten og volumtilveksten i granskogen er i de seinere årene redusert i de sterkest belastede delene av Sørøst-Norge. En rekke naturlige forhold, herunder klima, påvirker skogens vekst. Store deler av misfarging og nåletapet er defor sannsynligvis et resultat av naturlige årsaker. Næringsubalanse mellom nitrogen og andre stoffer i nåler er for første gang observert i granskog i Sørøst-Norge. Flater med ubalansert næringsforhold hadde redusert tilvekst. Deler av den negative utvikling, herunder tilvekst, næringsstatus i jord og nåler, samt misfarging i Sørøst-Norge, kan skyldes indirekte effekter av langtransportert luftforurensning. Dersom det nåværende deposisjonsnivå opprettholdes kan det på sikt forventes økte skader på skogen i det sørøstligste Norge.

Sammendrag og konklusjoner

Tilførsler

Atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon

Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid har konsentrasjonen av sulfat i nedbør avtatt med 40-60% i Sør-Norge og 50-60% i Nord-Norge siden 1980. Konsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør har også gått ned med 60-80%. Derimot har innholdet av nitrogen-komponenter i nedbør og luft endret seg lite. Både i Sør- og Nord-Norge var middel-konsentrasjonene av samtlige hovedkomponenter i nedbør generelt noe lavere i 1997 sammenlignet med 1996. Det var for de fleste målesteder med unntak av Svanvik og Ny-Ålesund, lavere konsentrasjonsnivåer av svoveldioksid og partikulært sulfat, sammenlignet med 1996. Våtavsetningen av sulfat har avtatt siden 1980, og den er på landsbasis, med unntak av Svalbard, den laveste som er målt hittil.

Beregnet tørravsetning av svovel utgjorde i hele landet, unntatt Finnmark, 5-18% av de totale avsetningene om vinteren og 20-41% i vekstsesongen 1997. I Finnmark var tørravsetningen av svovel dominerende med ca. 75% av den totale avsetningen om vinteren og ca. 84% i vekstsesongen.

Kvikksølv viser tydelig nedgang i konsentrasjonen i luft fra 1992 til 1997. Konsentrasjonene av Cd og Zn i luft indikerer imidlertid en økning over perioden og dette er i motsetning til i nedbør hvor det har vært avtagende nivåer de siste år. En mulig årsak til dette kan være en økt påvirkning fra kilder i Øst-Europa.

Høyeste timemiddelverdi av bakkenært ozon var 162 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Voss, 6. juni 1997 kl. 15). Dette var den eneste overskridelsen av SFTs grenseverdi for melding til befolkningen (160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Det var i 1997 omtrent like mange "episodedøgn" (21 døgn) som gjennomsnittlig de foregående 10 åra (20,5 døgn). Med episodedøgn menes døgn med maksimal timemiddelverdi på minst 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på ett sted

eller minst 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ på flere steder samtidig. Det ble målt timemiddelverdier over ECEs grenseverdi for beskyttelse av plantevekst (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) på tre målesteder (Hurdal, Langesund og Voss). Tålegrensen på 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ som middelverdi over 7 timer kl. 09-16 i vekstsesongen (april-sept.) ble overskredet ved alle målesteder. Tålegrensen for akkumulert eksponering over 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (AOT40) ble for landbruksvekster overskredet ved 8 målesteder, mens det for skog ikke var overskridelser.

Effekter

Vannkjemi

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i elver, innsjøer og avrenningsvann fra feltforskningsstasjoner. Konsentrasjoner av sulfat er redusert med 30-40% i perioden 1980-1997. Etter noen år med lite nedgang i sulfat viser 1997 de laveste sulfatnivåene for elver, innsjøer og feltforskningsstasjoner som er registrert så langt innen overvåkingen. Unntaket er innsjøer i Sør-Varanger i Øst-Finnmark, som viste en økning i sulfatnivået i 1997.

Nedgangen i sulfat fra 1980 har medført en bedring i forsurestilstanden i elver og innsjøer i 90-årene ved at det har vært en klar nedgang i uorganisk bundet (giftig) aluminium og økning i pH og ANC (syrenøytraliserende kapasitet). Denne tendensen har vært mest markert på Østlandet, men også tydelig på Sørlandet og i Midt- og Nord-Norge. Den positive utviklingen i vannkvalitet som har vært tydelig fra 1990-1991, ser imidlertid til å ha flatet ut mellom 1995 og 1997.

Nitratinnholdet i innsjøer, elver og feltforskningsområder viser ingen klare trender. De høyeste nitratkonsentrasjonene finnes imidlertid i de områdene av Norge der N-deposisjonen er høyest. Det kan se ut til at innsjøer og elver viser lavere konsentrasjoner av nitrat i 1997. Nitrogennivået varierer

imidlertid en god del fra år til år både i elver og innsjøer uten at det er noe tydelig mønster mot økende eller avtagende nitrogennivåer. Siden nitrogen-belastningen er tilnærmet konstant og svovelbelastningen avtar, øker den relative betydningen av nitrogen for forsuringssituasjonen.

Jordkjemi i feltforskningsområder

Jord-pH i Dalelva (Sør Varanger i Finnmark) har endret seg lite mellom prøvetakingsårene 1988 og 1997. Basemetningen synes å ha økt noe i humusen og avtatt i mineraljorda. Konsentrasjonen av vannekstraherbar sulfat var betydeligt lavere i 1997 i forhold til 1988, noe som kan skyldes redusert deponisjon.

Vannbiologi

Fisk

Kringlevatn i Forsand kommune i Rogaland har en tett aurebestand, og rekrutteringen er god. Aurebestanden i Rundavatn som ligger like ved Kringlevatn synes derimot å ha gått tapt. Rundavatn har dessuten en dårligere vannkvalitet enn Kringlevatn.

Fangstutbyttet av aure i Kartavatn i Gjesdal kommune var forholdsvis stor, og rekrutteringen var også god. I Månavatn ble det også fanget en del aure selv om vannkvaliteten var marginal. Dårlig gyteforhold i tilløpsbekkene til Månavatn kan tyde på at aurebestanden her er innsjøgytende.

Austdalstjørna og Stakkheitjørna har også gode bestander av aure, men auren i Austdalstjørna domineres av yngre individer enn den i Austdalstjørna.

I Bjerkreim kommune (Rogaland) ble det prøvofisket i Kvitla, og fangstutbyttet av aure var lavt og vannkvaliteten marginal. Ved elfiske i tilløpsbekker til innsjøer i Bjerkreim- og Gaularsvassdraget var det svært lave tettheter av aureyngel i 1997.

I Vikedalsvassdraget var det imidlertid forholdsvis høy tetthet av aureyngel sammenlignet med tidligere år.

I Øvre, Midtre og Nedre Kjømotjørna som ligger i Lund kommune i Rogaland, var

fangstutbyttet av aure størst i Ø. Kjømotjørna, mens det ikke ble fanget fisk i N. Kjømotjørna, som også hadde den dårligste vannkvaliteten av de tre lokalitetene.

I Saudlandsvatn i Farsund kommune (Vest Agder) var det en forholdsvis tett bestand av aure da undersøkelsen startet i 1977, men den ble sterkt redusert tidlig på 1980-tallet. Dette sammen med de lave fangsttallene ved elfiske på innløp og utløp, viser at aurebestanden i Saudlandsvatn er sterkt truet av utryddelse.

Det har vært en liten økning i fangstutbyttet av aure både i Sognevatn og Drivenesvatn i Vennesla (Vest Agder) fra 1990 til 1997. Fangstutbyttet av abbor i Sognevatn hadde derimot gått ned i det samme tidsrommet, mens abborbestanden i Drivenesvatn fortsatt er svært liten. Begge disse lokalitetene har en marginal vannkvalitet, og spesielt i Drivenesvatn.

I Bjorvatn i Birkenes (Aust Agder) ble det bare fanget en aure, mens det var et stort fangstutbytte av abbor. Rekrutteringen hos abboren var god med en dominans av toåringer. Bjorvatn har en svært god vannkvalitet med høy pH og kalsium.

Tjørnstølstjørn i Bygland (Aust Agder) har en forholdsvis liten bestand av aure, med en stor andel yngre individ.

Tussetjørn i Fyresdal (Telemark) har en dårlig vannkvalitet og en svært tynn bestand av aure.

Planktoniske og litorale krepsdyr

I 1997 foreligger prøver fra 10 intensivsjøer, 7 halvintensivsjøer og 14 lokaliteter som skal overvåkes hvert fjerde år. Det er tatt både kvantitative og kvalitative prøver av planktonet, samt kvalitative prøver i litoralsonen. Antall arter i intensivsjøene varierte mellom 8 og 28. Ljosvatnet, Lille Hovvatn og Markhusvatn, som manglet cyclopoide hoppekreps i planktonet og med dominans av survannsindikatorer i litoralsonen, hadde flest indikasjoner på sterke forsuringsskader. Ø. Jerpetjern, Bjorvatn, Røyrvatn og Nystølvatn hadde også hovedsakelig survannstolerante arter i litoralsonen men planktonet i disse vannene hadde en sammensetning med bl.a. dominans

av *C. scutifer* som indikerer noe mindre forsuringsskader. Saudlandsvatn hadde også tegn på forsuringsskader selv om innslag av enkeltarter kan indikere noe bedre vannkvalitet. Langvatn og Atnsjøen hadde bl a *Daphnia longispina* i planktonet, og en sammensetning av krepsdyr i litorasonen som tilsier små forsuringsskader.

Totalt er det registrert 29 arter vannlopper og 14 arter hoppekreps i halvintensivnnsjøene. I tilsammen 14 lokaliteter som overvåkes hvert fjerde år ble det påvist 30 arter vannlopper og 13 arter hoppekreps. De fleste av de registrerte artene er indifferente i forhold til pH, men flere vanlige survannsindikatorer fins i ett eller flere vann. Også arter som indikerer en noe bedre vannkvalitet er påvist.

Variasjon i artsantall kan foruten forsuringssituasjonen, skyldes forskjeller i antall besøk, prøvetakingstidspunkt, forskjeller i vannvegetasjonens utforming, vannstandsvariasjoner, høyde over havet, fiskepredasjon etc. Geografisk beliggenhet synes imidlertid å være av underordnet betydning da de fleste forsuringstolerante artene er utbredt over hele landet. Basert på dominansforhold og sammensetning av arter ble det registrert varierende grad av forsuringsskader i de enkelte lokaliteter.

Bunndyr

De regionale bunndyrundersøkelsene i 1997 viste at de undersøkte feltene ved Farsund fremdeles må karakteriseres forsuret. Området har vist en tydelig forbedring de siste årene grunnet registreringer av den sterkt forsuringssensitive døgnfluen *Baetis rhodani* og økte tettheter av andre sensitive bunndyr. I 1997 ble *Baetis rhodani* funnet på en stasjon, og det er usikkert om arten har klart å etablere levedyktige populasjoner i området.

Vikedalsvassdraget var også tydelig forsuret. Trenden de siste årene har vært positiv, men det ble registrert en svak forverring i 1997.

Ogna hadde, som de foregående år, et tydelig forsuret bunndyrsamfunn om våren, mens høstsituasjonen kan karakteriseres moderat forsuringsskadet.

Vossovassdraget var moderat forsuringsskadet både vår og høst, men har vist en positiv tendens i de senere år.

Gaularvassdraget karakteriseres også moderat forsuringsskadet.

Situasjonen i Nausta har bedret seg betydelig i de senere år. I 1997 ble det ikke registrert skader i vassdraget om høsten, mens vårsituasjonen indikerte en liten skade på linje med de fire foregående årene.

Innsjøundersøkelsene i 6 regioner av Sør-Norge viste alle kategorier av forsuringsskader. Innsjøer beliggende i region I og III (Østlandet-Nord og Fjellregion-Sør-Norge) var minst skadet og inneholdt moderat og sterkt sensitive arter. I de øvrige regionene II, (Østlandet-Sør), IV (Sørlandet-Øst), V (Sørlandet-Vest), VI (Vestlandet-Sør) og VII (Vestlandet-Nord) var det få registreringer av sterkt sensitive arter. Moderat følsomme arter forekom i en del av lokalitetene, mens det i de fleste av innsjøene bare fantes tolerante arter. Fordelingen av innsjøer med forsuringsskader er i overensstemmelse med den generelle forsuringssituasjonen av Sør-Norge. Det er for tidlig å vurdere endringer av forsuringen i innsjøene siden overvåkingen av disse startet i 1996/97. Innsjøene i flere av regionene danner imidlertid en gradient i forsuringsskade. Dette gir et godt utgangspunkt for å oppdage endringer i skade over tid.

Skog

Overvåkingsprogram for skogskader har tre landsdekkende sett av permanente flater, med registreringer fra 1986; landsrepresentative flater og intensive flater som tilsvarer level I og level II innenfor ICP Forest programmet og fylkesvise flater.

Landsrepresentative overvåkingsflater

Vitalitetsregistreringene i gran, furu og bjørkeskog er gjennomført på ca. 900 landsrepresentative flater (ca. 8000 trær) årlig siden 1989. Kronetettheten har gått ned for gran med 7.1% i perioden 1989-1997, noe mindre markant for furu og bjørk. Nedgangen i denne perioden ser ut til å omfatte spesielt Sør- og Midt-Norge, og er større enn det som forventes utfra naturlig aldringsprosesser eller mulig observatør-usikkerhet. Samtidig har andel granflater med kontinuerlig forekomst av misfargete trær i fem år blitt fordoblet siden 1993, til dagens nivå på 12,6%. Misfargete trær forekom på ca. 54% av granflatene. Den årlige misfarging varierer noe, sannsynligvis etter tørkeforhold. Dødeligheten i granskog har vært lav på nasjonalt nivå, ca. 0.2%, med regionale forskjeller.

Det er mindre (20-50%) fosfor, kalsium og magnesium i skogsjord i de hardest belastede områdene i Sørøst-Norge enn i tilsvarende skog andre plasser i Norge, samtidig som at det er en tendens til at innholdet av nitrogen er høyere. På samme måte er det funnet tendenser til tilsvarende næringsubalanse i nåler hos gran mellom områder med henholdsvis stor og relativ lav forurensningsbelastning. Granskogen i Sørøst-Norge, spesielt Agder og Telemark, som i dag har de største overskridelser av modellerte tålegrenser for skogsjord, har relativt mindre årringtilvekst, nedgang i volumtilvekst, større andel døde grantrær, samt relativ lav kronetetthet. Det er indikasjoner på næringsubalanse ikke bare i jord, men også i trær i Sørøst-Norge. Redusert tilvekst ble observert for granflater med ubalansert P/N-forhold i Sørøst-Norge, slik at den reduserte tilveksten kan være et uttrykk for næringsubalanse på grunn av ensidig tilgang på nitrogen.

En rekke naturlige forhold, herunder klimatiske, påvirker skogens helsetilstand i Norge, og store deler av misfargingen og

nåletapet på nasjonalt nivå er sannsynligvis forårsaket av naturlige årsaker. En del av misfargingen, spesielt i Sørøst-Norge, ser imidlertid ut til å være av mer vedvarende karakter, og kan skyldes næringsmangel eller næringsubalanse. Økende misforhold mellom nitrogen og andre næringsstoffer i jord og nåler, samt mulig økt følsomhet for tørke, kan være en effekt av langtransportert luftforurensning. Dagens depositionsmonster vil sannsynligvis forsterke slike negative trender, slik at det på sikt kan forventes økt skadeomfang i det Sørøstligste Norge.

Intensive overvåkingsflater

Resultater fra 18 intensivt overvåkede skogflater er gitt. Sytten flater inngår i Overvåkingsprogram for skogskader, som en del av det europeiske nettverket av intensive flater (level 2-flater). En flate inngår i det europeiske Integrated Monitoring programmet. Begge program er en del av arbeidet under langtransportkonvensjonen, hvor formålet er å beskrive skogtilstanden og belyse virkninger av langtransportert forurensning. Detaljerte resultater er gitt for 1997, samt utvikling 1986-97 for et utvalg av flater og variable. I 1997 er det registrert forurensinger i luft, nedbør- og kronedrypp-kjemi, kjemisk innhold i barnåler, jordvannskjemi, trærnes vitalitet og strøfall. Generelt har endringer i tilstand vært små siden 1986, men det er variasjoner fra år til år. Det er klare forskjeller mellom flatene, men det er vanskelig å se noen geografiske mønstre som kan relateres til langtransporterte luftforurensinger. Det kan skyldes forskjeller i skogtype og voksestedforhold.

Det skjer en anrikning av de fleste elementer fra nedbør til kronedrypp, noe som i hovedsak enten skyldes lekkasje fra trekrona eller avvasking av tørravsatt materiale. Resultatene tyder på at uorganisk nitrogen tas opp i trekronene, mens noe nitrogen lekker ut av kronene i form av organisk nitrogen.

Tilførslene av kalsium var særlig lave for innlandsflatene Fagernes og Osen sammenliknet med det som vaskes ut av jorsmonnet her, og kalsiumsituasjonen bør derfor følges nøye på disse flatene.

I jordvannet var det en tendens til at flatene som hadde størst tilførsel av H⁺ hadde lavest pH og høyest aluminiumkonsentrasjon, men det var ingen negativ utvikling i pH eller basekationer på disse flatene i perioden 1986-1997.

Konsentrasjonen av næringsstoffer i barnåler er redusert siden 1995, særlig for nitrogen på de sørligste flatene. Likevel ble kronefargen noe grønnere fra 1996 til 1997.

Mengden strøfall varierte mellom flatene og blir påvirket av mange forhold, hvorav ulike skoglige forhold samt værforhold som vind og tørke er viktige.

Fylkesvise lokale overvåkingsflater

Skogoppsynet har siden 1988 årlig vurdert kronetetthet, kronefarge, konglemengde, skader

og avdøying på enkelttrær på permanente overvåkingsflater i forskjellige hogstklasser. I år ble vurderingen utført på nær 46000 trær fordelt på mer enn 700 flater. Resultatene viser at kronetettheten for gran har fortsatt å gå ned, og for felles trær i 1996 og 1997 har den avtatt med 0,51%. Størst reduksjon i kronetetthet var det nordafjells. I den mest "skrantende skog" på de såkalte ekstremflatene, har kronetettheten ikke endret seg siste år. Andelen gule trær har økt i alle flatetyper og økningen er på 4,2% for felles trær i 1996 og 1997. Forandringen i fargen har vært størst på Østlandet og i Trøndelagsfylkene.

De årlige svingningene er trolig styrt mye av værforhold og soppangrep. Det har vært en svak økning i avdøying av gran forårsaket hovedsakelig av spredte billeangrep på flere flater på Østlandet. Det var liten konglesetting i 1997.

Summary and conclusions in English

Annual Report for 1997

Norwegian Monitoring Programme for Long-Range Transported Air Pollutants

Norwegian forest monitoring programme

Air and Precipitation

The highest mean volume weighted concentrations of sulphate, nitrate, ammonium and strong acid (H⁺) in precipitation were found along the southern Norwegian coast, with the highest values observed at the background stations Søgne, Lista, Birkenes, and Lardal. The lowest values were measured at Tustervatn, Namsvatn and Kårvatn in central and northern parts of Norway. The highest wet deposition loads (weighted mean concentrations multiplied by the respective precipitation amounts) of sulphate, nitrogen components and strong acid occurred along the coast from Aust-Agder to Hordaland county. In almost all parts of the country the mean pollutant concentrations in precipitation were generally lower in 1997 compared to 1996. At most places in Norway, wet pollutant deposition was generally the lowest measured so far.

The annual mean concentrations of sulphate and strong acid in precipitation have been decreasing since the end of the 1970's. Since 1980 the content of sulphate has decreased by about 40-55% in southern Norway, and by about 50-60% in northern Norway. The observed reductions in concentration levels are in agreement with reported downwards trends in pollutant emissions in Europe. There is no significant decrease in nitrogen compounds in precipitation.

In the early 1990s, warm winter climate with frequent storms led to episodes with large amounts of sea-salts deposited along the western coast. However, sea-salt deposition

was lower during the period 1994 to 1997 than during the previous years.

The highest content of particulate sulphate and of nitrogen components in air and precipitation were measured in southern Norway. Due to emissions from nickel smelters in Russia the mean concentrations of sulphur dioxide were highest in Finnmark.

The annual mean air concentrations of particulate sulphate have generally decreased by 45 to 55% compared to those measured in 1980. At Spitsbergen, annual mean concentrations of sulphur dioxide and sulphate have decreased by 54% and 58%, respectively. Since the late 1970s, the mean concentrations have shown similar developments in all parts of Norway. They decreased until 1983, then increased until 1987. Due to emission reductions in Europe the values strongly decreased from 1988 to 1997.

In all counties except Finnmark dry deposition of sulphur compounds in 1997 was assessed to be 5-17% of the total deposition during winter and 20-41% during the growing season. In Finnmark, the contribution of sulphur dry deposition to total deposition was calculated to be about 75% in winter and 84% in summer. These high numbers are caused by high air concentrations and low precipitation amounts. Generally, the contribution of dry deposition to total deposition was higher for nitrogen than for sulphur compounds.

The largest annual mean concentrations of lead, cadmium and zinc in precipitation were measured in southern Norway. Their concentrations decreased by about 60-80%

over the period 1978 to 1997. Temporary maxima of lead and zinc occurred in Southern Norway in 1988. From 1988 to 1994 the contents of zinc and lead decreased markedly at most of the measuring sites. Due to emissions in Russia the levels of arsenic, copper, nickel and cobalt were relatively high in Sør-Varanger (northern Norway; Svanvik and Karpdalen).

Ozone concentrations vary significantly over the year with the highest monthly averages in March and April. In 1997 concentration levels frequently exceeded the recommended air quality guidelines. There were 21 days with a maximum hourly average of at least $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ at one site or at least $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ at more than one site at the same time, which is approximately as many as the last 10-year average (20,5 days). The highest hourly mean was $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Voss, 6. June 1997, 3 p.m.). There were no exceedances of the critical level of $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as hourly mean set by the European Commission. The air quality guideline given by SFT for protection of human health ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as hourly mean) was exceeded at all sites. Three sites experienced hourly average values above the ECE critical level for protection of vegetation of $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Hurdal, Langesund and Voss). The critical level of $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as mean value during the growing season (April-Sept., 9 a.m. to 4 p.m.) was exceeded at all sites. Similarly was the critical level of $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ as mean value during the growing season exceeded at all sites. The critical level for accumulated ozone exposure above the threshold of $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (40 ppb)(termed AOT40) was for crops exceeded at eight sites. The critical level for forests was not exceeded at any site.

There was a significant reduction in the levels of mercury in air during the period 1992 to 1997. Concentration of lead, cadmium and zinc increased over the same period. This is opposite to the trend observed in precipitation chemistry and may be caused by an increased influence of emissions in Eastern Europe.

The air concentration of α -hexachloro-cyclohexane (α -HCH) in Ny-Ålesund has

decreased since the early 1980s, reflecting the reduced application of the technical mixture of this insecticide. The concentration of HCH at Lista is generally about a factor of 2 higher than the levels found in Ny-Ålesund.

Water chemistry

Surface water monitoring in Norway is designed to give a regional coverage with most of the stations located in acidified areas, but also some stations located in unpolluted areas to give background values. All sites are chosen to minimize the effects of other kinds of pollution.

Monitoring in 4 calibrated catchments was started in January 1980 to give detailed information about water chemistry. Birkenes, Storgama, Langtjern and Kårvatn were originally established during the years 1971-74 as a part of the SNSF project (Acid Precipitation - Effects on forest and Fish). In 1988 Dalelva catchment in northern Norway was added to detect effects of air pollution from the Kola peninsula (Russia). In 1993, Øygardsbekken i Rogaland was established to especially cover the effects of N-deposition and in 1994 the catchment Svarttjern was established in the western part of Norway to cover effects of seasalt episodes.

Monitoring of rivers started in 1980. The rivers are characterised by low ionic strength and are good habitats for salmon and trout. 15 of the rivers are located in southern Norway and one in central Norway.

About 100 lakes were chosen to be followed up on a yearly basis from the "1000-lake survey" in 1986. By the end of 1997, 80 of the original lakes were left; the others had been limed. Amongst the 1500 lakes from the regional lake survey in 1995 another 100 lakes were selected for yearly monitoring, so that the monitoring programme now includes 200 lakes.

The samples are analysed by standard methods at the Norwegian Institute for Water Research (NIVA) for pH, base cations, Cl, SO_4 , NO_3 ,

alkalinity, Al (Reactive Al and non-labile Al), total N and total organic carbon (TOC).

Long-term monitoring of surface water chemistry clearly show relationship to changes in deposition. Concentrations of sulphate have decreased by about 30-40% in surface waters in southern Norway from 1980-1996. This parallels the 30-50% reduction in sulphate concentration in precipitation during the same time period. The decrease in sulphate seems to level off between 1993-1996, but 1997 show the lowest sulphate values registered in the monitoring periode (1980) for most lakes and rivers.

Since 1990 ANC has increased and the water quality for fish and other aquatic organisms has improved in many areas. The changes in sulphate concentrations have also been followed by increase in pH and decrease in labile (inorganic) aluminium. This improvement in water quality has levelled off between 1996 and 1997.

There has been no significant change in the concentrations of nitrogen in deposition or surface waters during the period from 1980-1997. There is, however, a spatial correlation with high nitrate levels in runoff at sites with high N-deposition. Many rivers and lakes show a decrease in nitrate in 1997. However, nitrate levels has shown to vary between the years throughtout the monitoring periode (since 1980) and it is not possible to document increasing or decreasing trends in nitrate.

Soil chemistry in calibrated catcements

Soil-pH in Dalelva (Sør Varanger, Finnmark) have changed very little between 1988 and 1997. Base saturation seems to have increased in the humic layer and decreased in the mineral soil. The concentration of water soluble sulfate was significant lower in 1997 compared with 1988, which may be a result of decreased S-deposition.

Aquatic biology

Fish

Densities of young brown trout in the tributaries of lakes in Vikedal in southwestern Norway were relatively high compared with those of previous years. In the inlet of Lake Risvatn, which has a sparse brown trout population due to acidification, the density of fry was the highest that has been registered since studies started in 1987. However, in the Gaular and Bjerkreim watersheds, the density of brown trout fry was low in the autumn of 1997, partly as a result of high water flow during electrofishing. Lake Kringlevatn in Rogaland County has a large population of brown trout, and the number of young individuals was large. However, the brown trout stock in nearby Lake Rundavatn has been lost due to poor water quality. In Gjesdal Community test-fishing was carried out in four lakes. Lake Kartavatn has a large brown trout stock, and the average age of the fish caught was 4.1 years. Although the water quality in Lake Månavatn is poor, catch per unit effort (CPUE) was fairly high. Densities of brown trout in Lake Austdalstjørna and Lake Stakkheitjørna were fairly high. However, the number of young individuals in Lake Stakkheitjørna was larger than in Lake Austdalstjørna. Kvitla is a part of the River Kvitlaåa in the Bjerkreim watershed (Rogaland County), and CPUE of brown trout was low and water quality poor. The density of young brown trout in tributaries of lakes in this watershed was low. In Lund community, testfishing was carried out in three small connected lakes within a few hundred metres of each other; Øvre, Midtre and Nedre Kjørmotjørna. The CPUE of brown trout was highest in the uppermost lake (Ø. Kjørmotjørna) while no fish were caught in the lowest lake, which also had the poorest water quality. In Lake Saudlandsvatn in Vest Agder county there has been a decrease in the abundance of brown trout since 1981. Electrofishing on the outlet and inlet also shows that this population has been severely affected by acid rain.

On the other hand, there has been a slight increase in the density of brown trout in two

other lakes in this county since 1990 (Lake Sognevatn and Lake Drivenesvatn). However, the CPUE of perch in Lake Sognevatn fell from 1990 to 1997, while the perch population in Lake Drivenesvatn remains at a low level. Only one brown trout was caught in Lake Bjorvatn in Aust Agder County. However, there is a dense population of perch in this lake, and the water quality is very good. In Lake Tjørnstølstjørn, in the same county, there is a fairly small population of brown trout, but most of the fish were young specimens. Lake Tussetjørna in Telemark county had poor water quality and only two brown trout were caught during test-fishing in 1997.

Planctonic and littorale crustaceans

In 1997 plankton samples were taken from pelagic and littoral habitats in 31 lakes, including 17 lakes which are studied yearly and 14 lakes which are studied each 4. year. Ten of the yearly sampled lakes are defined as intensive study lakes.

Number of species found in the intensive study lakes varied between eight and 28. Severe impacts of acidification were found in Ljosvatnet, Lille Hovvatn and Markhusvatn. Cyclopoids were absent in these lakes, and the crustaceans in the littoral zone were dominated by species indicating acid water. The littoral zone in Ø. Jerpetjern, Bjorvatn, Røyrvatn and Nystølvatn was also dominated by acid tolerant species, but the dominance of *Cyclops scutifer* in the zooplankton community indicated less impacts of acidification. Similar, in Saudlandsvatn the crustaceans are dominated by acid tolerant species, but the present of some sensitive species indicate less acid water. The acid sensitive species *Daphnia longispina* were found in Langvatn and Atnsjøen, indicating no influence of acidification.

A total number of 33 species of cladocerans and 17 species of copepods were found in the extensive studied lakes. Number of species found in each lake varied between three and 31. The majority of the species found are indifferent towards pH, but both species

indicating acid water and acid sensitive species, were found.

Variation in number of species seems not to be related to pH alone, but may also be caused by differences in number of visits, sampling date, stands of water-vegetation, altitude, predation (fish and invertebrates). All the acid sensitive species recorded in Norway are however widely distributed. Based on the dominance and composition of species, damages related to acidification, varies between lakes.

Invertebrates

The regional benthic invertebrate monitoring is carried out in the following localities: two small catchments near Farsund (southernmost Norway), River Oгна, River Vikedal, River Vosso, River Gaular and River Nausta. Samples are collected from a fixed station network during spring and fall. Based on laboratory tests and a large number of field observations as well as CCA-analysis, the tolerance levels of many invertebrates have been stated. The acidification level of each locality is measured on the basis of the composition of the benthic animal community, especially the presence/absence of animals sensitive to acidification. Each locality is given an index ranging from 1 (unacidified) to 0 (strongly acidified). Values below 0.5 and 0,25 indicate potential damage to Atlantic salmon and brown trout, respectively.

The monitoring in the Farsund area has showed an improvement of the fauna with respect to acid-sensitive invertebrates over the last previous years. In 1997 the sensitive species *Baetis rhodani* was present at one site, indicating an unstable water quality with respect to acidification. The acidification score in the fall has improved, as the moderate sensitive species seems to increase their distribution in the watershed.

In River Oгна a new network of monitoring was established in 1991, due to liming of the main river. The monitoring in 1997 showed an increase of the acidification score, which was highest in the fall. The watershed is

characterized as moderately damaged, but seems rather unstable with shifts in the degree of acidification from time to time. The monitored parts of River Ognå is also very heterogeneous ranging from highly damaged to stable unacidified localities, containing a high diversity of sensitive animals. Source populations will therefore always be present and allow rapid recolonisation when the conditions are suitable.

The unlimed parts of River Vikedal is still highly impacted by acidification and the unlimed water is still not safe for Atlantic salmon. During the last years the damage on the benthic communities has been more pronounced in spring, showing negative as well as positive trends, underlining the labile situation of the river. The last years trend have, however, been positive. The presence of small refuges of unacidified water in the catchment has great importance regarding recolonization of sensitive animals after periods where the recovery is set back.

River Vosso is reported for the first time. This watershed is limed in the lower part. Benthic samples taken from the unlimed part of the watershed shows moderate acidification. The benthic invertebrate communities in one main tributary, River Raundalselv, was highly damaged in the upper part.

River Gaular is strongly acidified in the southeastern part of the catchment area. Additionally some of the tributaries are damaged. The monitoring of the lower part of the main river shows a stable, unacidified situation, while other parts are highly acidic with very unstable population of sensitive organisms. Fall samples of invertebrates showed an increased acidification score in 1997.

River Nausta, which is the northernmost of the monitored rivers, has an invertebrate community which only to a small extent is influenced by acidification. The fall situation has been very good during the last years, reaching a mean acidification score of 1.0 since 1994. This means that highly acid-

sensitive animals were found at all sampling sites at this time of the year. During spring, however, some sites lose their population of the most sensitive species. Nausta is the most recovered of the monitored watersheds. Differences between the seasons indicate that the river still is unstable and can get setbacks during episodes of acid precipitation or seasalt episodes.

Benthic invertebrates were investigated in 24 lakes divided on six different regions of South-Norway. Since the biological monitoring of lakes is new in the program, it is only possible to make up the status of the localities.

Lakes representing the regions North-Eastern and the South-Central part of South-Norway had the lowest acidification damage on the benthic fauna, containing both moderate and strongly sensitive invertebrates. In the other regions in Southern and Western Norway the fauna of the lakes varied. In most of the lakes sensitive species were not recorded. Lakes inhabited by moderate sensitive species were the second largest group. The most sensitive species, however, were recorded with few individuals in a low number of lakes. The damages in the different regions are correlated with the known acidification load. The studied lakes in many of the regions make a gradient in acidification damage which is of high value for later evaluation of changes in acidification.

Forest

The Norwegian monitoring programme for forest damage comprises three sets of monitoring plots monitored during 1986-96, corresponding to the levels I (representative grid) and the levels II (intensively monitored plots) within the ICP-Forests, as well as the local county monitoring plots.

Nationwide plots (level I)

Nationwide surveys of crown colour and defoliation have been conducted annually on ca. 900 forest plots (ca. 8000 trees) in a 9 by 9 km grid since 1989. Defoliation has increased significantly and steadily by 7.1% in Norway

spruce (*Picea abies*) since 1989, with less pronounced trends in Scots pine (*Pinus sylvestris*) and birch (*Betula pubescens* and *B. pendula*). The decline clearly exceeds that expected from natural aging processes or from potential observer bias. The proportion of spruce plots with continued crown discoloration for > 5 years has doubled since 1993, to the current level of 12,6 % of all plots. Spruce trees with discolored tree crowns were observed on 54% of all spruce plots. The annual extent of discoloration is variable, presumably according to drought. Mortality has been low at the national level, ca. 0.2 % annually, however, substantial geographic differences in the proportion of dead spruce trees exist.

There are currently 20-50% lower contents of Ca, Mg and P, and slightly higher contents of N in the humus layer of forest soils in high-deposition areas in South-eastern Norway compared to background areas. A similar trend in nutrient imbalances has also been observed in needle samples from Norway spruce in South-eastern Norway. In the spruce forest in this region, particularly in the Agder and Telemark counties, critical loads for forest soils are exceeded on many locations. The spruce forest is characterized by relatively lower radial increment, reduction in volume increment for the region as a whole, a greater proportion of dead spruce compared to other parts of Norway, and relatively low crown density. For the first time nutrient imbalances not only in soils, but also in trees have been observed. Reduced radial increment was observed for spruce sites in Southeastern Norway with relatively high levels of needle nitrogen and very low levels of i.e. phosphorous. These results suggest that the reduced increment may be a function of nutrient imbalance in part induced by elevated availability of nitrogen.

High levels of defoliation and occasional discoloration at the national scale are mainly attributed to natural variation in growth conditions and climatic stress. However, part of the discoloration, particularly in South-eastern Norway, has been consistent, indicating that nutrient deficiency or nutrient

imbalance may be among probable causes. Increasing disproportionate concentrations of mineral nutrients and N in needles and in forest soils, and potentially increased sensitivity for drought stress, may indicate an effect of long-range transported transboundary air pollution on the forest ecosystem. The current level of atmospheric input of N is likely to exacerbate the current trends towards nutrient imbalances, which in turn, is likely to increase forest damage in Southeastern Norway in the long-term.

Intensively monitored plots (level II)

Results from 18 forest plots are given. Seventeen of these are level 2-plots included in the ICP-Forests European monitoring, while the last one (KF) is an Integrated Monitoring plot. Detailed results for 1997 are given, as well as long term changes for a selection of plots and variables. Data for air quality, precipitation and throughfall, soil solution, foliar chemistry, tree vitality and litterfall are given. Generally, changes in the variables during 1986-97 are dominated by annual fluctuations. Highest amounts of air pollutants are found in Svanhovd, which is strongly influenced from the nearby, Russian nickel smelters. Then, air pollution is most pronounced in southernmost Norway. None of the plots had exceedances of AOT40 values for ozone in 1997. A weak reduction in the concentrations of sulphur and acid in precipitation is recorded. Apart from this, small changes in the composition of precipitation and throughfall are found, as compared to results from earlier years

The condition of the forest ecosystem varies between the plots, and geographical patterns are weak, likely due to the low number of plots and differences between them concerning forest type and growing conditions. Thus, relationships between air pollution and forest condition can not readily be observed. In the southernmost part of Norway (Birkenes) the deposition of pollutants and major elements vary throughout the year. The concentration of acid oxides in precipitation are highest during wintertime. Base cations in precipitation (possibly sea-salt derived) and interactions on and within the canopy, seem to mitigate the

acidifying capacity of the acid oxides at some times of the year before the solution enters the soil.

Deposition and runoff of Ca was calculated for the plots for the last seven years, as a simple budget. The results clearly show that all the sites are leaching Ca. The loss after seven years from the lowest parts of the root horizon was generally around 600% - as compared to the input from precipitation. The strongest relative leaching was found at the sites located inland (around 1000%). As many Norwegian soils are shallow and poor in base cations, it is suggested to monitor these inland locations closely in the future.

The results indicate that most elements are enriched from precipitation to throughfall, due to leakage from the crown and washing off of dry deposits.

In soil solution the lowest pH and the highest concentrations of Al were found in the southernmost plots. However, there was no tendency that pH or concentrations of base cations were most reduced on these plots during 1986-97.

Concentrations of nutrients in foliage were reduced compared to 1995, especially concerning nitrogen on the southernmost plots.

Crown condition assessments revealed slightly less yellowing compared to 1996.

The amount of litterfall varies between the plots and the years, and are likely to be influenced from forest condition and climatic events like wind and drought.

Local county monitoring plots

This year 718 plots comprising 45838 trees were assessed for crown density, crown colour and amount of cones on the local county monitoring plots. During the period 1988-97, a decrease in crown density is evident. In the declining stands, no decrease was found last year. The highest crown density is still observed in southwest Norway (Vestlandet and Agder) as for the last four years. Crown density has developed similarly since 1988 in southeastern and mid-north Norway (Østlandet and nordafjells), with the lowest values for nordafjells. Since 1996, however, the difference in crown density between the two regions has increased. A probable reason for the difference observed might be that trees infected with *Chrysomyxa abietis* in 1996 have shed the infected needles.

This year the amount of trees having yellow crown colour increased. Annual variations are observed for crown colour, especially in southern and southeastern Norway (Østlandet and Agder) (Fig.4). Annotations and remarks from the observers indicate that the yellow colour in southeast Norway may be caused by autumnal senescence and shedding of needles. This is possibly influenced by the hot and dry 1997 summer. The needle rust *Chrysomyxa abietis* is the main cause for the change in crown colour observed in mid-north Norway.

The amount of cones were low in 1997.

About 100 trees have died in the Østlandet region, mainly due to attacks from the barkbeetle *Ips typographus*.

1. Overvåkingsprogrammene

1.1 Atmosfæriske tilførsler

Den atmosfæriske tilførsel av forurensende forbindelser overvåkes ved måling av kjemiske hovedkomponenter i luft og nedbør. Forurensningene tilføres med nedbøren, og ved tørravsetning av gasser og partikler. Målet for overvåking av luftens og nedbørens kjemiske sammensetning på norske bakgrunnsstasjoner er å registrere nivåer og eventuelle endringer i tilførselen av langtransporterte forurensninger. Bakgrunnsstasjonene er derfor plassert slik at de er minst mulig påvirket av nærliggende utslippskilder.

NILU startet regelmessig prøvetaking av døgnlig nedbør i 1971, med de fleste stasjonene på Sørlandet. Senere er stasjonsnettet og måleprogrammet utvidet for å gi bedret informasjon om tilførsler i hele landet.

Etter avslutningen av SNSF-prosjektet ("Sur nedbørs virkning på skog og fisk") i 1979, ble det i 1980 startet et overvåkingsprogram i regi av Statens forurensningstilsyn (SFT) - **"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"**. I 1997 omfattet dette programmet 11 stasjoner fordelt på alle landsdeler. Syv av disse stasjonene inngår i EMEP-programmet (European Monitoring and Evaluation Programme) under FNs konvensjon for grenseoverskridende luftforurensninger.

I 1985 ble det opprettet et eget **"Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS)**, drevet med midler fra Landbruksdepartementet og SFT. Norsk institutt for skogforskning (NISK) er programansvarlig, og NILU utfører luft- og nedbørmålinger for prosjektet. I 1997 omfattet dette programmet 12 stasjoner fordelt på alle landsdeler.

I **"Program for terrestrisk naturovervåking" (TOV)** utfører NILU på oppdrag fra Direktoratet for naturforvaltning overvåking av nedbørkjemi på 6 stasjoner.

I tillegg kommer målesteder som er opprettet for andre spesielle prosjekter. Målestedenes navn, beliggenhet og måleprogram er vist i figur 1.1.

Følgende hovedaktiviteter inngikk i overvåkingsprogrammet i 1997 (tabell i figur 1.1); Måling av kjemiske hovedkomponenter i nedbør ble utført døgnlig ved 9 stasjoner og på ukebasis ved 24 stasjoner. I ukentlige og månedlige nedbør-prøver fra 14 stasjoner er konsentrasjonene av spor-elementene bly, kadmium og sink bestemt, og for 8 av disse stasjonene også innholdet av arsen, nikkel, kopper, krom og kobolt. Luftprøvetaking av svovel- og nitrogen-komponenter er utført døgnlig eller tre ganger hver uke (2, 2 og 3 døgn prøvetaking) på 13 stasjoner. På Hurdal og Birkenes bestemmes også innholdet av magnesium, kalsium, kalium, natrium og klorid i luft. Kontinuerlige målinger av ozonkonsentrasjoner i luft er utført på 14 stasjoner, inklusive stasjonene Klyve, Langesund og Haukenes, drevet av SFT's kontrollseksjon i Nedre Telemark.

1.2 Effekter

Forurensningenes virkninger på vannkvalitet følges gjennom overvåking av elver, innsjøer og feltforskningsområder. Virkninger på fisk og dens næringsdyr følges ved regionale undersøkelser av bunndyr, zooplankton og fiskepopulasjoner i elver og innsjøer. Disse aktivitetene inngår i programmet for **"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"**.

Forurensningenes virkning på skog følges gjennom overvåking av overvåkingsflater over hele landet. Disse aktivitetene inngår i programmet **"Overvåkingsprogram for skogskader"**.

1.2.1 Vannkjemisk overvåking

Den vannkjemiske overvåkingen startet i 1980, og lokalitetene ble valgt utfra SNSF-prosjektets ("Sur nedbørs virkning på skog og fisk") aktiviteter og det arbeidet som til da var utført ved det daværende Direktorat for vilt og ferskvannsfisk (DVF). Programmet omfatter undersøkelser i vassdrag, innsjøer og feltforskningsområder (figur 1.2). Analyseprogrammet omfatter pH, konduktivitet, kalsium, magnesium, natrium, kalium, sulfat, nitrat, alkalitet og klorid, to former av aluminium, organisk stoff og total nitrogen.

14 vassdrag på Sør- og Vestlandet, ett på Østlandet og ett i Nord-Trøndelag overvåkes med en prøve hver måned, og hver 14 dag under vårflommen.

Transport og omsetning av sure forbindelser overvåkes i 7 feltforskningsområder. På disse stasjonene tas døgnlige eller ukentlige nedbørprøver, ukentlige vannprøver, og vannføringen registreres kontinuerlig.

100 innsjøer fra "1000-sjøers undersøkelsen 1986" fordelt over hele landet overvåkes med prøvetaking hver høst. I 1996 ble utvalget av innsjøer utvidet til 200. De nye innsjøene ble valgt blant de 1500 innsjøene som inngikk i "Regional innsjøundersøkelse 1995".

1.2.2 Vannbiologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter fiskebestander i innsjøer og bekker, og bunndyr i innsjøer (figur 1.3).

Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer blir gjennomført med oversiktsgarn og standard SNSF garnserier. I innsjøer som tidligere ikke er undersøkt blir det bare benyttet oversiktsgarn, mens det i lokaliteter hvor det tidligere er prøvofisket med SNSF serier blir det fisket parallelt med begge typer garn. Registreringene av forsurede fisker på fiskebestander ved hjelp av intervjuundersøkelser er en videreføring av SNSF-prosjektet fra 1972-1980. Disse undersøkelsene omfatter også innsamling av vannprøver fra et utvalg

innsjøer slik at fiskestatus kan relateres til ulike vannkjemiske parametre.

I forbindelse med *ungfiskregistrering* hos aure i gytebekker inngår elfiske i innløp/utløp av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) og i tilløpsbekker til innsjøer i vassdragene Bjerkreim og Vikedal i Rogaland og Gaular i Sogn og Fjordane.

Undersøkelser av *planktoniske og litorale krepsdyr* foregikk i 1997 i 10 intensivsjøer, 7 halvintensivsjøer og 14 lokaliteter som skal overvåkes hvert 4. år. Det er tatt både kvantitative og kvalitative prøver av planktonet, samt kvalitative prøver i litoralsonen.

Bunndyrundersøkelsene gjennomføres i Saudlandsvatn og Gjervoldstadvatn (Vest-Agder), i Ognavassdraget, Vikedalselva (Rogaland) og i Gaular- og Naustavasdraget (Sogn og Fjordane). Forsuringsstatus for en lokalitet eller et vassdrag bestemmes ut fra den registrerte bunndyrs sammensetningen.

1.2.3 Skogovervåking

Overvåkingsprogram for skogskader har tre landsdekkende sett av permanente flater (figur 1.4), hvor det har vært gjort årlige registreringer gjennom en periode på 8-10 år, samt en del registreringer som er gjort oftere.

Landsrepresentative flater ("level I"-flater) ligger i et 9x9 km rutenett, og består av ca.900 flater og ca.8000 trær. På disse registreres hovedsakelig kronetetthet og kronefarge.

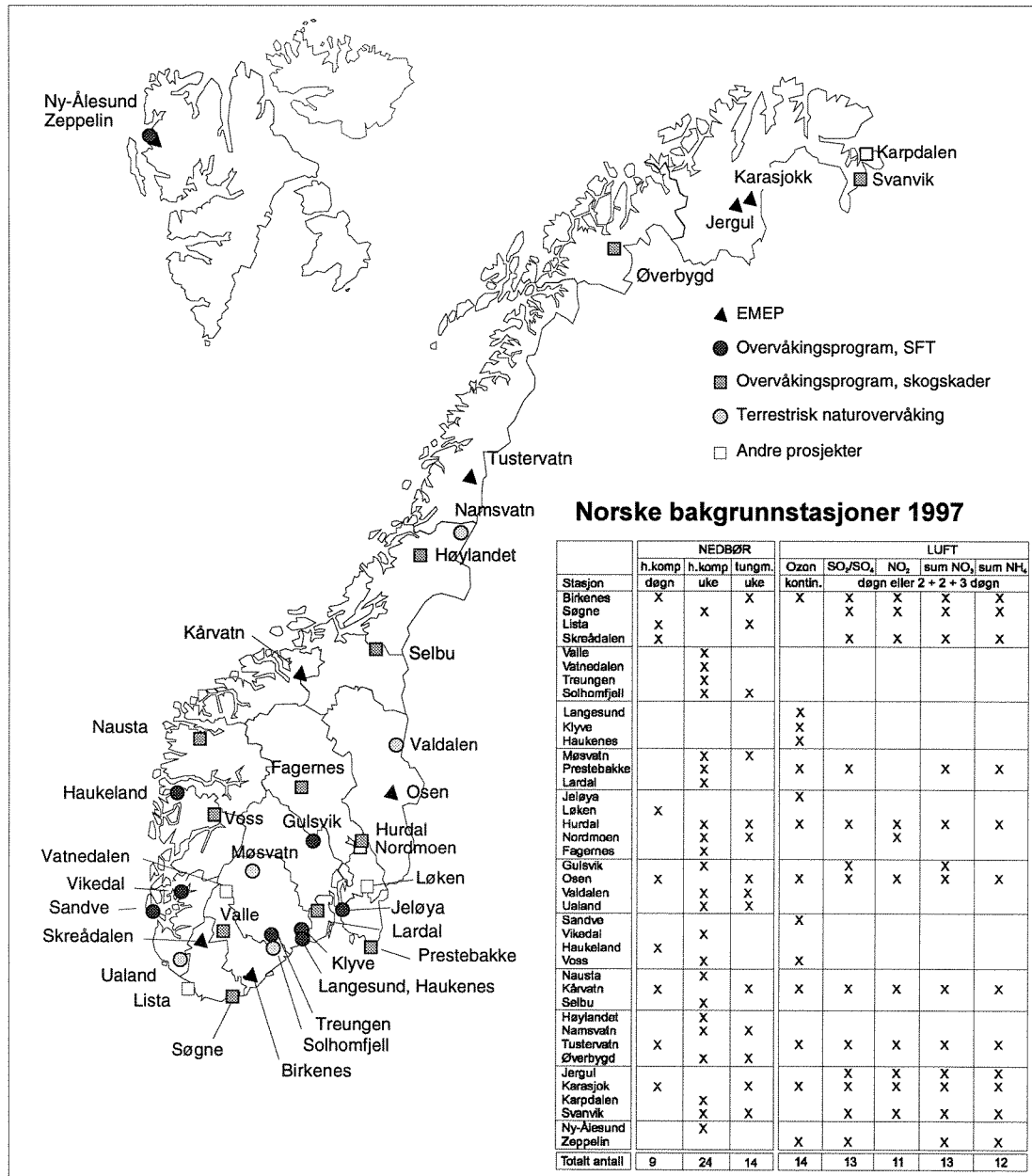
Tilsvarende registreringer gjøres på *fylkesvise lokale overvåkingsflater*, som består av 750 subjektivt utvalgte flater med 40.000 trær.

Kronetetthet uttrykker en estimert barmasse i % av et tenkt fulltett tre under rådende voksestedsbetingelser. Kronefarge angir graden av misfarging i kronen, og fremstilles her som prosentandel trær med mer enn 10% misfarging.

På de 18 *intensive overvåkingsflatene*, hvorav en tilhører Integrated Monitoring, registreres

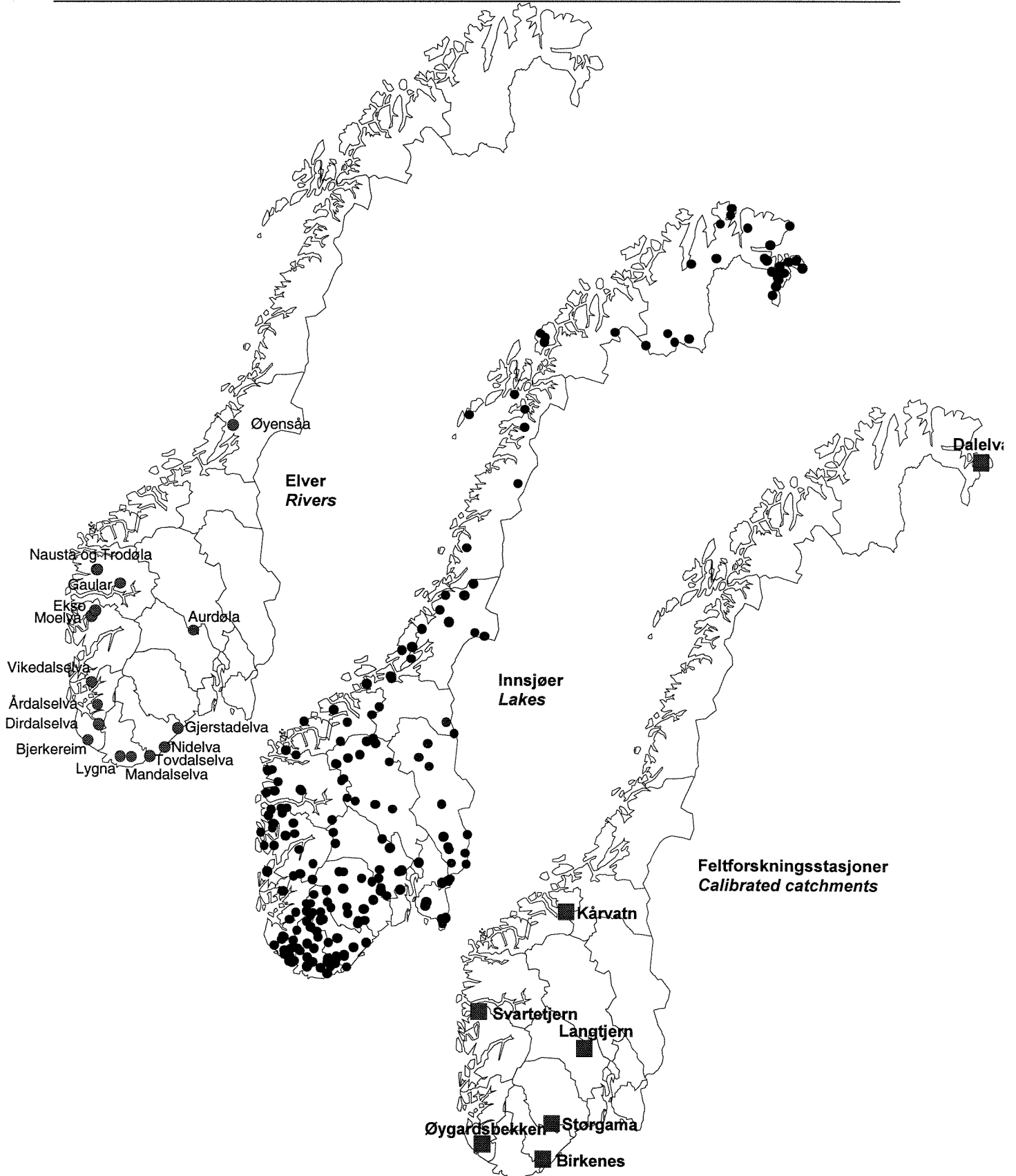
nedbør, kronedrypp, jordvannskjemi, trærnes vitalitet, nålekjemi og strøfall. Registrering av tilførsler av luftforurensning på de intensive

flatene utgjør en stor del av det nasjonale stasjonsnett (se Tilførsler).



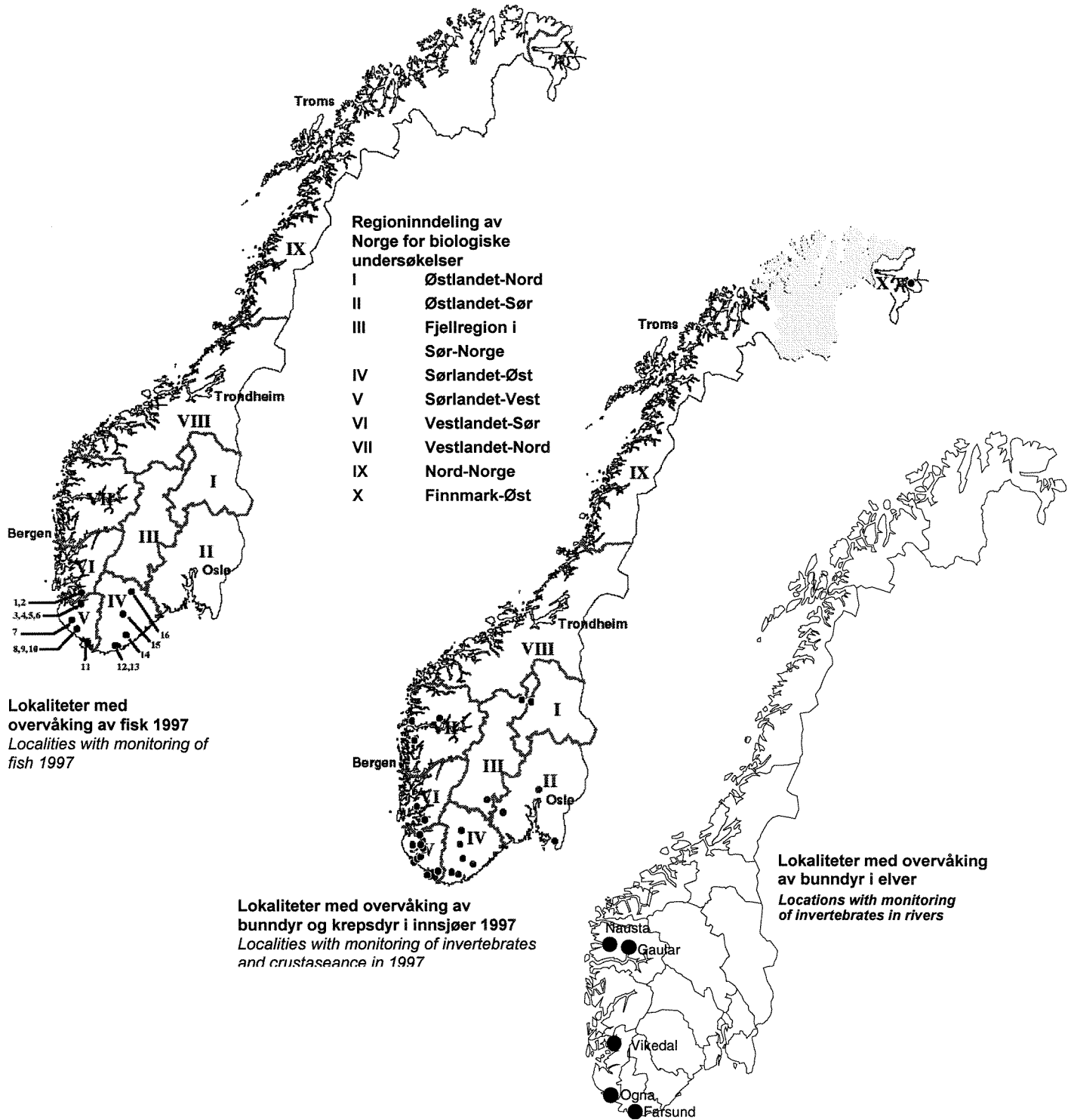
Figur 1.1 Lokalteter som inngår i overvåkingsprogrammet for atmosfærisk tilførsel og bakkenær ozon i 1997.

Figure 1.1 Norwegian background stations and monitoring programme in 1997.



Figur 1.2
Figure 1.2

Lokaliteter som inngår i det vannkjemiske overvåkingsprogrammet i 1997.
Monitoring network for surface water, 1997.

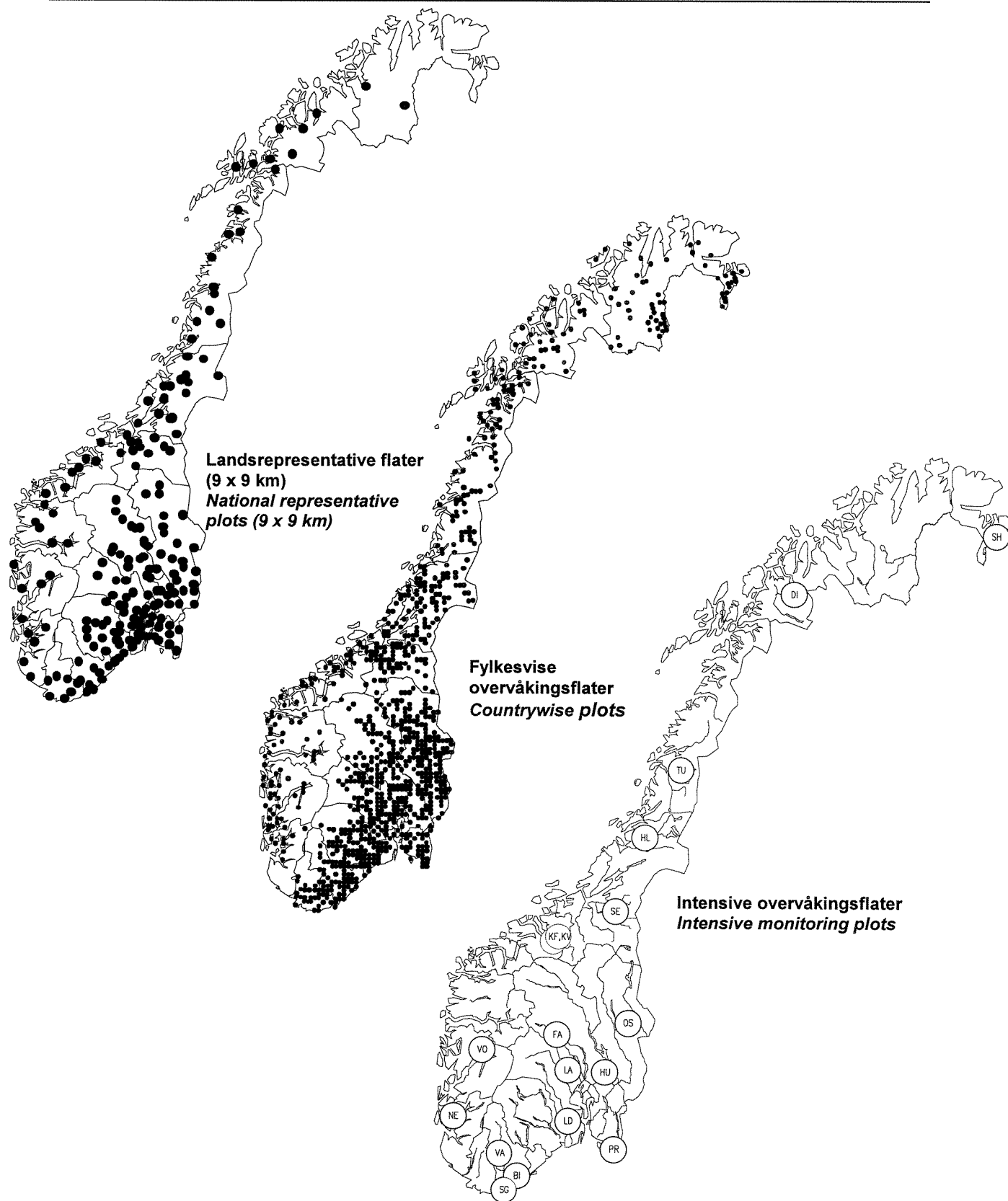


Figur 1.3

Lokaliteter som inngår i det biologiske overvåkingsprogrammet for fisk, planktoniske og litorale krepsdyr og bunndyr. Lokalitetsnummerene refererer til lokaliteter med fiskeundersøkelser (tabell 4.1). Romertallene angir regioninndeling av Norge som er brukt for bunndyr, zooplankton og litorale krepsdyr undersøkelser i innsjøer (tabell 4.2).

Figure 1.3.

Locations in the biological monitoring programme 1997 for fish, planktonic and littoral crustaceans and invertebrates 1997. The numbers are localities in the monitoring programme for fish 1997 (table 4.1). The roman numbers gives the regional division of Norway used for monitoring of invertebrates, zooplankton and littoral crustaceans in lakes (table 4.2).



Figur 1.6
Figure 1.6

Lokaliteter som inngår i skogovervåkingsprogrammet 1997.
Locations in the forest monitoring programme 1997.

2. Overvåking av luft og nedbør

2.1 Utslipp

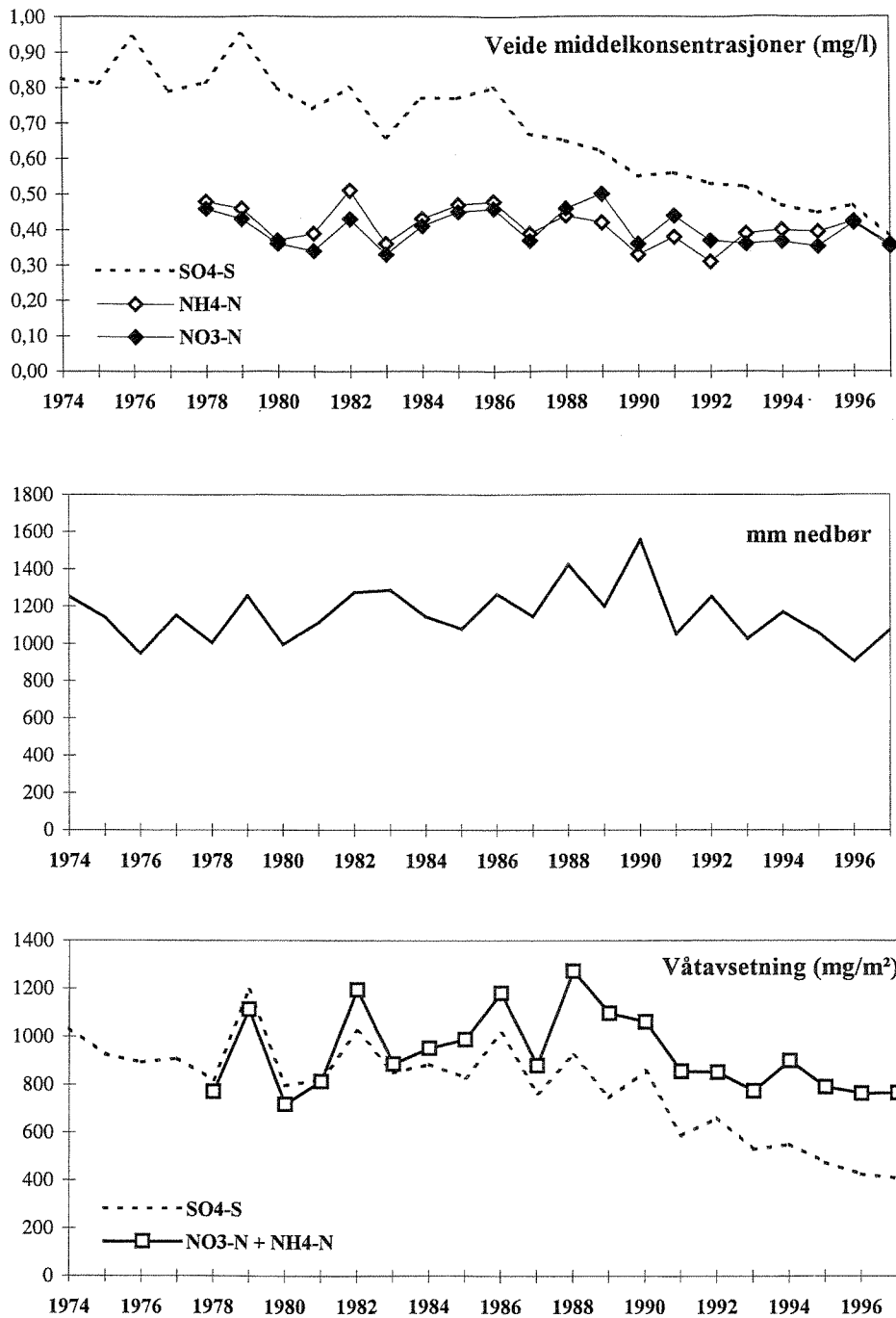
Utslipp av forurensninger til atmosfæren skjer fra en lang rekke naturlige og antropogene kilder. Forbrenning av fossilt brensel er den viktigste kilde til svoveldioksid og nitrogenoksider i Europa. I tidsrommet 1950-1970 var det en markert økning i utslippene av både svoveldioksid og nitrogenoksider. I følge data fra Det norske meteorologiske institutt (DNMI) som er samlet i forbindelse med EMEP-programmet, er utslippene av svoveldioksid i Europa redusert med over 48% fra 1980 til 1995. Utslppsreduksjonen har vært størst i de vestlige land, men også i øst er reduksjonene på over 30%. Utslippene av nitrogenoksider har i samme tidsrom endret seg lite. Ammoniumtilførselen har økt siden 1950-tallet som følge av veksten i landbruksproduksjonen og et mer intensivt husdyrhold i Europa. Fra 1975 er imidlertid økningen liten. Den årlige totaltilførselen av svovel til Norge var for perioden 1988-92 anslått til ca. 114.000 tonn S, og av nitrogen til ca. 150.000 tonn N.

2.2 Nedbørkjemi – våtavsetninger

I 1997 ble de høyeste årsmiddelkonsentrasjonene av sterk syre, svovel- og nitrogenkomponenter i nedbøren registrert langs kysten på Sørøstlandet og Sørlandet.

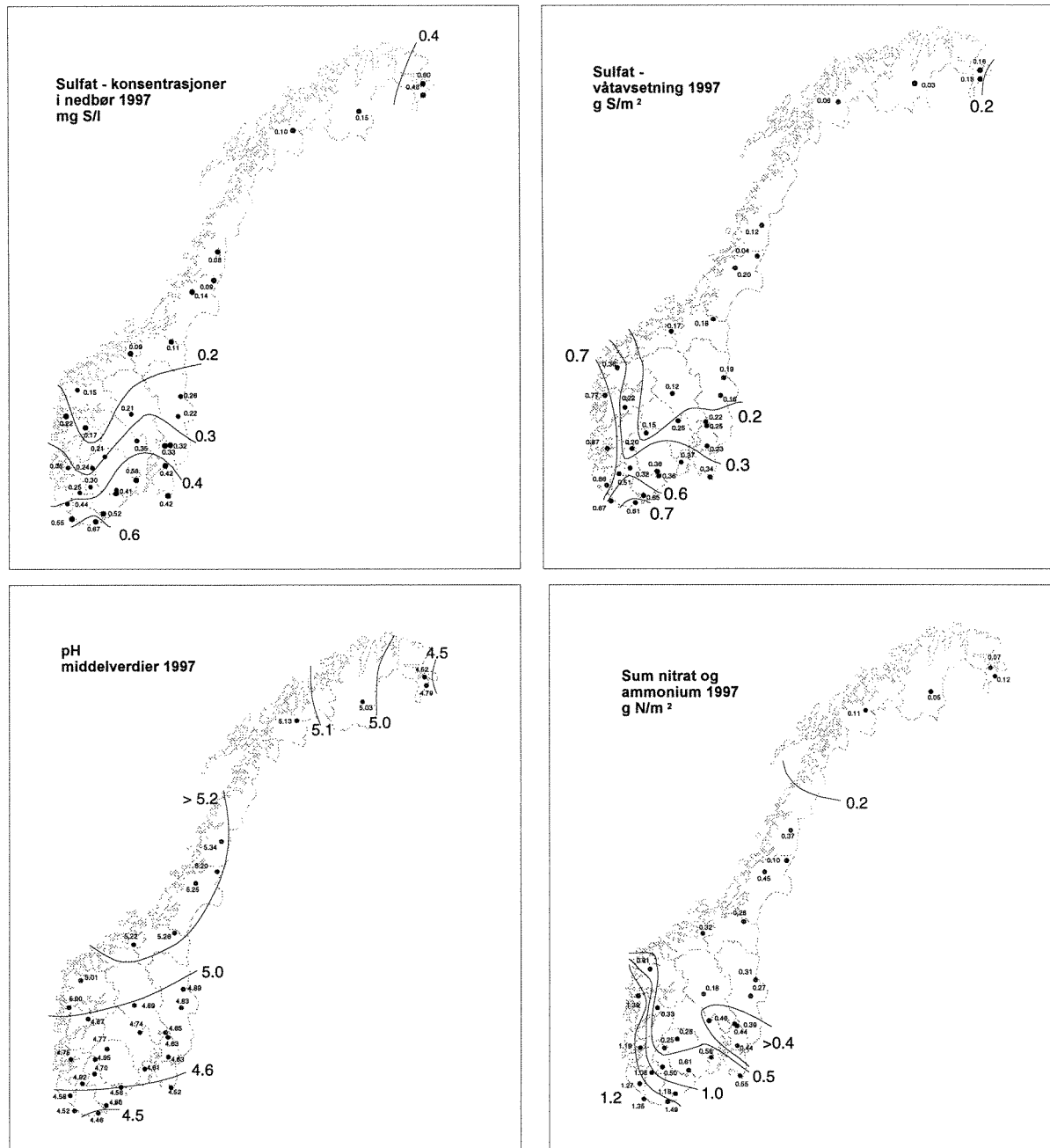
Verdiene var høyest ved Søgne, Lista, Birkenes, Lardal og Solhomfjell. De laveste verdier ble målt fra Møre og Romsdal og nordover til Troms, med minimum på Kårvatn. Våtavsetningen av sulfat, sterk syre og nitrogen (nitrat og ammonium) var størst langs kysten fra Aust-Agder til Hordaland. Tilførselene av sjøsalter var i 1994 til 1996 lavere enn i de foregående 4-5 årene. Både i Sør- og Nord-Norge var middelkonsentrasjonene av samtlige hovedkomponenter i nedbør generelt noe lavere i 1997 sammenlignet med 1996.

Som følge av internasjonale avtaler om reduksjoner i utslipp av svoveldioksid var den gjennomsnittlige reduksjon i sulfatkonsentrasjoner på fastlandsstasjonene i perioden mellom 43 og 62% siden 1980. Årsmiddelkonsentrasjonene av nitrat og ammonium i nedbør viser ingen markert tendens i perioden 1980 - 1997. Våtavsetningen av sulfat i Sør-Norge var i 1997 noe lavere enn i 1996. Ved de fleste stasjoner og mange steder på Sørlandet og Vestlandet var avsetningen de lavest målte siden NILU startet overvåking av luft og nedbørkvalitet tidlig på 70-tallet. Våtavsetningen av nitrogenforbindelser var omtrent på samme nivå som i 1995 og 1996.



Figur 2.1 Veide årsmiddelkonsentrasjoner av sulfat (sjøsaltkorrigert), nitrat og ammonium, gjennomsnittlige årlige nedbørmengder og våtavsetninger av sulfat og nitrogenkomponenter 1974-1997 for 7 representative stasjoner på Sørlandet og Østlandet: Birkenes, Lista, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik og Løken.

Figure 2.1 Annual weighted mean concentrations of sulphate (corrected for sea salts), nitrate and ammonium, averaged annual precipitation amounts and wet deposition of sulphur and nitrogen based on 7 representative sites in Southern Norway; Birkenes, Lista, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik og Løken.

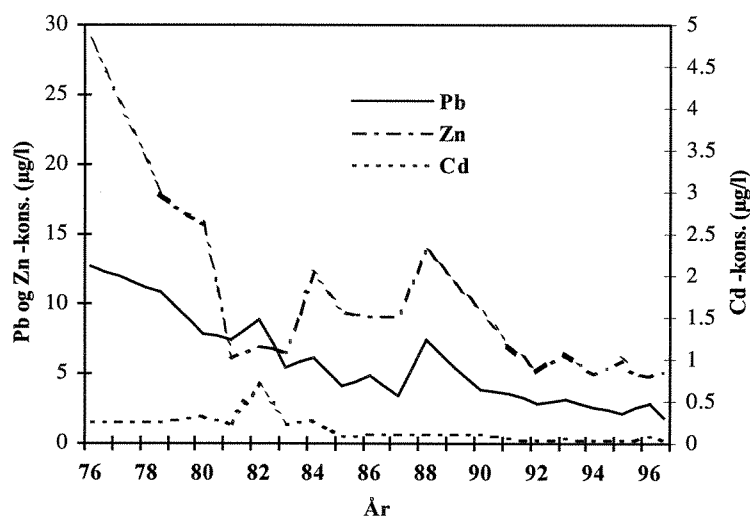


Figur 2.2 Middelskonsentrasjoner i nedbør av sulfat og pH, våtavsetning av sulfat og nitrat + ammonium på norske bakgrunnsstasjoner i 1997.

Figure 2.2 Annual weighted mean concentrations of sulphate and strong acid (from pH), and wet deposition of sulphate and nitrogen compounds in Norway, 1997.

De høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av bly, kadmium og sink i nedbør ble målt i Sør-Norge. Konsentrasjonene har avtatt med 60 til 80% siden slutten av 1970-årene. Det ble imidlertid målt et maksimum for innholdet av bly og sink i Sør-Norge i 1988, men deretter har konsentrasjonene avtatt på alle målstedene. I

1996 og 1997 var sinkinnholdet for de fleste lokaliteter noe høyere enn i de foregående år. Det høyeste årsmiddelkonsentrasjoner av arsen, nikkel, kopper og kobolt ble imidlertid målt i Øst-Finnmark (Svanvik) grunnet nærliggende utslippskilder i Russland (Kola-halvøya).



Figur 2.3 Middelkonsentrasjonene av bly, kadmium og sink i nedbør på Birkenes, Aust-Agder for årene 1976-1997.

Figure 2.3 Annual weighted mean concentrations of Pb, Cd and Zn in precipitation at the site Birkenes, 1976-1997.

2.3 Luftens innhold av forurensninger – tørravsetninger

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark. Den markert høyeste maksimumsverdien av svoveldioksid (ca. 44 $\mu\text{g S m}^{-3}$) ble registrert i Sør-Varanger (Svanvik) på grunn av utslippskilder Kola-halvøya. Det var for de fleste målesteder noe lavere konsentrasjonsnivåer av svoveldioksid og sulfat sammenlignet med 1996. De høye verdiene av nitrogendioksid ved Nordmoen og Søgne, især midtvinters, skyldes sannsynligvis lokale utslipp, spesielt fra biltrafikk. Innholdet av nitrogendioksid, nitrat+salpetersyre og ammonium+ammoniakk i luft er størst i Sør-Norge og viser ingen markerte tendenser siden målingene startet i 1984. Det ble målt enkelte

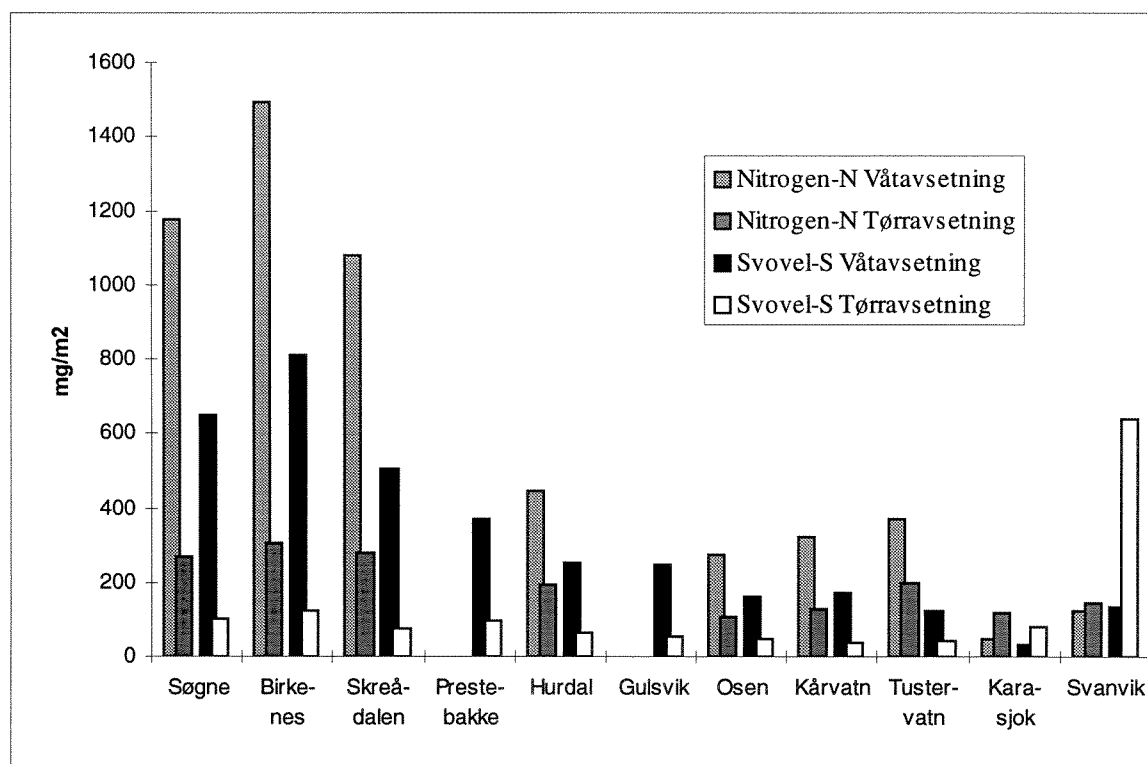
høye døgnmiddelkonsentrasjoner av "sum ammonium" ved de fleste stasjoner grunnet lokal påvirkning fra landbruksaktivitetet.

Beregnet tørravsetning av svovel utgjorde i hele landet, unntatt Finnmark, 5-17% av de totale avsetningene om vinteren og 20-41% i sommeren 1997. I Finnmark er tørravsetningsandelen av svovel meget høy: 75% av den totale avsetningen om vinteren og 84% i vekstsesongen. Dette skyldes høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. På alle stasjonene (unntatt Svanvik) bidrar tørravsetningen for nitrogenforbindelser relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.

Luftens innhold av sulfat har avtatt med 49-52% fra 1980 til 1997. For svoveldioksid har

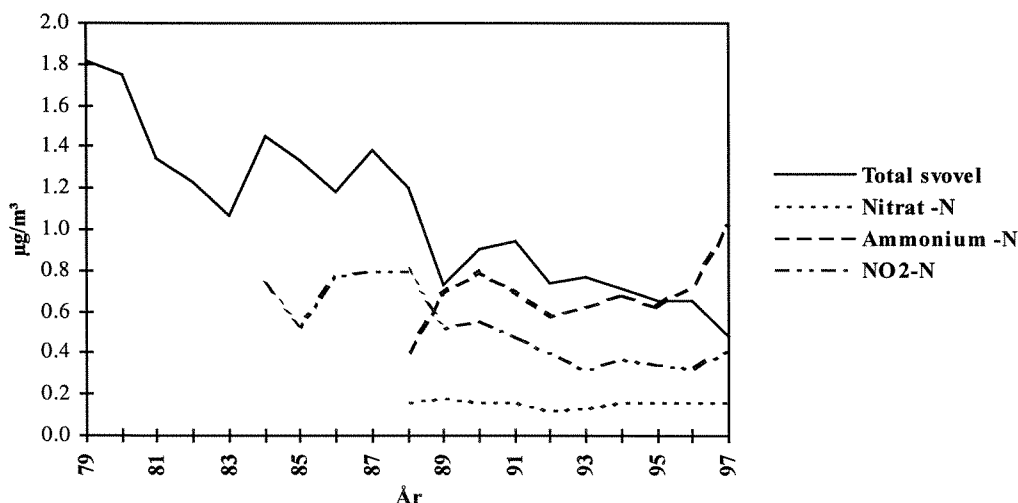
reduksjonen vært 45-58%. Ved Ny-Ålesund har konsentrasjonene av sulfat og svoveldioksid i luft avtatt med hhv. 54 og 58%.

Det har ikke vært noen tendens i luftens innhold av nitrogendioksid, sum av nitrat+salpetersyre og sum av ammonium+ammoniakk siden disse målingene startet i 1984.



Figur 2.4 Estimert totalavsetning (sum av våt- og tørravsetning) av svovel- og nitrogenforbindelser på norske bakgrunnstasjoner i 1997.

Figure 2.4 Estimated total deposition (dry deposition plus wet deposition) of sulphur and nitrogen compounds at Norwegian background sites, 1997.



Figur 2.5 Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel (SO_2+SO_4), oksidert nitrogen (HNO_3+NO_3), redusert nitrogen (NH_3+NH_4) og NO_2 på norske EMEP-stasjoner (se figur 1.1).

Figure 2.5 Average annual mean concentrations of airborne sulphur, oxidized and reduced nitrogen compounds at Norwegian EMEP monitoring sites (see figure 1.1).

2.4 Bakkenært ozon

Ozon og andre fotokjemiske oksidanter dannes ved kjemiske reaksjoner mellom oksygen, flyktige organiske forbindelser og nitrogenoksider under påvirkning av solstråling. Ozon er den viktigste av oksidantene og forekommer i størst mengde. Ozon har negative virkninger på helse, vegetasjon og materialer. Helse-virkningene gjelder særlig for astmatikere og andre med kroniske luftveislidelser. Virkninger på vegetasjon gjelder særlig for nyttevekster som grønnsaker og korn. Ved langvarig eksponering er det påvist negative virkninger på skog.

Månedsmidlene av ozon varierer betydelig over året og viser oftest et maksimum i mars eller april. Konsentrasjonene overskrider ofte anbefalte luftkvalitetskriterier. Episoder med høye ozonkonsentrasjoner forekommer i sommerhalvåret og vil oftest vare fra et døgn til en uke. Episodene har sammenheng med høytrykkenes posisjon og vandring over Nord-Europa. Fordi sommerværet i Nord-Europa er svært variabelt, vil antall ozonepisoder også variere atskillig fra år til år. Det var i 1997 omtrent like mange "episodedøgn" (21 døgn) som gjennomsnittlig de foregående 10 åra

(20,5 døgn). Med episodedøgn menes døgn med maksimal timemiddelverdi på minst $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på ett sted eller minst $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på flere steder samtidig. Høyeste timemiddelverdi var $162 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Voss, 6. juni 1997 kl. 15). Det var kun en overskridelse av SFTs grenseverdi for melding til befolkningen ($160 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ingen målesteder hadde timemiddelverdier over EUs grenseverdi for melding til befolkningen ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$). SFTs grenseverdi for beskyttelse av helse (timeverdi over $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ble overskredet ved alle målesteder. Det ble målt timemiddelverdier over ECEs grenseverdi for beskyttelse av plantevekst ($150 \mu\text{g}/\text{m}^3$) på tre målesteder (Hurdal, Langesund og Voss). Tålegrensen for ozon på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som middelverdi over 7 timer kl. 09-16 i vekstsesongen (april-sept.) ble overskredet ved alle målesteder. Tålegrensen for ozon på $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som middelverdi over 8 timer (april-sept.) ble også overskredet i hele landet. Tålegrensen for akkumulert eksponering over $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (AOT40)(3000 ppb h) ble for landbruksvekster overskredet ved 8 målesteder (Prestebakke, Jeløya, Osen, Langesund, Haukenes, Birkenes, Voss, Sandve og Kårvatn). Det var ingen overskridelser av tålegrensen for skog (10000 ppb h) i 1997.

Tabell 2.1 Antall timer (h) og døgn (d) med timemidler større enn 150 µg/m³, middelkonsentrasjon av ozon for 7 timer (kl. 09-16) i vekstsesongen (april - september) og akkumulert eksponering over 40 ppb (AOT40) i 1997.

Table 2.1 Number of hours (h) and days (d) with hourly mean values of ozone exceeding 150 µg/m³ in 1997, middle concentration of ozone for 7 hours (09-16) in the growing season (April – September) and accumulated exposure above 40 ppb (AOT40) in 1997.

Målested	150 mg/m ³		Middelkons. kl. 09-16	AOT40	AOT40
	h	d	(april - sept.)	Landbruksvekster	Skog
Prestebakke			77	3662	5366
Jeløya			81	4422	6347
Hurdal	1	1	75	2883	4851
Osen			80	3065	5837
Langesund	4	2	80	5465	7325
Klyve			72	2566	3272
Haukenes			77	4358	6638
Birkenes			79	3132	5904
Sandve			79	4367	6565
Voss	4	2	77	4219	7348
Kårvatn			75	3060	6276
Tustervatn			71	1210	2575
Karasjok			64	860	1990
Zeppelinfjellet			54	92	572
Sum	9	5			

3. Vannkjemisk overvåking

Virkningene av tilførsler av forurenset luft og nedbør på vannkvalitet følges gjennom rutinemessig prøvetaking i elver, innsjøer og feltforskningsstasjoner. Målet for overvåking av vann og vassdrag er å registrere eventuelle endringer i forureningsforhold over tid.

Direktoratet for Naturforvaltning (tidligere DVF) startet i 1965 rutinemessig innsamling og analyse av vannprøver fra fire elver på Sørlandet, og antallet ble etterhvert utvidet. I 1980 ble det valgt ut 20 elver som egnede overvåkingsobjekter. I 1997 ble 16 elver

overvåket. I nedbørfeltet for 8 av elvene foregår det kalkingsaktiviteter. I 1992 ble Lygna kalket, og 1996 ble det kalket i Nidelva, Tovdalselva, Mandalselva, Bjerkereimselva og Ekso. I Gjerstadelva er det endel kalking i nedbørfeltet, som ser ut til å ha innvirkning på vannkjemien. Årdalselva og Ekso ble kalket fra 1997. Elvene som nå blir kalket vil bli overvåket på samme måte som før, for å se på endringene i sulfat og nitrat (som ikke blir påvirket av kalking) og virkningene av kalkingen.

Tabell 3.1 Oversikt over elvene som inngår i overvåkingsprogrammet og status for kalkingsaktiviteter.

Table 3.1 Rivers in the monitoring programme. "White" rivers are limed, while "grey" rivers are unlimed

Fylke	Navn	Vassdrag	Kalket
Aust-Agder	Gjerstadelva	018.3Z	Noe kalking i nedbørfeltet
Aust-Agder	Nidelva	019.Z	Nisser kalket fra 1996
Aust-Agder	Tovdalselva	020.Z	Kalking fra høsten 1996
Vest-Agder	Mandalselva	022.Z	Kalking fra høsten 1996
Vest-Agder	Lygna	024.Z	Kalking fra høsten 1991
Rogaland	Bjerkreimselva	027.Z	Kalking fra 1996
Rogaland	Dirdalselva	030.2Z	Ingen kalking
Rogaland	Årdalselva	033.Z	Kalking av innsjøer 1996 og 1997
Rogaland	Vikedalselva	038.Z	Ingen kalking oppstrøms stasjonen
Hordaland	Ekso	063.Z	Kalking fra 1996/1997
Hordaland	Modalselva	064.Z	Ingen kalking
Sogn og Fjordane	Nausta	084.7Z	Ingen kalking
Sogn og Fjordane	Trodøla	084.7C	Ingen kalking
Sogn og Fjordane	Gaula	083.Z	Ingen kalking
Nord-Trøndelag	Øyensåa	138.B	Ingen kalking
Buskerud	Aurdøla	012.GD	Ingen kalking

Med utgangspunkt i "1000-sjøers undersøkelsen 1986" er ca. 100 innsjøer fordelt over hele landet fulgt opp med årlig prøvetaking for en videre dokumentasjon av eventuelle effekter av endringer i tilførsler av langtransporterte luftforurensninger. Hvert år har endel sjøer blitt byttet ut med nye fordi de var blitt kalket siden forrige prøvetaking. Tilsammen har ca.30 sjøer blitt tatt ut av programmet i perioden 1988-1997. I 1997 var det igjen 79 innsjøer som hadde sammen-

liknbare data for alle år fra og med 1986. De årlige regionale innsjøundersøkelsene gir informasjon om den generelle regionale vannkjemiske utviklingen i innsjøer i hele Norge. Kjemiske utviklingstrender for "100-sjøene" er presentert som gjennomsnitt av et antall sjøer i hver landsdel (tabell 3.2). Etter "Regional Innsjø-undersøkelse i 1995" ble antallet innsjøer øket til ca. 200 pr. år for å styrke innsjø-overvåkingen.

Tabell 3.2 Antall innsjøer i hver region.**Table 3.2.** Numbers of lakes in each region.

"Region"	Kommunenr.	Antall sjøer med data fra 1986-1997	Antall sjøer med data fra 1995-1997
Østlandet	100-699	17	39
Sørlandet	800-1099	24	53
Vestlandet	1100-1499	13	43
Midt-Norge	1500-1799	9	22
Nord-Norge	1800-2099	16	42
Totalt		79	199

I 7 små nedbørfelt (tabell 3.3) blir det tatt ukentlige vannprøver og nedbørprøver (NILU) daglig vannføring. Hensikten med overvåkingen i feltforskningsområdene er å:

- (i) registrere endringer i kjemisk sammensetning i avrenningsvannet i små nedbørfelter med forskjellig atmosfærisk tilførsel, geologi og vegetasjon og
- (ii) beregne materialbalanse for de enkelte kjemiske komponenter.

Tre av feltforskningsstasjonen inngikk i SNSF-prosjektet (Sur nedbørs Virkning på Skog og Fisk) fra 1972-1980, og for disse tre stasjonen (Birkenes, Langtjern og Storgama) foreligger dataserier helt tilbake fra begynnelsen av 70-tallet. Kårvatn i Møre og Romsdal kom med i 1978, som en "bakgrunnstasjon". Her er tilførselene av langtransporterte forurensninger svært små. I 1988 ble Dalelva i Finnmark tatt med for å dekke effekter av forurensning fra

Kola. I 1994 ble Svartetjern i Matre i Nord-Hordaland tatt med for å dekke Vestlandet og sjøsaltepisoder bedre. I 1996 Øygardsbekken i Rogaland fra prosjektet "Nitrogen fra Fjell til Fjord" inkludert i programmet for å få en stasjon i et område med høy nitrogenbelastning.

Tabell 3.3 Feltforskningsstasjoner**Table 3.2** Calibrated catchments

Fylke	Stasjon	Dataserier
Buskerud	Langtjern	78-83, 86-97
Telemark	Storgama	75-78, 80-97
Vest-Agder	Birkenes	73-78, 80-83, 85-97
Rogaland	Øygardsbekken	93-97
Hordaland	Svartetjern	95-97
Møre og Romsdal	Kårvatn	78-84, 86-97
Finnmark	Dalelva	89-97

3.1 Endringer i vannkjemi fra 1980 - 1997

Reduserte tilførsler av svovel gjennom luft og nedbør har hatt en markert innvirkning på konsentrasjonene av ikke-marin sulfat i elver, innsjøer og avrenningsvann fra feltforskningsstasjoner (tabell 3.4). Den prosentvise nedgangen i ikke-marin sulfat for elver, innsjøer og feltforskningsstasjoner er beregnet ved lineær regresjon og viser en klar nedgang i ikke-marin sulfat på mellom 30-40% i

perioden 1980-1997 Dette faller klart sammen med nedgangen i konsentrasjonen av sulfat i nedbør.

Det har ikke vært noen systematiske endringer i deposisjon av nitrat og ammonium siden målingene av disse komponentene startet i 1974. Det er heller ingen endring i nitrat i avrenningen fra 1980-1997. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i avrenningen måles imidlertid i de områdene av Norge der nitrogen deposisjonen er høyest.

Tabell 3.4 Endring i ikke-marin sulfat pr.år i $\mu\text{ekv/l}$ for perioden 1980 til 1997 og for 1986 til 1997 er beregnet ved enkel lineær regresjon. Verdier for ikke-marin sulfat for 1980, 1986 og 1997 i $\mu\text{eq/l}$ og %-vis nedgang fra 1980-1997 og 1986-1997 er beregnet.

Table 3.4 *Changes in non-marine sulphate pr. year in $\mu\text{eq/l}$ for the period 1980 to 1997 and for 1986 to 1997 calculated by linear regression. Values for non-marine sulphate in 1980, 1986 and 1997 in $\mu\text{eq/l}$ and % decline from 1980-1997 and 1986-1997 are calculated.*

	Fylke	Elv	Vassdr.	1980 SO ₄ * $\mu\text{ekv/l}$	1986 SO ₄ * $\mu\text{ekv/l}$	1997 SO ₄ * $\mu\text{ekv/l}$	endring pr år. 80-97	% endring fra 86-97	% endring fra 80-97
Elver	Aust-Agder	Gjerstadelva	018.3Z	108	96	74	-2.0	23	32
	Aust-Agder	Nidelva	019.Z	82	72	54	-1.7	25	34
	Aust-Agder	Tovdalselva	020.Z	85	74	53	-1.9	28	38
	Vest-Agder	Mandalselva	022.Z	62	53	37	-1.5	31	41
	Vest-Agder	Lygna	024.Z	71	62	45	-1.6	28	37
	Rogaland	Bjerkreimselva	027.Z	50	45	35	-0.9	22	30
	Rogaland	Dirdalselva	030.2Z	40	36	27	-0.8	24	33
	Rogaland	Årdalselva	033.Z	34	31	24	-0.6	22	31
	Rogaland	Vikedalselva	038.Z	41	37	29	-0.7	22	30
	Sogn og Fjordane	Nausta	084.7Z	23	20	15	-0.5	26	35
	Sogn og Fjordane	Trodøla	084.7C	24	21	14	-0.6	32	42
	Hordaland	Ekso	063.Z	33	28	19	-0.8	31	41
	Hordaland	Modalselva	064.Z	25	22	16	-0.6	28	37
	Sogn og Fjordane	Gaula	083.Z	25	22	16	-0.6	29	39
	Nord-Trøndelag	Øyensåa	138.B	22	16	7	-0.9	58	68
	Buskerud	Aurdøla	012.GD	58	52	43	-0.9	18	25
Innsjøer	Hele Norge	80 innsjøer		58	43	-1.3	25		
	Østlandet	17 innsjøer		84	63	-1.9	25		
	Sørlandet	24 innsjøer		64	49	-1.4	25		
	Vestlandet	13 innsjøer		41	27	-1.2	34		
	Midt-Norge	9 innsjøer		18	12	-0.5	30		
	Nord-Norge	17 innsjøer		56	45	-1.0	19		
Feltforsk. stasjoner	Buskerud	Langtjern	LAE01	68	60	47	-1.2	23	31
	Telemark	Storgama	STE01	75	64	47	-1.8	30	40
	Vest-Agder	Birkenes	BIE01	130	114	84	-2.7	26	35
	Møre og Romsdal	Kårvatn	KAE01	12	10	8	-0.2	26	36
	Finnmark	Dalelv	DALELV	132	113	78	-3.2	31	

ANC: Acid Neutralizing Capacity - syrenøytraliserende kapasitet, er et mål på vannets evne til å motstå forsuring. Høye positive verdier angir god vannkvalitet m.h.p. forsuring for akvatiske organismer, mens lave og negative verdier indikerer dårlig vannkvalitet.

3.1.1 Elver som ikke er kalket

Den jevne nedgangen i konsentrasjonen av ikke-marin sulfat som vi kan se i nesten alle elvene siden 1985, ser ut til å ha flatet ut i årene fra 1993-1997. De fleste elvene viser imidlertid svært nær eller den laveste gjennomsnittlige årsverdien av ikke-marin sulfat som er registrert i måleperioden. Denne trenden gjelder både i kalkede og ukalkede elver.

Vannkvaliteten m.h.p. forsurening har bedret seg i nesten alle elvene. For alle de ukalkede elvene med unntak av Øyensåa i Nord-Trøndelag og Trodøla i Sogn og Fjordane, er årlig gjennomsnittspH de siste 3-4 årene - 1993/94-1997 uten unntak høyere enn registrert for perioden 1980-1992/93. Den samme forholdet gjelder til en viss grad ANC, selvom utviklingen mot høyere ANC, ikke er så tydelig som for pH. Den positive utviklingen i ANC er mest tydelig i elvene med de laveste ANC-nivåer.

Fra 1990 viser alle elvene en klar nedgang i labilt Al (uorganisk Al, den formen som er antatt giftig for fisk og andre akvatiske organismer). Nedgangen i labilt aluminium er spesielt tydelig i elvene med høye konsentrasjoner av labilt Al. Denne nedadgående trenden i labilt Al har flatet ut eller snudd mot høyere verdier i 1997.

Nitrat viser relativt store konsentrasjonsvariasjoner fra år til år i elvene. Det er imidlertid en klar sammenheng mellom det generelle nitrat-nivået i elvene og deponisjonen av nitrogen. Generelt viser ingen av elvene noen klare trender i nitrat, med unntak av Trodøla, som har doblet nivået av nitrat fra 1984 til 1997. De fleste av elvene viser imidlertid nitratverdier i 1997 som er

blant de laveste verdiene for hele perioden 1980-1997. Det er ikke mulig å si om dette bare et utslag av spesielle hydrologiske og klimatiske forhold i 1997, eller om det starten på en nedadgående trend.

3.1.2 Elver som er kalket

Sulfat viser den samme nedgangen i de kalkede elvene som i de ukalkede, mens nitrat på samme måte som de ukalkede ikke viser noen endring.

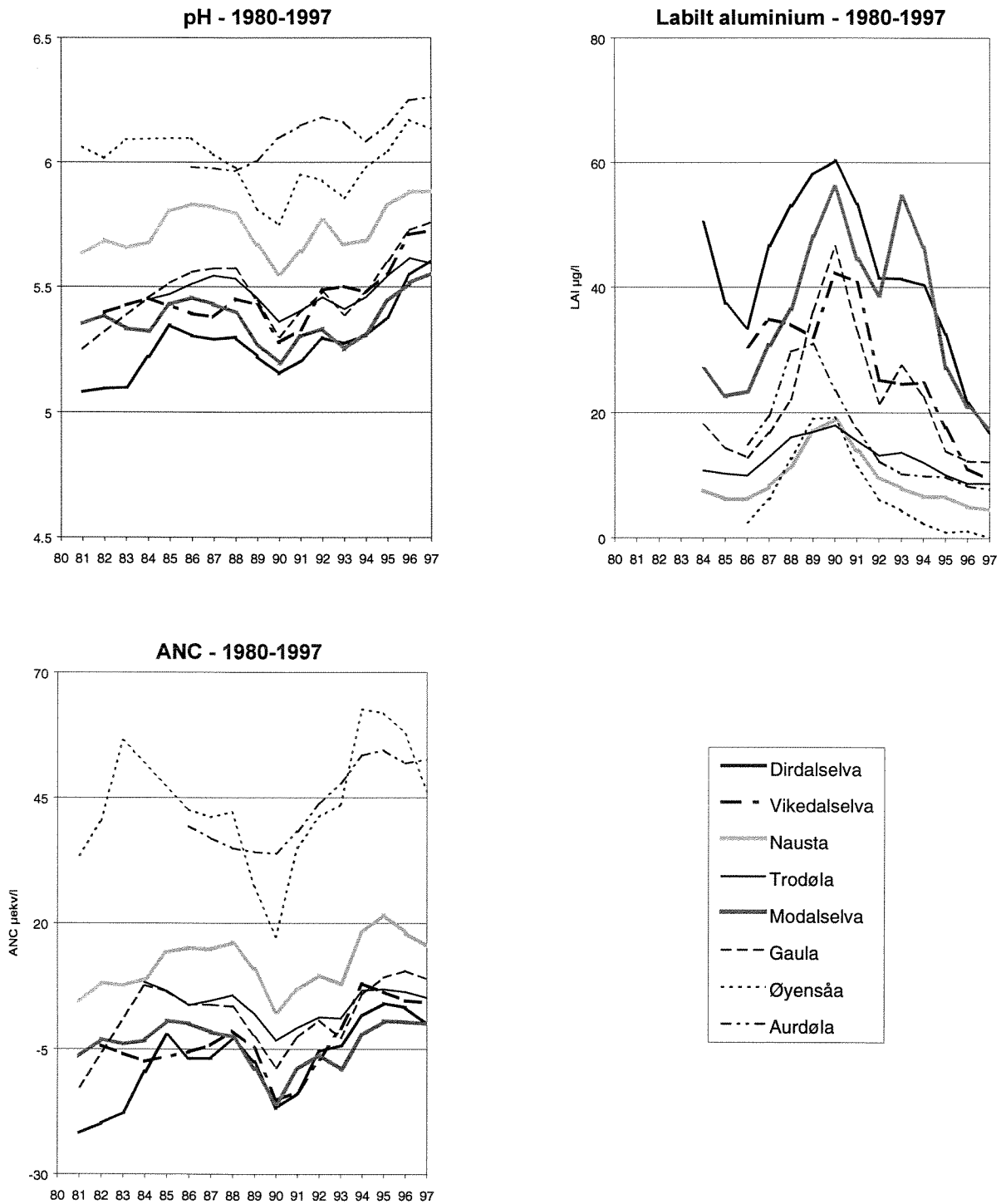
Alle elvene med unntak av Årdalselva og Ekso viser klare vannkvalitetsbedringer m.h.p. forsureningssituasjonen før og etter kalking (se tabellen under). Etter kalking skjer det en klar økning i pH, basekationer og ANC, samtidig som labilt Al avtar. For Årdalselva og Ekso viser målingene ingen klar endring i vannkvaliteten. Årsaken til dette er sannsynligvis at effekten av kalking ennå ikke er registrerbar.

Tabell 3.5 pH og ANC i 1987 (før kalking) og 1997 (etter kalking) i elver som er kalket i perioden 1991-1997.

Table 3.5. pH and ANC in 1987 (before liming) and in 1997 (after liming) in rivers that are limed in the periode 1991-1997.

Navn	PH-87	PH-97	ANC-87	ANC-97
Gjerstadelva	5.50	6.10	20	50
Nidelva	5.09	5.71	-11	15
Tovdalselva	4.90	6.25	-17	52
Mandalselva	4.87	5.30	-21	15
Lygna	4.95	6.05	-14	55
Bjerkreimselva	5.67	6.35	9	31
Årdalselva	6.00	6.06	17	14
Ekso	5.89	5.89	15	15

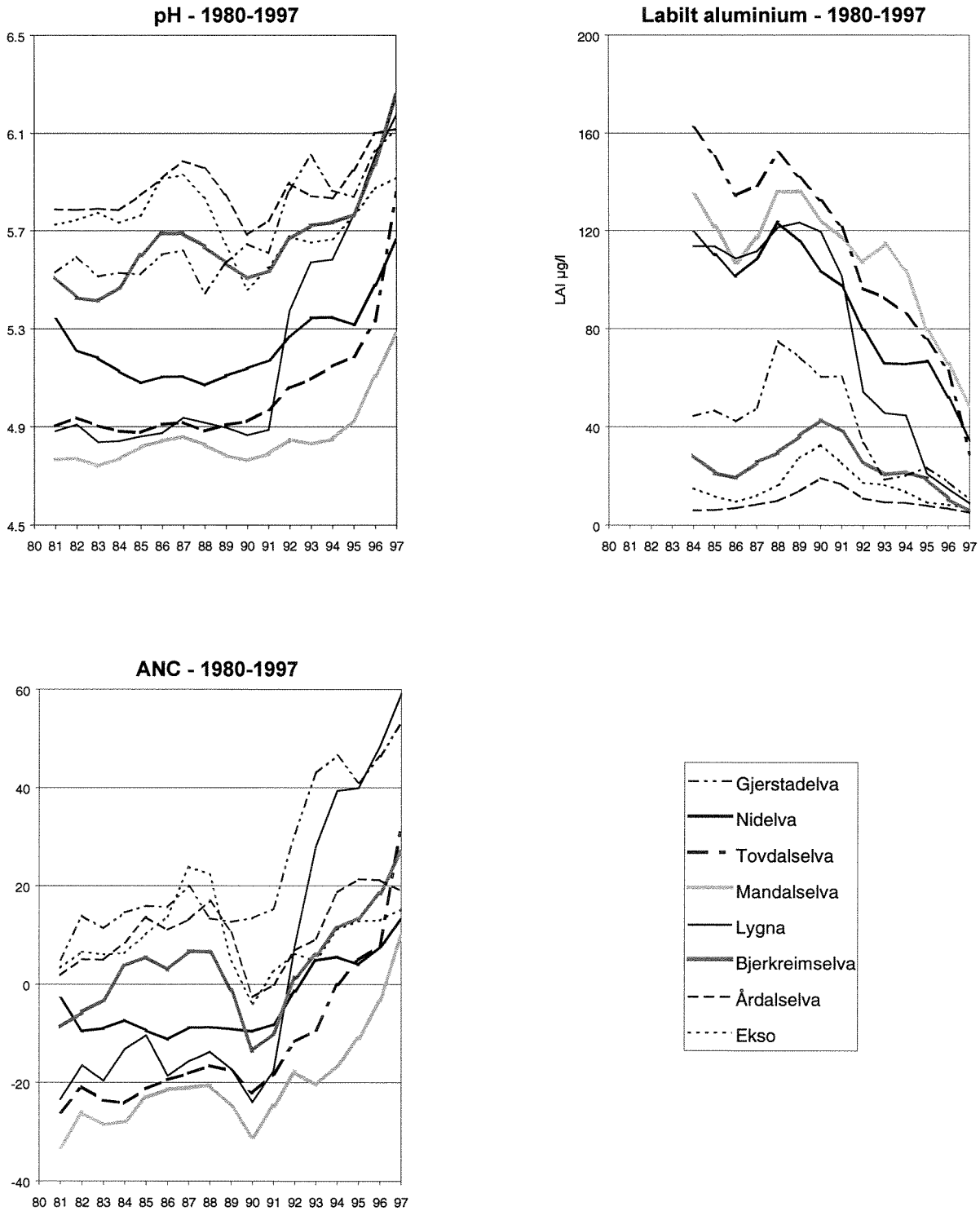
Elver som ikke er kalket



Figur 3.1
Figure 3.1

Trender i pH, ANC og labil Al fra 1980-1997 i elver som ikke er påvirket av kalking
Trendst in pH, ANC and labile Al from 1980-1997 in rivers that is not influenced by liming.

Elver som er kalket



Figur 3.2 Trender i pH, ANC og labil Al fra 1980-1997 i elver som er kalket.
Figure 3.2 Trends in pH, ANC and labile Al from 1980-1997 in rivers that are limed.

3.1.3 "100-sjøer"

Til tross for store variasjoner i årlige nedbørmengder og nedbørmønster viser dataene fra de årlige prøvetakingene generelt god overensstemmelse fra år til år. 100-sjøers dataene bekrefter det regionale bildet og konsentrasjonsnivåene i innsjøene som de regionale innsjøundersøkelsene i 1986 og 1995 har gitt. De lavest pH-verdiene finner vi i innsjøene Sør-Norge der de sure sjøene har høye konsentrasjoner av sulfat i forhold til basekationer og høyt innhold av uorganisk aluminium og nitrat. Innsjøene i Midt-Norge og Nord-Norge har høyere pH, lavere sulfatkonsentrasjoner og lavere innhold av aluminium og nitrat. Det er klare variasjoner fra år til år, men den samme type vannkjemi viser seg hvert år.

Middelverdiene av ikke-marin sulfat i innsjøene fordelt på regioner viser en jevn nedgang fra 1986 til 1997. Nedgangen er på 21% for alle sjøene sett under ett og varierer fra 18% for innsjøer i Nord-Norge til 28% for innsjøer på Vestlandet. Innsjøer i alle regioner med unntak av Nord-Norge viser en svak nedgang i ikke-marin sulfat fra 1996 til 1997. Etter noen år med tilsynelatende utflating av den nedadgående sulfattrenden, viser 1997 resultatene de laveste gjennomsnittlige ikke-marine sulfatverdiene som er registrert for innsjøer i alle landsdeler med unntak av Nord-Norge, som har samme gjennomsnittlige ikke-marine sulfatverdi som i 1996.

Østlandssjøene har vist en markert bedring i vannkvalitet m.h.p. forsuring de siste årene. Gjennomsnittsverdien for pH lå under 5.0 fram til 1994. Gjennomsnittsverdien for 1997 var 5.18, den høyeste som er registrert så langt. Den gjennomsnittlige ANC-verdien lå rundt 0 $\mu\text{ekv/l}$ fra 1986 til 1991. Etter dette gjorde den et hopp, og de fire siste årene har den gjennomsnittlige ANC-verdien ligget på 16-20 $\mu\text{ekv/l}$. Gjennomsnittsverdien av labilt Al har sunket for hvert år siden toppåret i 1990 med 132 $\mu\text{g/l}$ til 61 $\mu\text{g/l}$ i 1997, den laveste verdien som er registrert så langt.

Innsjøene på Sørlandet viser også en markert bedring i vannkvalitet m.h.p. forsuring de siste årene. Før 1994 lå gjennomsnittlig pH-verdi

under 4.9, men fra 1994-1997 har pH øket jevnt, og i 1997 er gjennomsnittlig pH for første gang over 5.0. ANC viser den samme positive utviklingen. Fram til 1994 lå gjennomsnittlig ANC omkring $-20 \mu\text{ekv/l}$ for Sørlandsinnsjøene. Fra 1994 gjorde ANC et hopp, og gjennomsnittsverdien for 1997 er $-9 \mu\text{ekv/l}$. Den markante nedgangen i labilt Al som startet i 1991 (1990 verdi 139 $\mu\text{g/l}$) ser ut til å ha flatet ut mellom 1996 og 1997 og er nå på 76 $\mu\text{g/l}$.

Vestlandsinnsjøene viser også en positiv utvikling, men ikke så markert som på Øst- og Sørlandet. Gjennomsnittsverdien av ikke-marin sulfat i 1997 viser den laveste verdien som er registrert så langt. Gjennomsnittsverdien av pH har ligget på omtrent samme nivå de fire siste årene 1994-1997 (pH 5.08-5.13), som er noe høyere enn for perioden 1986-1993 (4.96-5.02). ANC har vært stabil rundt $-20 \pm 4 \mu\text{ekv/l}$. Vestlands-sjøene har også hatt en markert nedgang i labilt Al fra en topp på 134 $\mu\text{g/l}$ i 1993 til 73 $\mu\text{g/l}$ i 1996 og 1997. På samme måte som for Sørlandssjøene er nedgangen i labilt Al tilsynelatende i ferd med å flate ut.

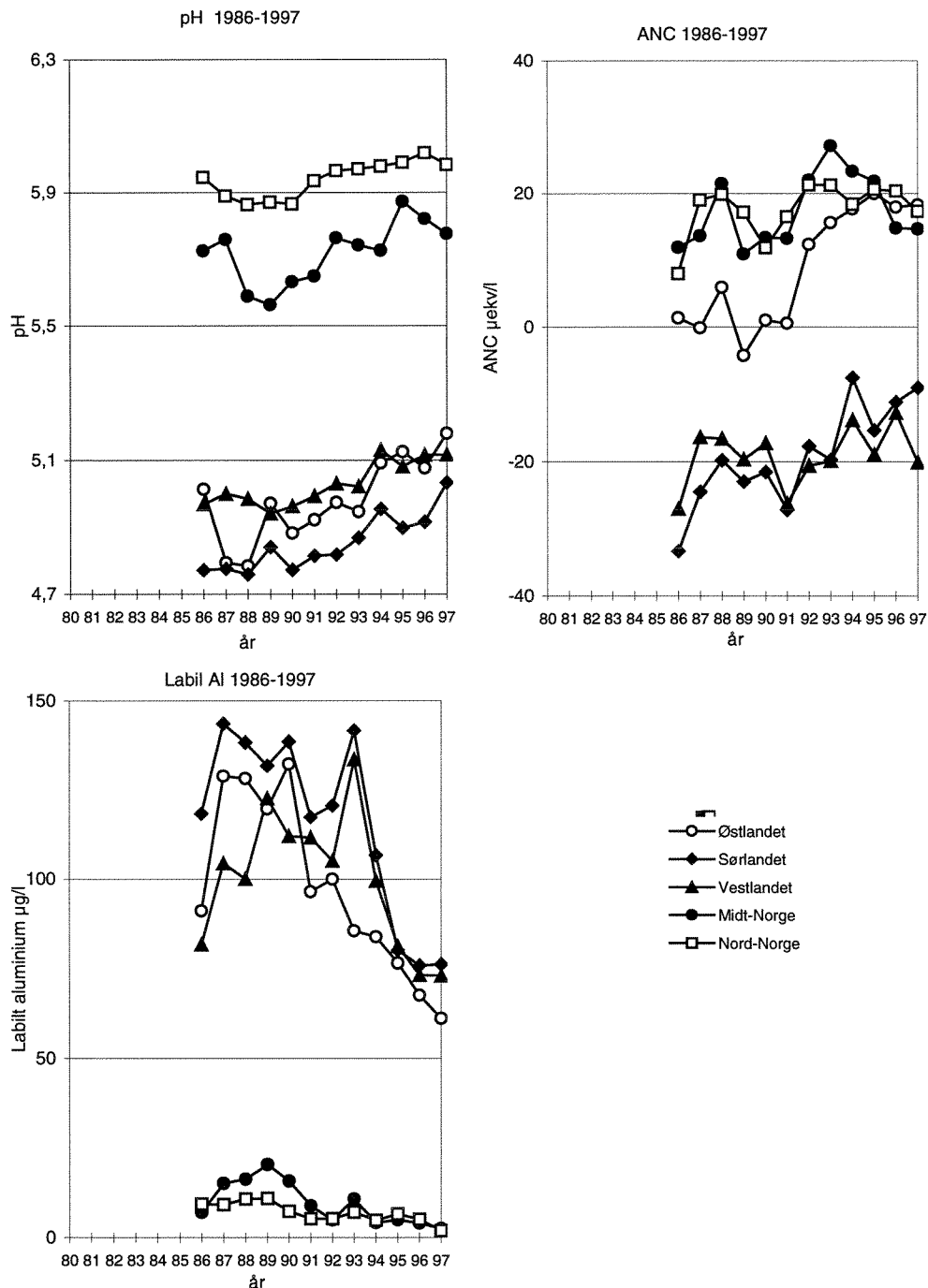
Innsjøene i Midt- og Nord-Norge viser også de laveste gjennomsnittlige verdiene av ikke-marin sulfat som har vært registrert siden 1986. Vannkvaliteten med hensyn på forsuring, uttrykt ved pH, ANC og labilt Al viser imidlertid også trender mot bedre vannkvalitet.

En av de viktigste resultatene fra "1000-sjøers undersøkelsen 1986" var doblingen av nitratkonsentrasjonene i innsjøene på Sørlandet fra 1974-75 til 1986. Nitratkonsentrasjonene er fortsatt på et høyt nivå i forhold til 1974-75. De høyeste konsentrasjonene av nitrat i innsjøer finnes imidlertid i de områdene av Norge der N-deposisjonen er høyest. Fra 1986 til 1996 har det bare vært små endringer i nitratkonsentrasjonene i overvåkingsinnsjøene. Etter spesielt høye nitratnivå i 1989 og 1991 og et lavt nivå i 1990 har nitratkonsentrasjonene vært stabile i alle landsdeler fra 1992 til 1996. 1997 viser imidlertid lavere nitratkonsentrasjoner på Vestlandet, Sørlandet

og Østlandet. Nitratnivåene har imidlertid variert mye i måleperioden, slik at det ikke er mulig å si om denne nedgangen er et utslag av spesielle hydrologiske og klimatiske

forhold i 1997, eller om det er begynnnelse på en mer langsiktig nedadgående trend.

"100-sjøer" 1986-1997



Figur 3.3
Figure 3.3

Trender i pH, ANC og labil Al fra 1986-1997 i "100-sjøer"
Trends in pH, ANC and labile Al from 1986-1997 in "100-lakes".

3.1.4 Trender i kjemi i innsjøer i Øst-Finnmark

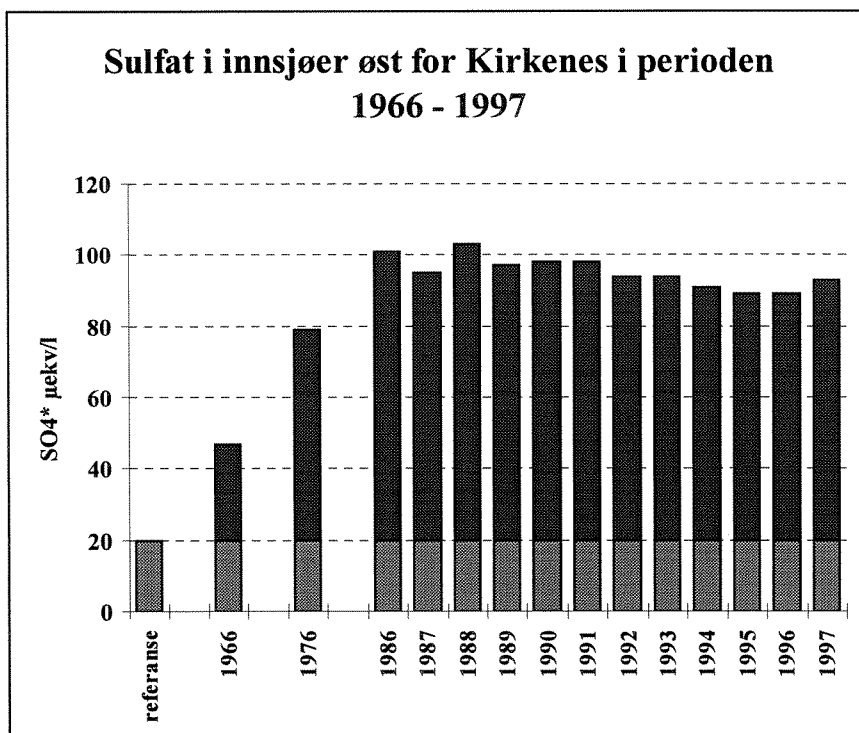
I "1000"-sjøers undersøkelsen i 1986 ble 34 innsjøer i Sør-Varanger undersøkt for å se spesielt på effekter av industriutslipp på Kola. 10 av disse innsjøene har senere inngått i den årlige "100"-sjøers undersøkelsen. I 1987 ble den årlige undersøkelsen utvidet med 6 småvann på Jarfjordfjellet. I forbindelse med det tidligere norsk-sovjetiske samarbeide om miljøundersøkelser i grenseområdene ble ytterligere 10 innsjøer inkludert i overvåkingsprogrammet fra 1989.

Undersøkelsene i 1986 viste at konsentrasjonen av sjøsaltkorrigert sulfat i innsjøene øst for Kirkenes var mer enn fordoblet siden 1966. Sulfatkonsentrasjonene lå på det samme nivå som de mest belastede innsjøene i Sør-Norge, og mange innsjøer hadde mistet det meste av motstandskraften mot ytterligere forurensning. Det ble senere

registrert en rekke småvann med pH under 5.0 og konsentrasjoner av labilt aluminium som er giftig for fisk. Den geografiske fordeling av sjøsaltkorrigert sulfat i innsjøene viser klare gradienter ut fra smelteverkene på Kola og er i samsvar med de fremherskende vindretninger i området.

Innsjøovervåkingen frem til 1991 viste ingen signifikant endring i vannkjemien etter 1986. Fra 1991 til og med 1995 var det en klar bedring av vannkvaliteten i overvåkingssjøene øst for Kirkenes. Konsentrasjonene av sulfat og labilt aluminium gikk ned, mens pH og ANC økte.

Resultatene fra 1996 og 1997 viser at den positive trenden er brutt. Sulfat- og aluminiumskonsentrasjonene viser en tendens til økning, og pH og ANC har gått ned. Årsaken synes å være høy svoveldeposisjon i 1995 og lite nedbør (dårlig fortykning av utvaskede tørravsetninger) i 1997.



Figur 3.4 Trender i ikke-marin sulfat i de 4 innsjøene som inngikk i det opprinnelige "100"-sjøers programmet vest for Kirkenes, og som også har data fra 1966 og 1976. Referanse angir den sulfatverdien man mener var i innsjøene før tilførsler av antropogen svovel.

Figure 3.4 *Non-marine sulphate in 4 lakes in eastern Finnmark, with data from 1966, 1976 and 1986-1997. "Referanse" indicates the sulphate level in lakes not influenced by anthropogenic sulphate.*

3.1.5 Feltforskningsstasjoner

Materialtransporten inn og ut av feltforskningsområdene viser at det er et klart skifte i ionesammensetningen fra nedbør til avrenning. Nitrat og ammonium og tildels kalium fra nedbøren holdes tilbake i feltene, mens H^+ nøytraliseres (forbrukes) og magnesium, kalsium, og tildels HCO_3^- (Kårvatn) frigjøres i feltene ved forvitring, og aluminium ved ionebytte.

Svartjern har størst ionetransport og er mest påvirket av sjøsalter. Birkenes er det feltet som er mest påvirket av sulfat og er samtidig det feltet som avgir mest aluminium og minst basekationer. Dette viser at Birkenes er mest påvirket av sur nedbør. Deretter kommer Svartjernet, Storgama, Langtjern og Dalelva mens Kårvatn er lite påvirket av sur nedbør, og forbruker tilført H^+ og produserer bikarbonat. Øygardsbekken er det feltet som er mest påvirket av nitrogen (høy nitrogendeposisjon).

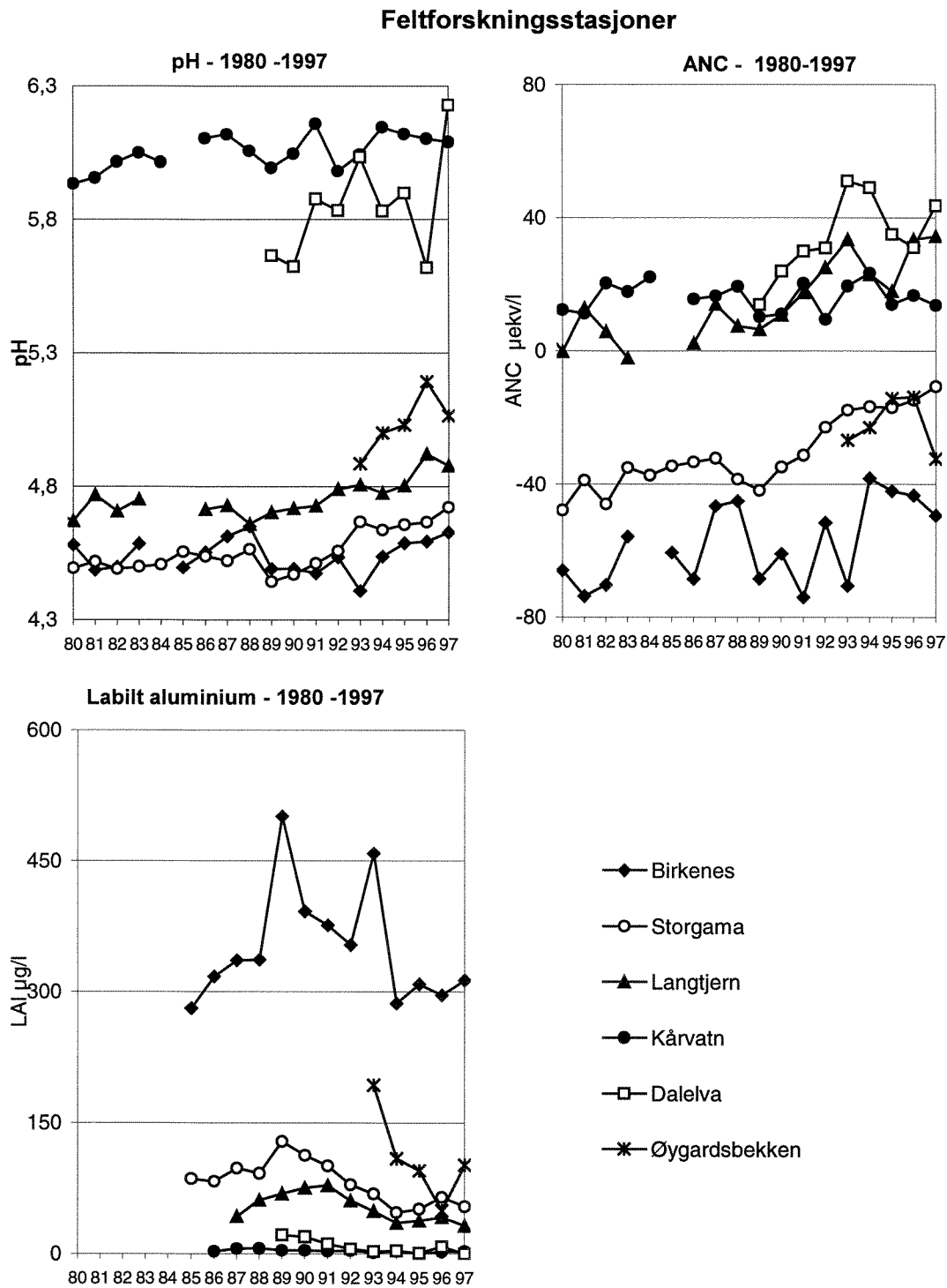
Nedgangen i ikke-marin sulfat som vi ser i elvene og innsjøene viser seg også i feltforskningsstasjonene. Alle stasjonene med unntak av Dalelva i Finnmark viser i 1997 de laveste ikke-marine sulfat verdiene som er registret i måleperioden. Trendene i pH, ANC, labilt Al er ikke like tydelige for alle feltforskningsstasjonene som for elvene og innsjøene.

I Birkenes har ANC variert endel i måleperioden som følge av sjøsaltepisoder,

men ANC-verdien for 1994-1997 er de høyeste som er registrert så langt. Det er ingen tendenser i pH for perioden 1980-1996, selvom det har vært en økning i pH fra 1994-1997, er pH på samme nivå som på begynnelsen av 80-tallet. Storgama og Langtjern viser jevn økning i ANC helt fra 1989, slik at 1997 verdiene for ANC er de høyeste som er registrert til nå for disse to stasjonene. Det har vært små endringer i pH i perioden, men Storgama viser stabilt høyere pH fra 1993-1997 enn alle de foregående årene. For Øygardsbekken i Rogaland har vi bare data fra 1993-1997. I denne perioden har det vært stor variasjon i sulfat, ANC og pH. Årsaken til dette er sannsynligvis innvirkning av sjøsaltepisoder. Dalelva i Finnmark har stabilt nedadgående verdier for sulfat. Dette feltet viser imidlertid en nedgang i ANC og pH for 1996.

Birkenes har de høyeste verdiene av labilt aluminium (ca 300 $\mu g/l$), mens de andre stasjonene ligger under 50 $\mu g/l$. Ingen av stasjonene med unntak av Øygardsbekken viser den samme nedgangen i labilt Al som vi finner i noen av elvene og innsjøene.

Det er ingen trender i nitrat i noen av feltforskningsstasjonene. Det er høyest nitratnivå i Øygardsbekken som ligger i det området i Norge områder med høyest nitrogen-deposisjon. Birkenes og Storgama har også høye nitratnivåer sammenlignet med de andre feltforskningsstasjonene.



Figur 3.5
Figure 3.5

Trender i pH, ANC og labil Al fra 1980-1997 i feltforskningsstasjonene.
Trends in pH, ANC and labile Al from 1980-1997 in the calibrated catchments

3.1.6 Overvåking av jordkjemi i feltforskningsområdene

Formålet med de jordkjemiske undersøkelsene er å følge de jordkjemiske endringene over tid for å se om disse viser noen sammenheng med nedbørens kjemiske sammensetning.

Fra og med 1981 er det hvert år (med unntak av 1995) tatt jordprøver fra et av feltforskningsområdene eller nedbørfeltene Kårvatn, Storgama, Langtjern, Birkenes, Vikedal, Gaular, Nausta og Dalelva. Med prøvetakingen i Dalelva i 1997 er nå alle de nevnte feltene prøvetatt to ganger.

Gjentatt jordprøvetaking ble utført i Dalelva i perioden 1. til 3. juli 1997. Den første prøvetakingen ble foretatt i perioden 30. juni til 2. juli 1988. Den gjentatte prøvetakingen ble utført på samme måte som den første. De to prøvetakingene er utført på samme tid av året, men selv med prøvetaking på eksakt samme dato kan effekten av ulike værforhold før prøvetaking ikke utelukkes. Jorda var godt oppfuktet ved prøvetakingen begge årene.

Det ble funnet svært små endringer i jord-pH målt i vannsuspensjon mellom de to prøvetakingsårene. Forskjellene var signifikante bare i ett av feltene og der var det heller ingen entydig tendens i retning av økende eller avtakende jord-pH fra 1988 til 1997. Dette samsvarer godt med resultatene fra feltene Birkenes, Langtjern og Vikedal der det heller ikke ble funnet klare trender. For Gaular og Naustdal ble det funnet en klart økende tendens i jord-pH mellom de to prøve-

takingsårene og for Kårvatn og Storgama en motsatt tendens.

For de fleste tidligere prøvetatte feltene har det generelt vært en tendens til høyere basemetning ved andre prøvetaking, mens det for Naustdal ikke ble funnet noen entydig tendens. Den generelle trenden i dalelva er at basemetningsgraden har gått ned i mineraljord-sjiktene og har økt eller ikke endret seg i humusen.

Det var en signifikant nedgang i mengde vannekstraherbar sulfat i alle feltene i Dalelva fra 1988 til 1997. Denne tendensen samsvarer med hva som ble funnet i Gaular og Naustdal. Ingen slike entydige tendenser ble funnet i de andre feltene.

Vannekstraherbart sulfat er en parameter som må forventes å reagere reakt på endringer i deposisjonen. Sulfat adsorberes svakt i jord med mye organisk materiale og en endring i tilførsel kan derfor raskt slå ut i lavere konsentrasjoner av vannekstraherbar sulfat. Våtavsetningen av sulfat-S i Svanvik var 221 mg m⁻² i 1988 mot 154 mg m⁻² i 1996, mens tørravsetningen av svovel var 602 mg m⁻² i 1988 mot 471 mg m⁻² i 1996. Mens våtavsetningen av svovel har gått både opp og ned i de mellomliggende årene, har tørravsetningen vist en klar avtakende tendens slik at totaldeposisjonen av svovel har avtatt. Redusert svoveldeposisjon kan derfor være årsaken til de reduserte konsentrasjonene av vannekstraherbar sulfat. De andre målte endringene er ikke entydige og kan vanskelig knyttes til noen endringer i deposisjonsmønsteret.

4. Vannbiologisk overvåking

Det biologiske overvåkingsprogrammet omfatter:

- undersøkelser av fiskebestander i innsjøer og bekker
- undersøkelser av krepsdyr (planktoniske og litorale)
- regionale bunndyrundersøkelser

4.1 Fisk

4.1.1 Bestandsundersøkelser av fisk i innsjøer

Hensikten med undersøkelser av fiskebestander i innsjøer er å (i) dokumentere effekter på fiskebestander forårsaket av forsurening, (ii) forsuringens innvirkning på ulike fiskearter og fiskesamfunn, (iii) relatere fangstutbytte til ulike vannkjemiske parametre og (iv) teste holdbarheten av opplysninger om fiskestatus gitt ved intervju-undersøkelser. I 1997 ble 16 lokaliteter fordelt på fire fylker prøvefisket (figur 1.3).

Undersøkelsen har i de siste åra vesentlig vært foretatt i innsjøer valgt ut blant 100-sjøers lokalitetene. I perioden 1987-92 ble 86 av disse innsjøene prøvefisket, og i 1997 ble to av disse lokalitetene igjen undersøkt. Ved prøvefiske ble det opprinnelig bare benyttet SNSF garnserier, mens oversiktsgarn ble tatt i bruk tidlig på 1990 tallet. En SNSF garnserie består av 8 enkeltgarn som er 27 x 1,5 meter med maskevidder fra 10-45 mm. På et oversiktsgarn er 12 ulike maskevidder representert. Garn er 30 m lange og 1,5 meter dype og består av maskevidder fra 5-55 mm. I 1997 ble det bare fisket med oversiktsgarn.

Kringlevatn (lok. 1) i Forsand kommune i Rogaland har en tett aurebestand (figur 4.1). Alderssammensetningen viser at det er en god

rekruttering av aure i denne lokaliteten, med en gjennomsnittlig alder på 3,2 år (tabell 4.1).

Aurebestanden i Rundavatn (lok. 2) som ligger like ved Kringlevatn synes derimot å ha gått tapt. Rundavatn hadde dessuten en dårligere vannkvalitet enn Kringlevatn (tabell 4.1).

Kartavatn (lok. 3) i Gjesdal kommune har en tett aurebestand, og rekrutteringen var også god med en dominans av tre-åringar. Den eldste auren som ble fanget her var 8 år (figur 4.1, tabell 4.1).

I Månavatn (lok. 4) ble det også fanget en del aure selv om vannkvaliteten var svært marginal med pH helt nede på 5,02 (tabell 4.1). De fleste individene som ble fanget var fra 1-4 år, mens den eldste var 11 år gammel. Ved elfiske i to av tilløpsbakkene ble det ikke fanget noen yngel. Disse bakkene, samt innløpet og utløpet, synes alle å være lite egnet for gyting og oppvekst av aure. Det ser allikevel ut til å være en god rekruttering til denne aurebestanden. Dette sammen med de dårlige forholdene for aure i tilløpsbakkene kan derfor tyde på at auren i Månavatn gyter i innsjøen.

Austdalstjørna (lok. 5) og Stakkheitjørna (lok. 6) har også gode bestander av aure, men aurebestanden i Stakkheitjørna domineres av yngre individer enn den i Austdalstjørna (figur 4.1, tabell 1). Vannkvaliteten i Austdalstjørna var imidlertid noe bedre enn i Stakkheitjørna (tabell 4.1).

I Bjerkreim kommune (Rogaland) ble det prøvefisket i Kvitla (lok. 7) som er en stilleflytende utvidelse av elva Kvitlaåa som renner ut i det store Ørsdalsvatnet. Fangstutbyttet her var lavt og vannkvaliteten marginal (figur 4.1, tabell 4.1).

I Øvre, Midtre og Nedre Kjørnotjøerna (lok. 8, 9 og 10) i Lund Kommune i Rogaland, gikk fangstutbyttet av aure ned fra 13,7 individer pr. 100 m² garnareal i den øverste lokaliteten, til null i den nederste lokaliteten (tabell 4.1). Vannkvaliteten var også best i Ø. Kjørnotjøerna (pH 5,76), mens i utløpet av N. Kjørnotjøerna som var fisketom var pH nede i 5,08.

I Saudlandsvatn (lok. 11) i Farsund kommune (Vest Agder) har det vært prøvofisket annethvert år siden 1977. Det var en forholdsvis tett bestand av aure da undersøkelsen startet, men den ble sterkt redusert tidlig på 1980-tallet (figur 4.1). Ved elfiske på innløp og utløp har yngeltettheten i de fleste åra siden 1986 vært mindre enn 10 individ pr. 100 m² basert på en omgang elfiske (SFT 1996). I 1997 ble det derimot fanget over 30 individ pr. 100 m² på utløpet. I innløpet var det fremdeles under 10 aureyngel pr. 100 m².

Det har vært en liten økning i fangstutbyttet av aure både i Sognevatn (lok. 12) og

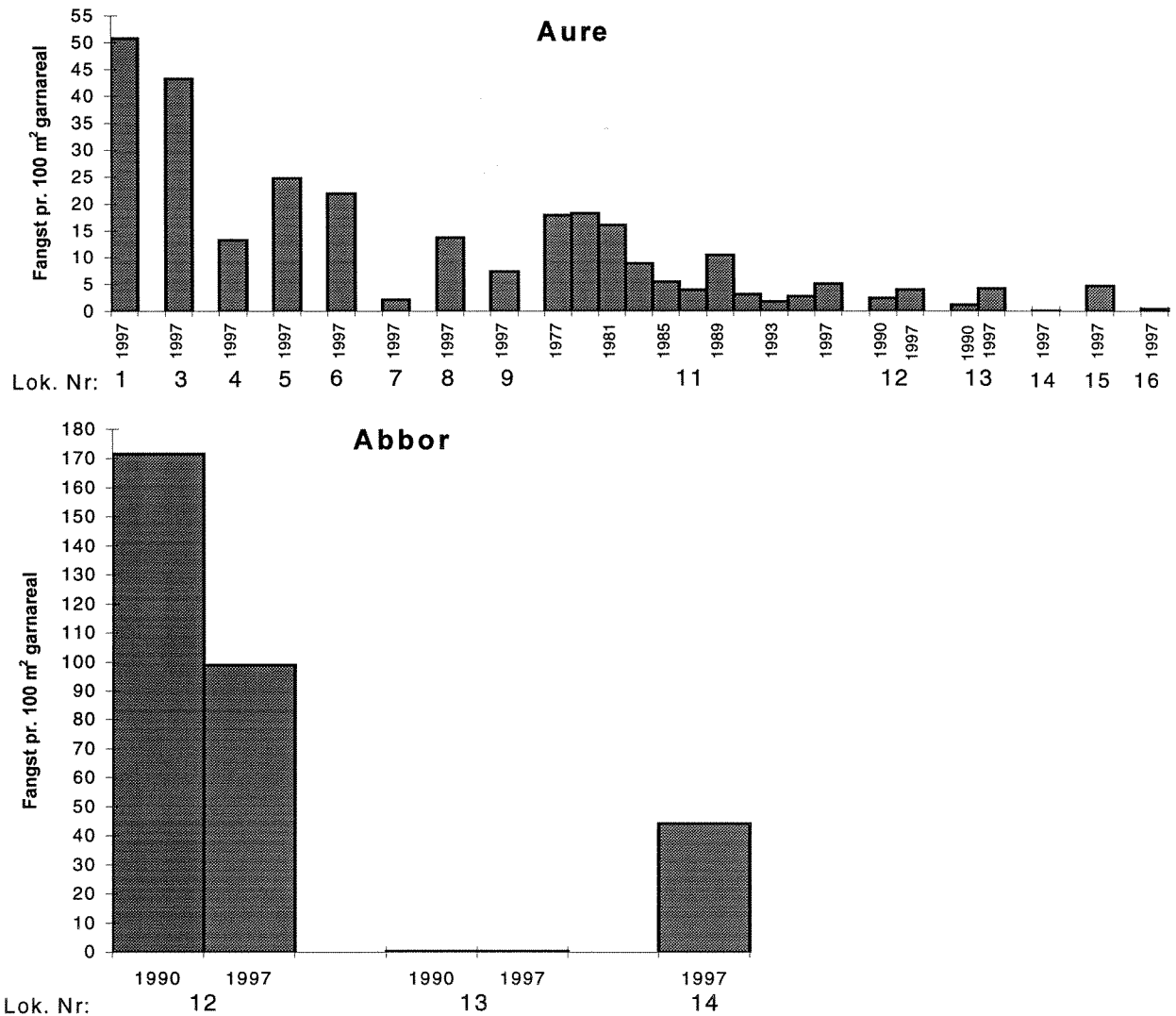
Drivenesvatn (lok. 13) i Vennesla (Vest Agder) fra 1990 til 1997 (figur 4.1). Fangstutbyttet av abbor i Sognevatn hadde derimot gått ned i det samme periode. Abborbestanden i Drivenesvatn er fortsatt svært liten. Begge disse lokalitetene, spesielt Drivenesvatn har en marginal vannkvalitet (pH 5,22). Aurebestanden i Drivenesvatn hadde imidlertid en lavere gjennomsnittsalder enn i Sognevatn. Det samme forholdet var det også hos abbor i de to lokalitetene, men i Drivenesvatn ble det bare fanget to individer (tabell 4.1).

I Bjorvatn (lok. 14) i Birkenes (Aust Agder) ble det bare fanget en aure. Derimot var det en tett bestand av abbor med en dominans av toåringer i fangsten. Rekrutteringen hos abbor var god med en dominans av toåringer. Den eldste abbor som ble fanget var 17 år, mens den ene auren var 7 år (tabell 4.1). Bjorvatn har en svært god vannkvalitet med pH på 6,74 og høyt kalsiumnivå (4,27 mg/l).

Tabell 4.1 Gjennomsnittlig alder med standardavvik hos aure og abbor fanget i ulike lokaliteter i 1997, samt pH og Ca. N = det totale antall fisk som ble fanget.

Table 4.1 Average age with std.dev. for trout and perch caught in different localities in 1997, in addition to pH and Ca. N = total number of fish caught

Lok.Nr	Lokalitet	Aure		Abbor		Vannkvalitet	
		Gjsn. alder	N	Gjsn. alder	N	pH	Ca (mg/l)
1	Kringlevatn	3,2 ±1,3	183			5,82	0,36
2	Rundavatn		0			5,32	0,24
3	Kartavatn	4,1 ±1,6	156			5,96	0,72
4	Månavatn	3,7 ±2,6	36			5,02	
5	Austdalstjøerna	5,3 ±2,0	67			5,84	0,61
6	Stakkheitjøerna	3,1 ±1,3	79			5,62	0,58
7	Kvitla	4,2 ±1,8	5			5,36	0,6
8	Ø. Kjørnotj.	3,5 ±1,2	37			5,76	0,69
9	M. Kjørnotj.	2,9 ±1,3	10			5,32	0,72
10	N. Kjørnotj.		0			5,08	0,62
11	Saudlandsvatn	1,8 ±1,4	23			5,41	1,60
12	Sognevatn	4,0 ±1,6	13	5,0 ±3,7	356	5,64	1,29
13	Drivenesvatn	2,3 ±1,1	19	2,0 ±1,4	2	5,22	1,18
14	Bjorvatn	7,0 ±0,0	1	4,1 ±2,7	319	6,74	4,27
15	Tjønntøstjøern	3,3 ±1,7	19			5,58	0,92
16	Tussetjøern	5,5 ±3,5	2			5,39	0,53



Figur 4.1 Fangst pr. 100 m² garmareal (CPUE) av aure og abbor i ulike lokaliteter og forskjellige år. (Lok. Nr. se tabell 4.1)

Figure 4.1 Caught per. 100 m² net of trout and perch in different localities and different years.

Tjørnstølstjørn (lok. 15) i Bygland (Aust Agder) har en forholdsvis liten bestand av aure, med en stor andel yngre individ (figur 4.1, tabell 4.1). De fleste aurene her var tre år eller yngre, mens den eldste fisken i fangsten var 7 år.

Tussetjørn (lok. 16) i Fyresdal (Telemark) har en dårlig vannkvalitet og en svært tynn bestand av aure (figur 4.1). Det ble bare fanget to individer, og de var henholdsvis tre og åtte år gamle (tabell 4.1).

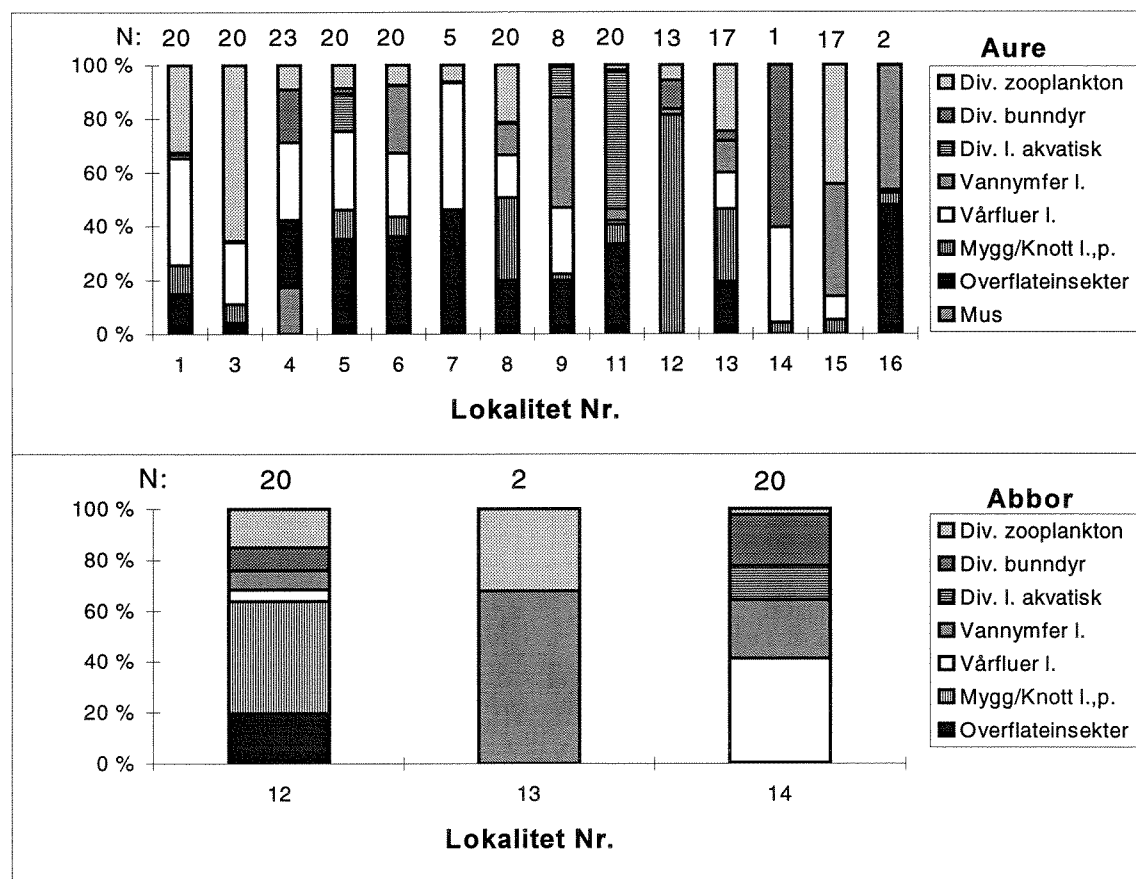
Det er til dels store variasjoner i dietten hos aure og abbor i de ulike lokalitetene (figur 4.2). Dette skyldes både at næringstilbudet er forskjellig i de enkelte lokalitetene, forskjellig tidspunkt for prøvefiske og ulik næringspreferanse hos de to artene.

Generelt sett var vårfluelarver og overflateinsekter viktige næringsdyr for auren (figur 4.2). Vannymfer dominerte imidlertid mageinnholdet hos aure i M. Kjørmoetjørn (lok. 9), Tjørnstølstjørn (lok. 15) og i

Tussetjørn (lok. 16). Av zooplankton utgjorde *Bythotrephes longimanus* og *Holopedium gibberum* mest av aurens diett.

Abborren i Sognevatn (lok. 12) hadde spist mest myggpupper, mens vannymfer dominerte mageinnholdet hos abborren i Drivenesvatn

(lok. 13), her ble det imidlertid bare fanget to individer. For abborren i Bjorvatn (lok. 14) var vårfluelarver de viktigste næringsdyra, men vannymfer og svevemygg utgjorde også en del av abborrens diett.



Figur 4.2 Mageinnholdet (vekt-%) hos aure og abbor fanget i forskjellige innsjøer i 1997. L= larver, p= pupper. Tallene over hver søyle angir antall analyserte mageprøver.

Figure 4.2 The stomach content(weight-%) for brown trout and perch in different lakes investigated in 1997. Figures above each column indicate number of stomachs analyzed.

4.1.2 Ungfiskregistreringer hos aure i gytebekker

Hensikten med disse undersøkelsene er å:

(i) påvise eventuelle endringer i rekruttering hos aure i ulike regioner med forsurningsfølsom vannkvalitet, og (ii) analysere hvilke vannkjemiske parametre som er av betydning for tettheten av aureunger.

Disse undersøkelsene viser om det skjer reproduksjonssvikt hos aure, og vil derfor avdekke eventuelle endringer i rekrutteringen på et tidlig stadium. Ungfisken blir samlet inn med elektrisk fiskeapparat, samtidig som det blir tatt vannprøver fra hver lokalitet.

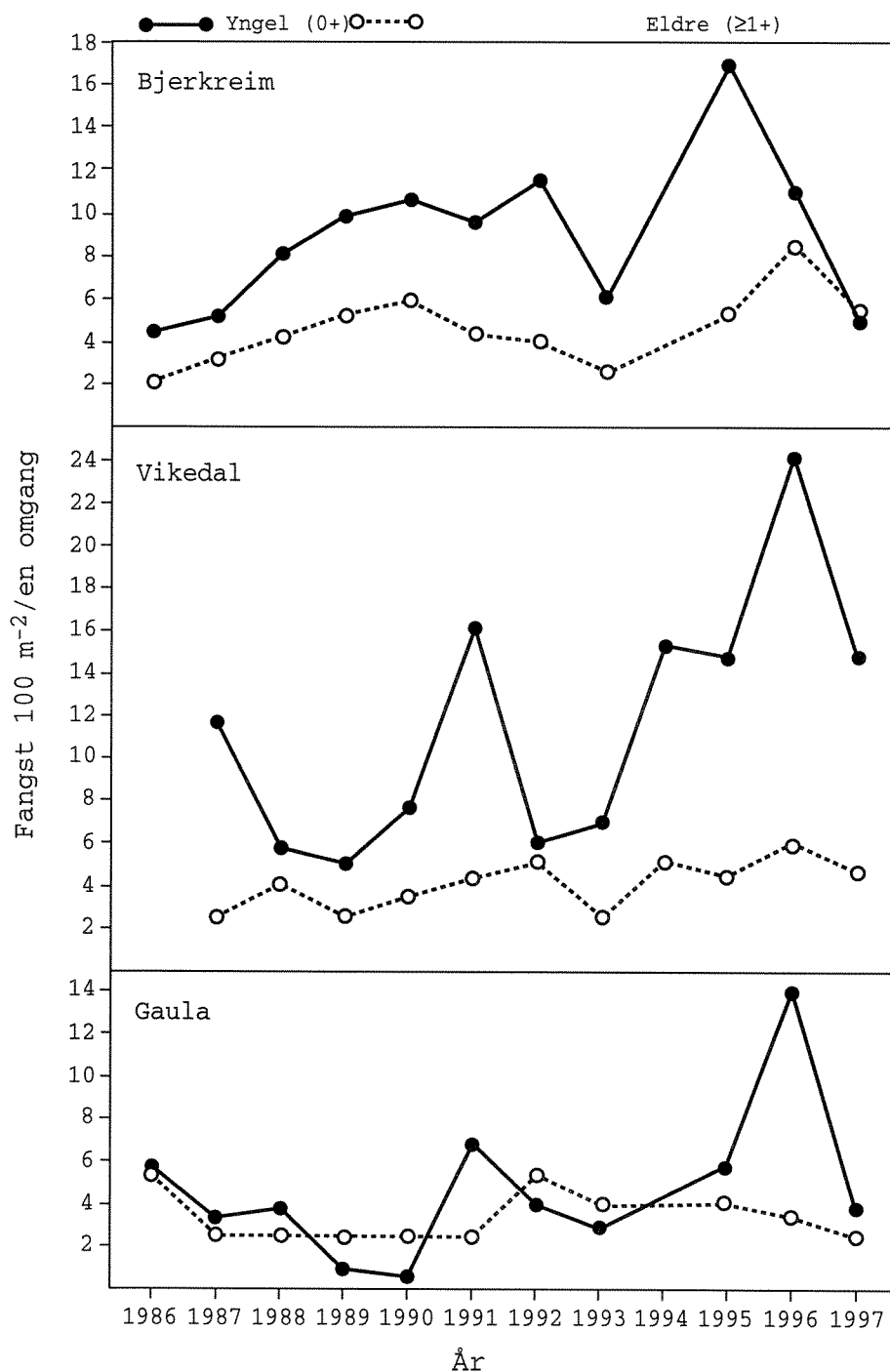
Innsjølevende aure gyter vanligvis i tilløpselver og bekker hvor yngelen oppholder seg i en periode før den vandrer ut i tilstøtende innsjø. Reproduksjonssvikt med høy dødelighet på egg- og yngelstadiet er den vanligste årsaken til reduksjon og tap av aurebestander i forsurningsområder. Følgelig fører dette til at slike bestander får en dominans av eldre individ. Faste strekninger i gytebekker til et utvalg innsjøer i hvert vassdrag blir avfisket tre ganger. Antall årsyngel og eldre individ blir registrert og lengdemålt, og tettheten beregnes etter standard metoder. Før 1993 ble hver stasjon avfisket bare en gang. For å kunne sammenligne dataene før og etter 1993 er

tettheten framstilt som antall individ fanget pr. 100 m² i første elfiskeomgang.

I undersøkelsen inngår elfiske i innløp/utløp av Saudlandsvatn ved Farsund (Vest-Agder) og i bekker som drenerer til innsjøer i vassdragene Gaular i Sogn og Fjordane og Vikedal og Bjerkreim i Rogaland. Undersøkelsen har vært foretatt siden 1986 i Bjerkreim og Gaula og siden 1987 i Vikedal. I 1997 ble det foretatt i elfiske i 27 bekker i Gaular (n=382), 25 i Vikedal (n=569) og 21 i Bjerkreim (n=292), n= antall fisk fanget. Forsøksområdene har en forsurningsutsatt vannkvalitet, og det er påvist forsurningskader på fiskebestander i tilknytning til flere av innsjøene i vassdragene.

Det har vært relativt store årlige variasjoner i tettheten av aureunger i bekker i Vikedalsvassdraget (figur 4.3). Tettheten av yngel i 1997 var noe lavere enn året før, men den er relativt høy sammenlignet med tidligere år. Det ble påvist bra med aureyngel i innløpselva til Risvatn, en lokalitet som har hatt svært lavere yngeltettheter tidligere. I både Gaular - og Bjerkreimsvassdraget ble det påvist lave tettheter av aureyngel i 1997, mens forekomsten av eldre individ var relativt stabil. En del av forklaringen på de lave tetthetene av aureyngel i Bjerkreimsvassdraget høsten 1997 er den høye vassføringen som vanskeliggjorde elfiske. Fra neste år blir derfor tetthetene justert etter vassføring hvert år, noe som vil gi et bedre bilde av den årlige rekrutteringen.

Fangst/år Bjerk.Vikedal Gaula
12.06.97 eva
oppdat. 26.05.98
13506



Figur 4.3 Tettheten pr. 100 m²/en omgang elfiske av yngel og eldre aureunger i vassdragene Bjerkreim, Vikedal og Gaula, 1986-1997.

Figure 4.3 The density per 100 m² stream area/one electrofishing run of brown trout (young-of-the-year fish and parr) in different streams in Bjerkreim, Vikedal and Gaula watersheds, 1986-1997.

4.2 Planktoniske og litorale krepsdyr

Det foreligger i dag informasjon om krepsdyrfaunaen fra tilsammen mer enn 2500 lokaliteter i Norge. Både planktoniske krepsdyr og litorale krepsdyr er undersøkt og det er vist at gruppen er egnet for overvåking av miljøtilstanden i limniske systemer. Til denne gruppen hører mange forsuringfølsomme arter samtidig som det også finnes arter med vid toleranse m.h.t. forsuring. Endringer i vannkvalitet vil kunne gjenspeile seg både gjennom endringer i artsinventaret og i endrete dominansforhold. Med stor evne til rekolonisering vil en forvente en rask respons i krepsdyrfaunaen på endringer i vannkvaliteten.

Lokaliteter som inngår i den intensive, halvintensive og 4-årige overvåkingen i 1997 er angitt i tabell 4.2.

Intensive overvåkingslokaliteter.

Totalt er det registrert 31 arter vannlopper og 14 arter hoppekreps i de ti intensivsjøene i 1997. De fleste artene må karakteriseres som forsuringstolerante. Bl.a. er *Acantholeberis curvirostris* og *Alona rustica* representert i åtte av ti vann. *Daphnia longispina* som normalt krever en relativt høy pH er kun registrert i Atnsjøen og Langvatnet.

Artsantallet i den enkelte lokalitet varierer fra 28 i Saudlandsvatn til 8 i Nystølvatn. Variasjon i artsantall mellom de enkelte lokaliteter kan foruten forsuringssituasjonen, skyldes forskjeller i antall besøk, prøvetakingstidspunkt, forskjeller i vannvegetasjonens utforming, vannstandsvariasjoner, høyde over havet, fiskepredasjon etc. Geografisk beliggenhet synes imidlertid å være av underordnet betydning da de fleste forsuringstolerante artene er utbredt over hele landet. Basert på dominansforhold og sammensetning av arter ble det registrert varierende grad av forsuringsskader i de ti vannene. Ljosvatnet, Lille Hovvatn og Markhusvatn, som manglet cyclopoide hoppekreps i planktonet og med dominans av survannsindikatorer i litoralsonen, hadde flest indikasjoner på sterke forsuringsskader. Ø. Jerpetjern, Bjorvatn, Røyrvatn og Nystølvatn

hadde også hovedsakelig survannstolerante arter i litoralsonen men planktonet i disse vannene hadde en sammensetning med bl a dominans av *C. scutifer* som indikerer noe mindre forsuringsskader. Saudlandsvatn hadde også tegn på forsuringsskader selv om innslag av enkeltarter kan indikere noe bedre vannkvalitet. Langvatn og Atnsjøen hadde bl.a. *Daphnia longispina* i planktonet, og en sammensetning av krepsdyr i litoralsonen som tilsier små forsuringsskader.

Halvintensive overvåkingslokaliteter

Totalt er det registrert 29 arter vannlopper og 14 arter hoppekreps i halvintensivsjøene. De fleste av disse er indifferente i forhold til pH, men de vanlige survannsindikatorene *A. curvirostris*, *A. rustica* og *D. nanus* fins i ett eller flere vann. Også arter som indikerer en noe bedre vannkvalitet er påvist, som for eksempel *D. longispina*, *Camptocercus rectirostris*, *Eucyclops speratus* og *E. macrurus*.

Artsantallet i den enkelte lokalitet varierer fra 31 arter i Sognevatnet til tre arter i Rondvatnet (kun planktoniske prøver).

Rondvatnet, Sognevatnet og Lomstjørni viser minst tegn på forsuringsskader. I de to sistnevnte vatn ble *D. longispina* påvist. Artsinventar og dominansforhold i Dalvatn, Bredtjenn og Heddersvatn gir indikasjoner på negative effekter av forsuring.

Lokaliteter som skal overvåkes hvert 4. år.

Totalt er det i disse 14 vannene (region V, Sørlandet vest) påvist 30 arter vannlopper og 13 arter hoppekreps. Artslista inkluderer både forsuringfølsomme og forsuringstolerante arter inklusive survannsindikatorene *A. curvirostris*, *A. rustica* og *D. nanus*. Eksempler på forsuringfølsomme arter er *D. longispina*, *Camptocercus rectirostris* og *Eucyclops speratus*.

Artsantallet i den enkelte lokalitet varierer fra 30 arter i Drivenesvatn til ni i Rundavatn.

Tjønnsstøltjern, Drivenesvatn og Skjelbreidtjørni viser minst tegn til forsuring. *D. longispina* er påvist i disse tre sjøene. I

Sandvatn og Stakkheitjern er det derimot indikasjoner på forsuringsskader.

Tabell 4.2 Intensivsjøer, halvintensivsjøer og hvert 4.års sjøer som er prøvetatt i 1997, med angivelse av antall arter av vannlopper og hoppekreps som ble registrert. Full artsliste vil bli gitt i hoverapporten.

Table. 4.2 *The number of Cladocera, Copopoda and total number of species recorded in the 1)*intensive study lakes, 2)the yearly extensive study lakes and 3)the lakes studied every 4. year.*

Region	Lokalitet	antall vannlopper	antall hoppekreps	antall krepsdyr totalt
Intensivsjøer 1997				
I Østlandet-Nord	Atnsjøen	14	4	18
II Østlandet-Sør	Langvatn	19	4	23
II Østlandet-Sør	Ø. Jerpetjern	15	5	20
IV Sørlandet-Øst	Bjorvatn	20	7	27
IV Sørlandet-Øst	L. Hovvatn	14	4	18
V Sørlandet-Vest	Ljosvatn	14	4	18
V Sørlandet-Vest	Saulandsvatn	18	10	28
VI Vestlandet-Sør	Røyrvatn	16	4	20
VII Vestlandet-Nord	Markhusvatn	11	4	15
VII Vestlandet-Nord	Nystølvatn	6	2	8
Halvintensivsjøer 1997				
I Østlandet-Nord	Rondvatn	1	2	3
II Østlandet-Sør	Bredtjenn	15	5	20
II Østlandet-Sør	Heddersvatn	9	3	12
IV Sørlandet-Øst	Sognevatn	24	7	31
V Sørlandet-Vest	Lomstjørni	17	9	26
VII Vestlandet-Nord	Svartavatn	11	4	15
IX Finnmark-Øst	Dalvatn	13	3	16
Lokaliteter som overvåkes hvert 4. år.				
II Østlandet-Sør	Holvatn	15	7	22
IV Sørlandet-Øst	Drivenesvatn	22	8	30
IV Sørlandet-Øst	Tjønnsstøltjern	17	6	23
V Sørlandet-Vest	V. Sandvatn	11	4	15
V Sørlandet-Vest	Tussetjern	13	5	18
V Sørlandet-Vest	Ø. Kjørmotjern	13	2	15
V Sørlandet-Vest	Månavatn	8	3	11
V Sørlandet-Vest	Stakkheitjern	10	4	14
V Sørlandet-Vest	Skjelbreidtjørni	15	8	23
V Sørlandet-Vest	Djupingsvatn	12	5	17
V Sørlandet-Vest	Kringlevatn	10	3	13
V Sørlandet-Vest	Rundavatn	6	3	9
VI Vestlandet-Sør	Littlevatn	11	7	18
VI Vestlandet-Sør	Krokavatn	13	5	18

4.3 Regionale bunndyrundersøkelser.

4.3.1 Vassdrag

De regionale bunndyrundersøkelsene gjennomføres i Saudlandsvatn og Gjervoldstadvatn (Farsund kommune, Vest-Agder), i Ognavassdraget og Vikedalselva (Rogaland), i Vossovassdraget (Hordaland) og i Gaular- og Naustavasdraget (Sogn og Fjordane). Forsuringsstatusen for en lokalitet eller et vassdrag bestemmes ut fra den registrerte bunndyrs sammensetningen. Bunndyrene (invertebratene) samles inn kvalitativt vår og høst etter rotemetoden på et bestemt antall steder i vassdragene. Forekomstene av bunndyr varierer med lokalitetstypen innen et vassdrag, med høyde over havet og geografisk region. Gjennom forsøk og et stort erfaringsmateriale fra feltobservasjoner er det fastsatt tålegrenser for de viktigste artene av evertebrater med hensyn på forsuring. Basert på faunasammenstillingen og tålegrensene er det utarbeidet en enkel modell som gir en tallverdi på forsuringen, forsuringstall. Denne verdien kan sammenliknes direkte fra forskjellige steder og tider uavhengig av naturlige variasjoner i faunaen. Forsuringstallet er en verdi mellom 0 og 1. Verdien 0 indikerer sterk forsuring og at laksefisk ikke kan leve i lokaliteten. Verdier mellom 0,25 og 0,5 tilsier at henholdsvis innlandsaure og laks er skadet eller truet. Et forsuringstall mellom 0,5 og 1 indikerer mindre skade, mens verdien 1 betyr at det ikke kan påvises forsuringsskader.

Undersøkelsene ved Farsund viste i 1997 en forbedring med hensyn til diversitet av forsuringssensitive arter. Den meget følsomme døgnfluen *Baetis rhodani* er sporadisk registrert i de senere år. I 1997 ble det registrert to individer i innløpselva til Gjervollstadvatnet. Den begrensede utbredelsen av denne arten viser at området fortsatt er meget følsomt og ustabil med hensyn til forsuring og at de mest følsomme bunndyrene fortsatt har store problemer med å etablere permanente levedyktige populasjoner. De moderat sensitive artene har imidlertid etablert mer stabile populasjoner. Samlet sett

var utviklingen i 1997 positiv (figur 4.4). Regresjonsanalyser viser at det har vært en signifikant øking av forsuringindeksen fra 1989.

I Ognavassdraget ble det i 1991 opprettet et nytt stasjonsnett for overvåking da en del stasjoner i det opprinnelige nettet ble kalket. Undersøkelsene i 1997 viste en bedring sammenlignet med tidligere år (figur 4.4). Vassdraget som helhet kan karakteriseres moderat forsuringsskadet. De ukalkete delene av Ognavassdraget er svært heterogene med hensyn til forsuring. Deler av vassdraget, spesielt den østlige delen av nedslagsfeltet, har en stabilt god vannkvalitet, mens mange av tilløpene fra vest er stabilt sure. Det var tegn til forbedringer i den sureste delen, spesielt om høsten, men områdene betraktes som tydelig skadet med svært ustabile forhold. Dette kommer blant annet til uttrykk ved forskjellen i indeksen mellom vår og høst.

De ukalkete delene av Vikedalsvassdraget har fortsatt store forsuringsskader, og viste en forverring av forsuringindeksen i 1997. Vårsituasjonen har gjennomgående vært verre enn om høsten (figur 4.4). Dette var også situasjonen i 1997 og viser at vassdraget fortsatt er svært ustabil med hensyn på forsuring. I Vikedal finnes noen refuger med god vannkvalitet og med en rik bunndyrfauna. Disse lokalitetene inneholder forsuringssensitive bunndyr og har stor betydning som kilder for rekolonisering etter sure episoder.

Vossovassdraget blir fra og med 1997 rapportert i overvåkingsprogrammet. Dette vassdraget erstatter Rødneelven, som er blitt kalket. Vossovassdraget er kalket i den nedre delen, og stasjonsnettet i overvåkingsprogrammet omfatter 15 stasjoner i den ukalkete delen av vassdraget. Her er det tatt bunnprøver vår og høst fra 1993. Vosso viser klare tegn til forbedringer med hensyn på forsuringsskader i de senere år. De største skadene finnes i øvre del av Raundalselva.

Gaularvassdraget har fortsatt tydelige forsuringskader i deler av nedbørfeltet. Vassdraget har vist en positiv trend i de senere år, men i 1997 ble det registrert en forverret høstsituasjon. Av delfeltene var Eldalen fortsatt sterkest skadet, men også noen sideelver i Haukedalen og i vassdragets nedre deler bærer fortsatt preg av skade. Hovedelva nedstrøms Viksdalsvatnet hadde et rikt bunndyrsamfunn, med gode innslag av forsuringsensitive arter. Dette viser at vannkvaliteten i denne delen av vassdraget er tilfredsstillende.

Forsuringen av Nausta har, siden overvåkingen startet i 1983, vært den laveste blant de undersøkte vassdragene. I 1997 ble det registrert moderate skader på invertebratsamfunnet i noen få lokaliteter om våren (indeks 0,90, figur 4.4). Høstsituasjonen hadde en forsuringsverdi på 1.00 slik situasjonen har vært de siste årene. Dette betyr at det ble funnet sterkt forsuringsensitive arter i alle undersøkte lokaliteter. Så lenge vårverdiene skiller seg fra høstsituasjonen kan vassdraget karakteriseres som ustabil. Det er derfor fortsatt litt igjen før vassdraget kan betraktes som uskadet av sur nedbør.

4.3.2 Innsjøer

I 1997 ble det undersøkt bunndyr i totalt 24 innsjøer, fordelt på 6 regioner i Sør-Norge. (se figur 1.4 for inndeling av regionene). Overvåkingen av innsjøer er en utvidelse av overvåkingsprogrammet og rapporteres her for første gang for de ulike regionene.

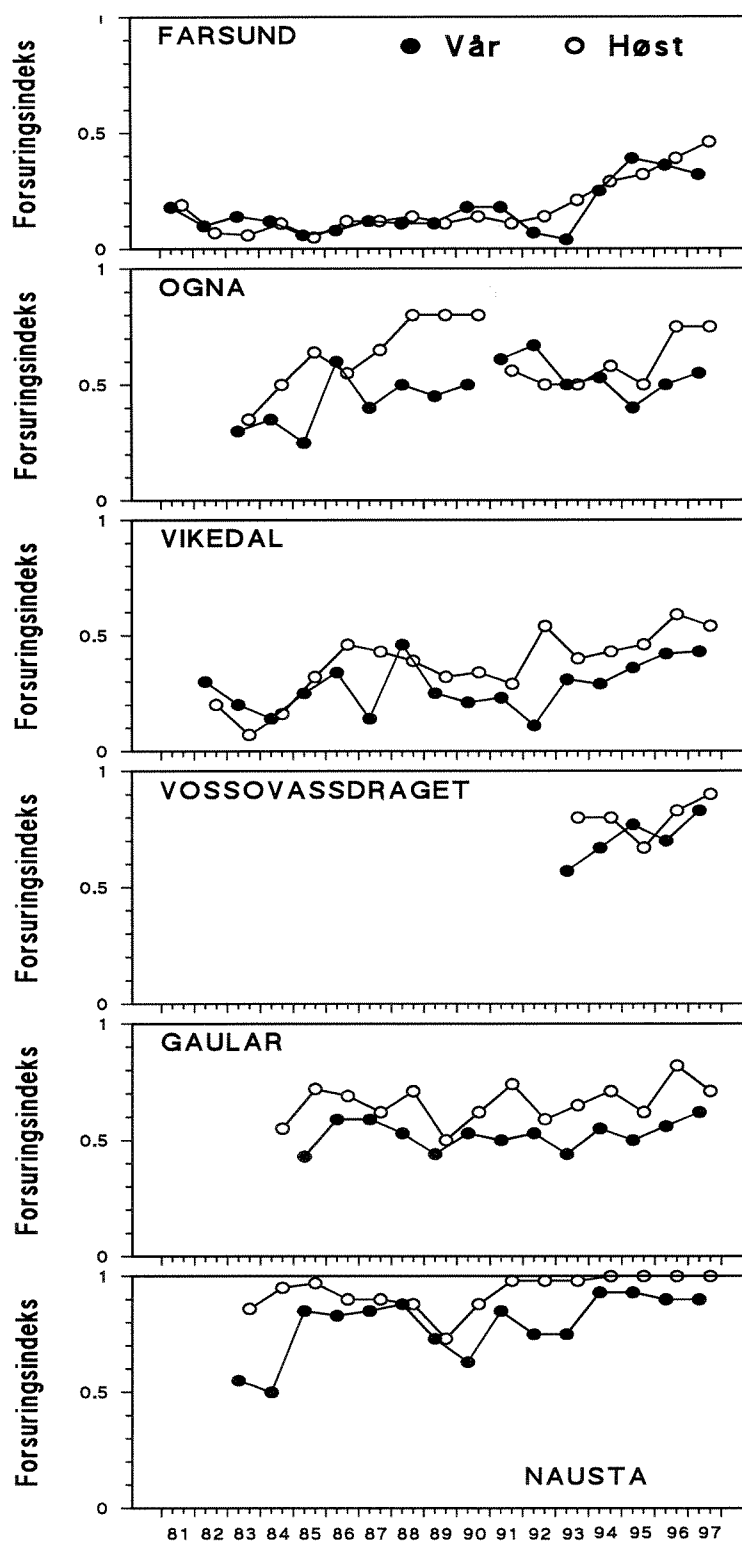
Innsjøundersøkelsene består av prøver fra hovedinnløp, litoralsone i innsjøen og utløpselv. Disse tre habitatene brukes for å karakterisere faunaen knyttet til innsjøområdet.

I region I (Østlandet-Nord) ble Rondvatn undersøkt i begynnelsen av juli. Innløpselva til innsjøen inneholdt noen få eksemplarer av den meget følsomme døgnfluen *B. rhodani*. Andre moderat følsomme bunndyr som ble registrert var *Ameletus sp.*, *Isoperla sp.* og *Diura nanseni*. Siden Rondvatn ligger høyt og er meget næringsfattig kan det ikke forventes store tettheter av bunndyr. Registreringene indikerer derfor lav forsurening av lokaliteten.

I region II (Østlandet-Sør) ble innsjøene Øvre Jerpetjern, Holvatn, Langvatn og Bredtjern undersøkt. Av disse hadde Holvatn og Ø. Jerpetjern forsuringsindeks 0,5 og 0,25, mens de to andre lokalitetene hadde indeks 0. De eneste følsomme organismene som ble registrert var en vårfluellarve, *Hydropsyche siltalai*, og en småmusling, *Pisidium sp.* De fire innsjøene gir inntrykk av å ligge i et område med moderate til sterke forsureningsproblemer.

Fra region III (Fjellregionen i Sør-Norge) ble Heddersvatn undersøkt som eneste lokalitet. Lokaliteten inneholdt forholdsvis mange individ av den moderat følsomme steinfluen *Diura nanseni*. Dette gir en forsuringsindeks på 0,5, moderat forsuret.

Region IV (Sørlandet-Øst) ligger innenfor den mest forsuringsutsatte delen av Sør-Norge. Her ble følgende innsjøer undersøkt: Tjørnstøltjørn, Bjorvatn, Drivnesvatn, Lille Hovvatn og Songevatn. I førstnevnte ble det ikke registrert noen følsomme arter, mens det i Lille Hovvatn finnes småmuslinger. I de øvrige sjøene ble det funnet moderat følsomme arter. Disse var steinfluene *D. nanseni* og *Isoperla sp.* som indikerer moderat forsurening. Blant vårfluene ble det funnet ett individ av arten *Tinodes waeneri* som også indikerer moderat forsurening. Innsjøene danner en svak gradient innenfor området tydelig forsuringskade slik at både redusert og økt belastning kan bli avdekket i fremtiden.



Figur 4.4 Forsuringsindekser for overvåkingsvassdragene. Indeksen er vist separat for vår (●) og høst (○).
Figure 4.4 Acidification score for invertebrates in the monitored rivers. The score is shown separately for spring (●) and fall (○).

Region V (Sørlandet-Vest) mottar, i likhet med region IV, mye sur nedbør. I denne regionen

ble det til sammen undersøkt 11 innsjøer med forskjellig forsuringsindeks. Indeks 0 ble

funnet i 4 innsjøer, indeks 0,25 i 1, mens indeks 0,5 og 1 ble registrert i henholdsvis 4 og 2 av lokalitetene. Indeks 1 er svak siden det bare var helt sporadisk forekomst av en meget følsom art. Imidlertid spenner lokalitetene over hele spekteret av foruringskader og gir en utmerket sammensetning for videre overvåking.

I region VII (Vestlandet-Nord) ble Markusdalsvatn, Svarttjern og Nystølvatn undersøkt. I de to førstnevnte lokalitetene ble det ikke påvist foruringsfølsomme arter,

mens det i Nystølvatn ble funnet *Isoperla sp.* og *Apatania sp.*, begge moderat foruringsfølsomme. Markusdalsvatn har vært overvåket siden 1991 som referanselokalitet til kalking av Yndesdalsvassdraget. I denne perioden har der ikke vært registrert noen endringer av faunaen i lokaliteten, som i hele perioden har indikert sterk foruring. Nystølvatn ligger øverst i Eldalen, en sidegren av Gaularvassdraget som har vært overvåket i 13 år. Nystølvatn viser samme foruringsnivå som de øvrige områdene øverst i Eldalen.

5. Skogovervåking

Overvåkingsprogram for skogskader har tre landsdekkende sett av permanente flater, med registreringer fra 1986;

- landsrepresentative overvåkingsflater
- intensive skogovervåkingsflater
- fylkesvise lokale overvåkingsflater

5.1 Landsrepresentative overvåkingsflater

Vitalitetsregistreringene i gran, furu og bjørkeskog er gjennomført på ca. 900 landsrepresentative flater (ca. 8000 trær) årlig siden 1989.

Kronettheten har gått ned for gran med 7.1% i perioden 1989-1997 (figur 5.1, 5.2). Trenden har vært meget jevn og negativ. Nedgangen har vært mindre markant for furu og bjørk, henholdsvis 4,8% og 3,3%. Nedgangen for gran i denne perioden ser ut til å omfatte spesielt Sør- og Midt-Norge, og er større enn det som forventes utfra naturlig aldriingsprosesser eller mulig observatør-usikkerhet.

Misfargete trær forekom på ca. 54% av granflatene, og har således omfattende utbredelse, spesielt i Sørøst-Norge. Den årlige misfarging varierer noe, sannsynligvis etter tørkeforhold. Flater med lav pH i humus har en større andel trær med kontinuerlig misfarget krone i perioden 1990-1996. Prosent andel granflater med kontinuerlig forekomst av misfargete trær i minst fem år har blitt fordoblet siden 1993, til dagens nivå på 12,6% (figur 5.3), spesielt i eldre skog (figur 5.4).

Dødeligheten i granskog har vært lav på nasjonalt nivå, ca. 0.2 %, men data fra landsskogstakseringen viser betydelige regionale forskjeller i andelen død granskog. Mortaliteten i norsk granskog i enkelte områder er derfor langt høyere enn på det nasjonale nivået. Dette vil bli undersøkt nærmere i 1998.

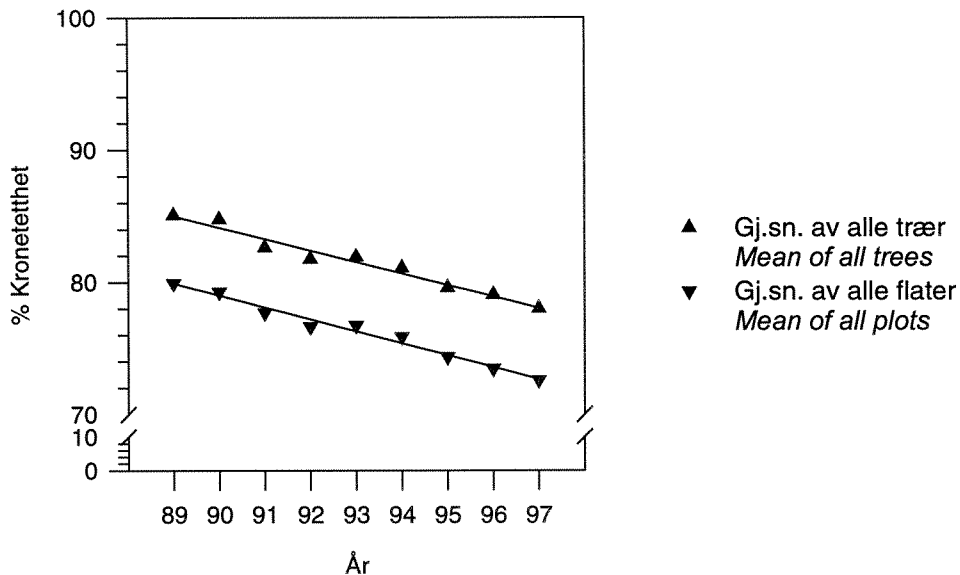
Det er betydelig mindre (20-50%) fosfor (P), kalsium (Ca) og magnesium (Mg) i skogsjord i de hardest belastede områdene i Sørøst-Norge enn i tilsvarende skog andre plasser i Norge, samtidig er det en tendens til at innholdet av nitrogen er høyere. Forholdet mellom N og henholdsvis P og Mg blir stadig mer ugunstig med økende deponisjon (figur 5.5). På samme måte er det funnet tendenser til tilsvarende næringsubalanse i nåler hos gran mellom områder med henholdsvis stor og relativ lav forurensningsbelastning. Granskogen i Sørøst-Norge, spesielt Agder og Telemark, som i dag har de største overskridelser av modellerte tålegrenser for skogsjord, har relativt mindre årringtilvekst, nedgang i volumtilvekst, større andel døde grantrær, samt relativ lav kronetthet.

Det er for første gang indikasjoner på næringsubalanse også i trær i Sørøst-Norge i et prosjekt finansiert under programmet Naturens tålegrenser under DN og SFT. Nåleprøver og årringbredde ble prøvetatt fra et relativt homogent, stratifisert materiale bestående av 22 flater i granskog (44 trær), på bonitet G14, blåbærgranskog, og i Hkl. V. Trær med et P/N-forhold < 0.09 i siste års nåler hadde signifikant lavere tilvekst enn for gruppen med et mere gunstig P/N-forhold (figur 5.6). Det lave P/N-forholdet var forårsaket av både signifikant lavere P-innhold ($p < 0.05$), såvel som relativt høye konsentrasjoner av N ($p < 0.05$). Der var ikke signifikant forskjell mellom trærnes alder mellom de to gruppene ($p = 0.26$). For trær med de aller høyeste N-konsentrasjonene i nåler (≥ 1.4 g / 100g DM) var det en markert tendens til fosformangel.

Den reduserte tilvekst kan derfor være forårsaket av næringsubalanse.

En rekke naturlige forhold, herunder klima, påvirker skogens helsetilstand, og store deler av misfargingen og nåletapet på nasjonalt nivå er sannsynligvis forårsaket av naturlige årsaker. En del av misfargingen, spesielt i Sørøst-Norge, ser imidlertid ut til å være av mer langvarig karakter, og kan skyldes næringsmangel eller næringsubalanse. Økende

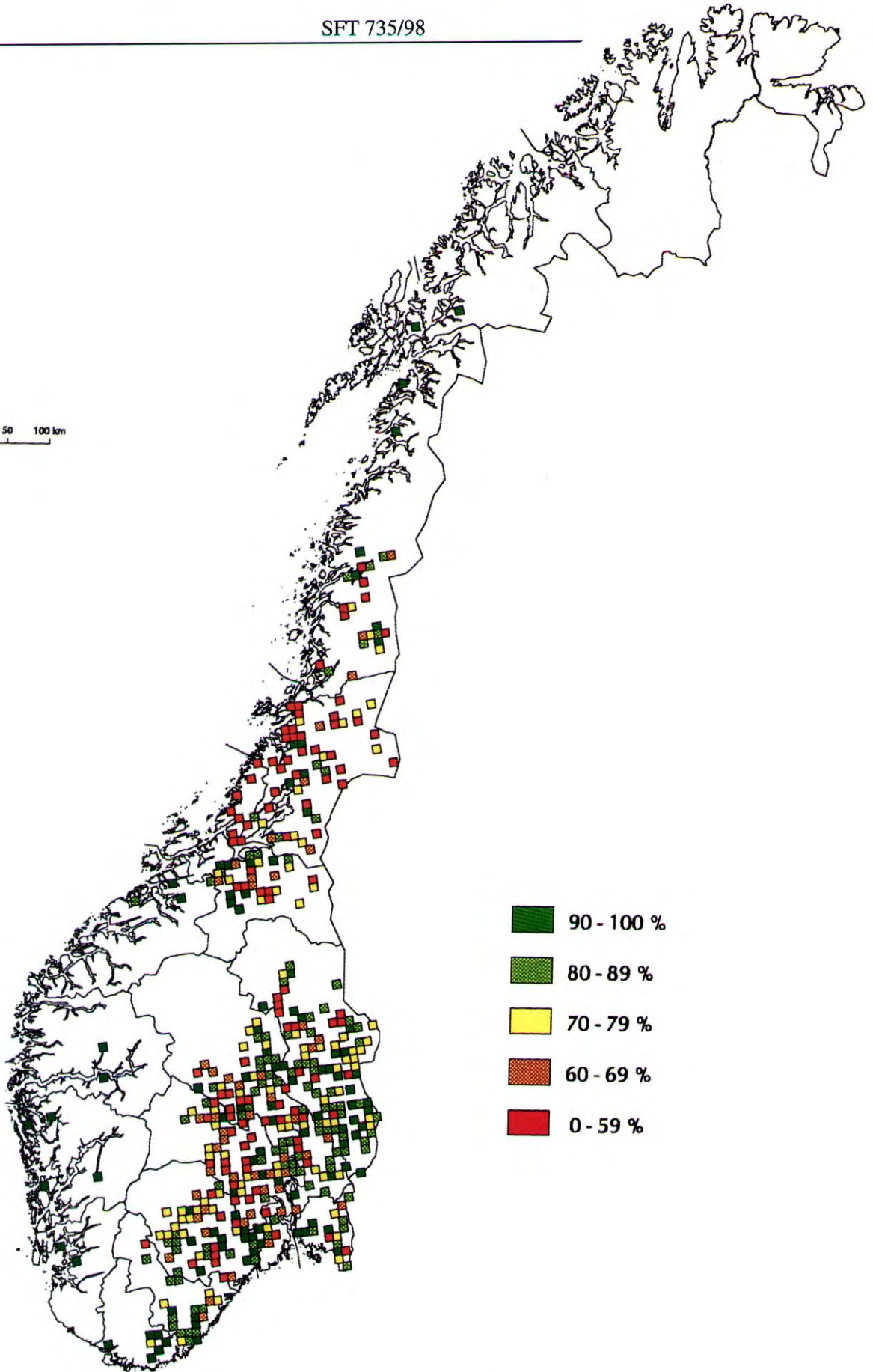
misforhold mellom nitrogen og andre næringsstoffer i jord og nåler, slik det er observert, samt mulig økt følsomhet for tørke, kan være en effekt av langtransportert luftforurensning. Dagens depositionsmonster vil sannsynligvis forsterke slike negative trender, slik at det kan forventes økt skadeomfang i det Sørøstligste Norge på sikt, dersom den nåværende deponisjon opprettholdes.



Figur 5.1
Figure 5.1

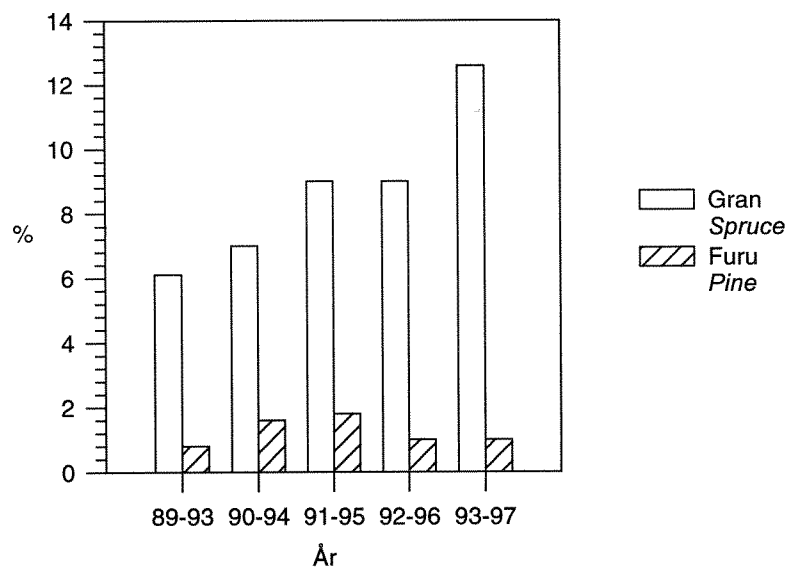
Gjennomsnittlig kronetetthet for gran 1989-97 i prosent (%).
Mean crown density for Norway spruce 1989-97 in percent (%).

0 50 100 km

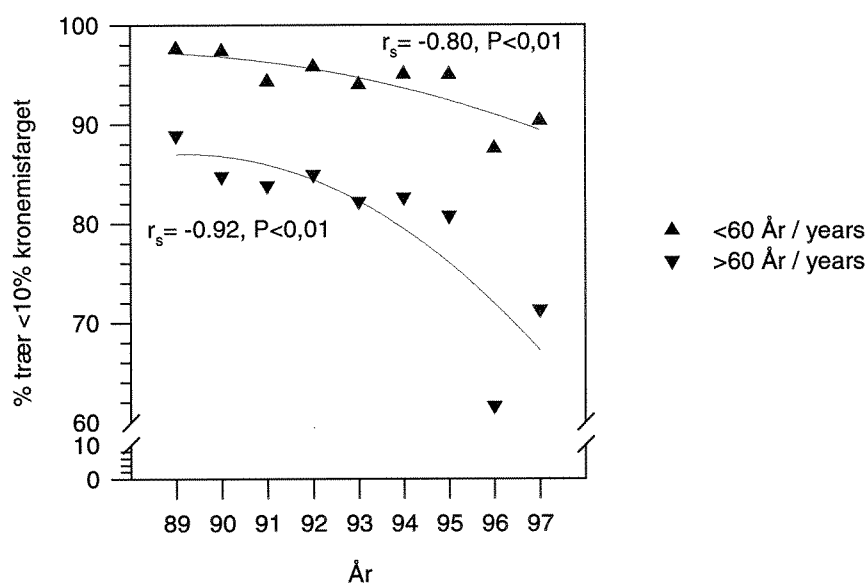


Figur 5.2
Figure 5.2

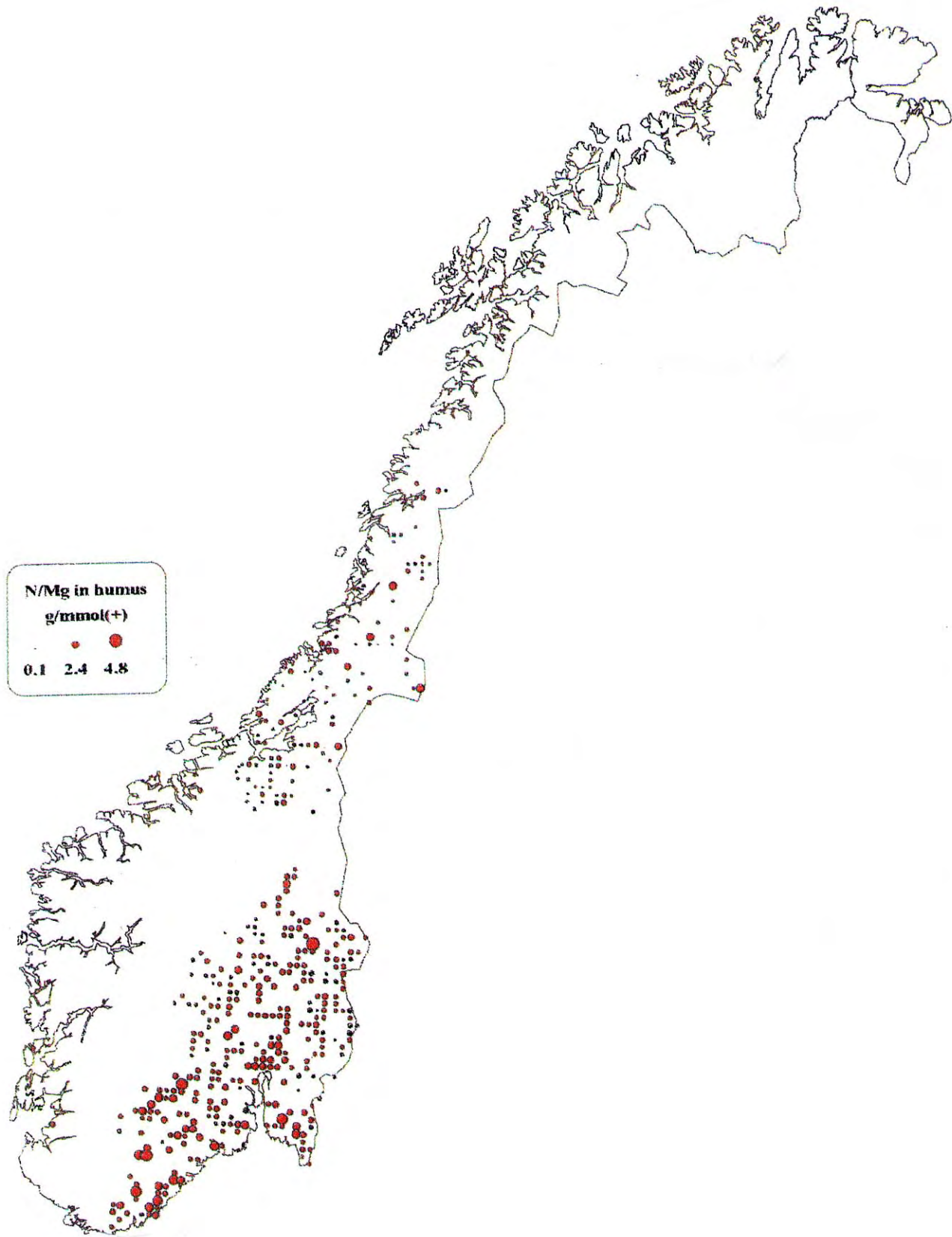
Gjennomsnittlig kronetetthet for gran 1997 i prosent (%).
Mean crown density for Norway spruce 1997 in percent (%).



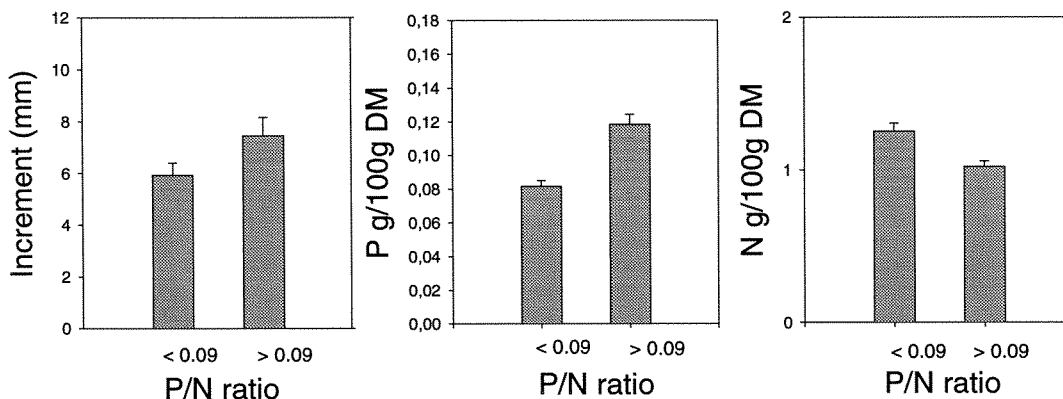
Figur 5.3 Prosentandel granflater med kontinuerlig kronemisfarging i femårsperioder 1989-97.
Figure 5.3 Percentage Norway spruce plots with crown discoloration for five consecutive year periods 1989-97.



Figur 5.4 Prosentandel grantrær over og under 60 år med <10% kronemisfarging for årene 1989-97.
Figure 5.4 Percentage Norway spruce trees older and younger than 60 years with <10% crown discoloration for individual years 1989-97.



Figur 5.5 N/Mg-forholdet i humus for granskog i Norge.
Figure 5.5 N/Mg-ratio in humus for spruce forest plots in Norway.



Figur 5.6 Tilvekst for granskog og P og N-konsentrasjoner i nåler, gitt for grupper med et P/N-forhold henholdsvis < 0.09 and ≥ 0.09 i siste års nåler. Alle flatene er fra samme høydelag (< 400 moh), samme bonitet (G14), samme vegetasjonstype (blåbærgranskog) og samme hogstklasse (Hkl. V) i Sørøst-Norge.

Figure 5.6 Tree increment and P and N concentration in last years needles, seen in relation to two levels of P/N ratio, < 0.09 and ≥ 0.09 , also in last years needles. The plots are stratified according to elevation (< 400 a.s.l.), site index (G14), vegetation type (*Vaccinium myrtillus*-dominated) and cutting class (V).

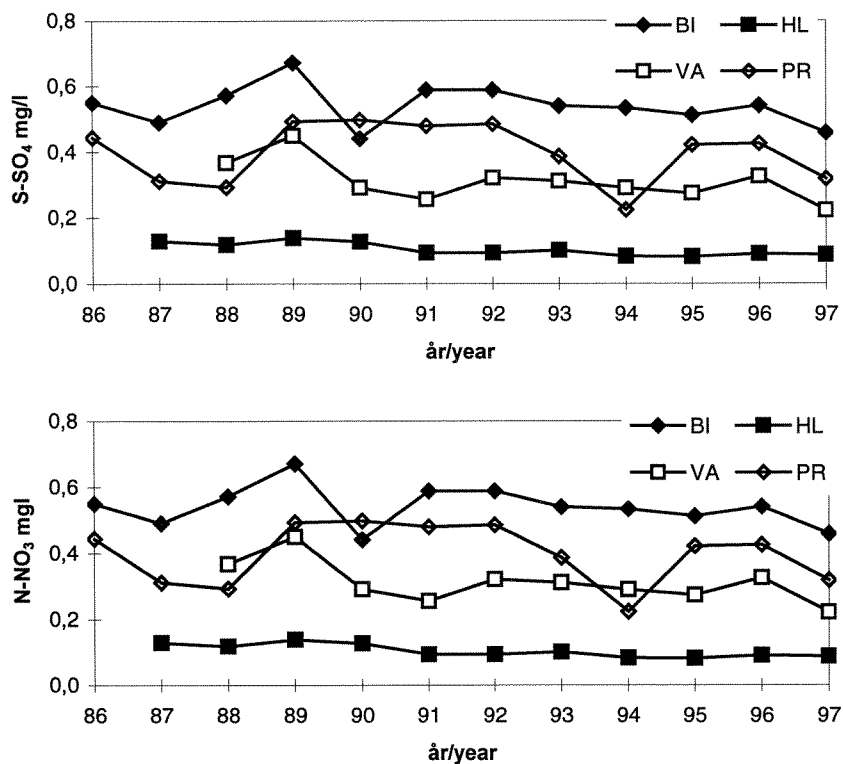
5.2 Intensive skogovervåkingsflater

Resultater av registreringene i 1997 føyer seg inn i tidligere års registreringer ved at tilstanden på flatene har utviklet seg svakt i negativ retning, men den har også variert fra år til år i stor grad ved variasjoner i værforhold.

Nedbør og kronedrypp samles inn ukentlig eller hver 14 dag og kjemisk innhold analyseres. Tilførte luftforurensinger er størst i Øst-Finnmark (Svanhovd), særlig i form av svoveldioksid (maks.konsentrasjon $44,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) og tungmetaller (nikkel og kobber). Dernest er det den sørligste delen av landet som mottar mest langtransporterte forurensinger, i form av svovel, nitrogen og syre oppløst i nedbør. Tilførslene her har gått noe ned gjennom perioden 1986-97 (figur 5.7). En svak økning i nedbørens pH er registrert på

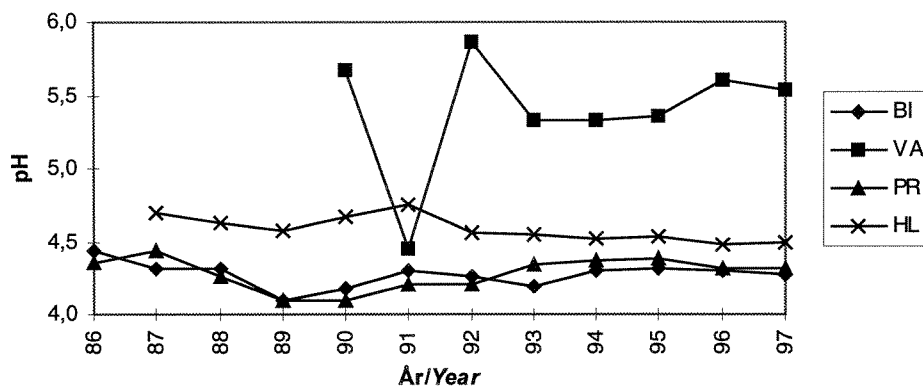
alle flatene (mindre surt), og en svak reduksjon i $\text{SO}_4\text{-S}$ for flater i den sørligste delen av landet. Tilførslene på mange flater er påvirket av sjøsalt, og høyest tilførsel av klorid i nedbør hadde Tustervatn med $14 \text{ g}/\text{m}^2$, mens tilførselen av klorid i kronedrypp var høyest for Nedstrand med $34 \text{ g}/\text{m}^2$. Det var ingen overskridelser av tålegrensen for ozon i skog (AOT40-verdier) i 1997.

Som et forenklet budsjett for kalsium, er beregnet depositionsjon og avrenning fra flatene (figur 5.9). Tilførslene av kalsium var særlig lave for innlandsflatene Fagernes og Osen sammenliknet med det som vaskes ut av jorsmonnet her, og kalsiumsituasjonen bør derfor følges nøye på disse flatene.



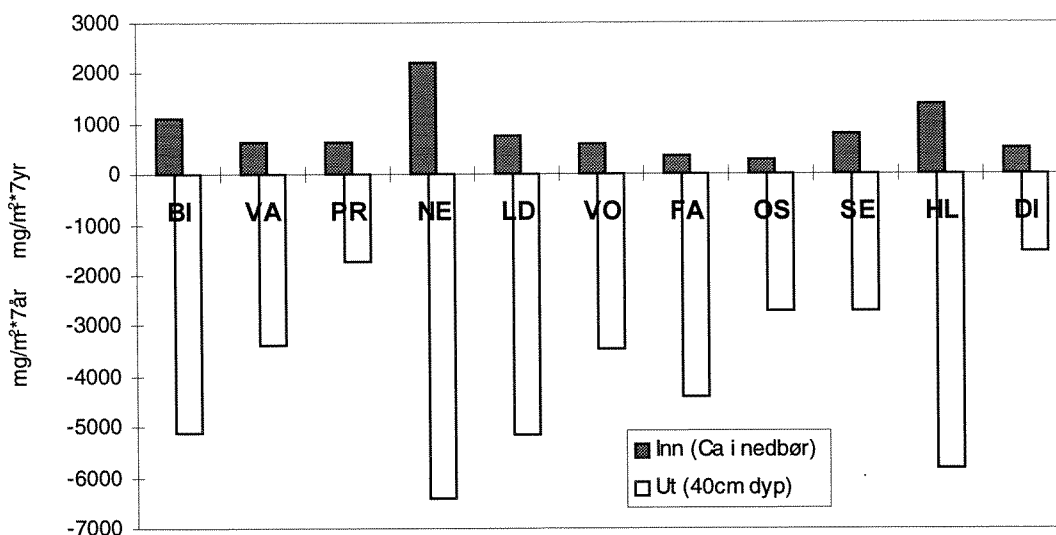
Figur 5.7 Endring i S-SO₄ (mg/l) og N-NO₃ (mg/l) i nedbør fra Birkenes, Høylandet, Valle og Prestebakke 1986-1997 (enhet mg/l).

Figure 5.7 Changes in concentrations of S-SO₄ and N-NO₃ in precipitation at Birkenes, Høylandet, Valle and Prestebakke 1986-1997 (unit mg/l)



Figur 5.8 pH i jordvann fra 15 cm jorddyb på Birkenes, Valle, Prestebakke og Høylandet i 1997.

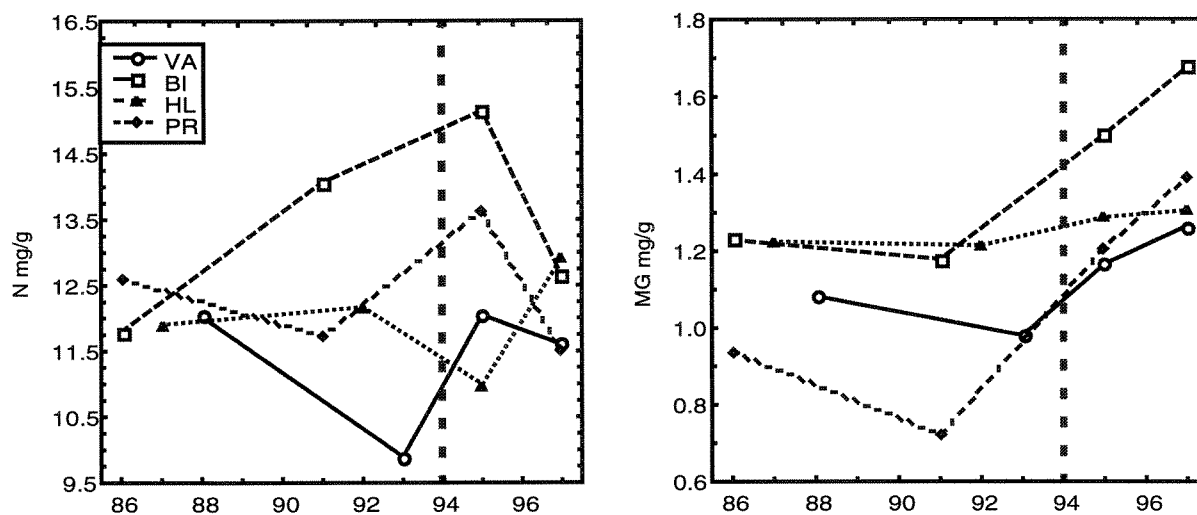
Figure 5.8 pH in soil water from 15 cm soil depth at Birkenes, Valle, Prestebakke, and Høylandet in 1997.



Figur 5.9 Tilførsel og tap av Ca²⁺ over en 7-års periode for utvalgte intensive flater.
Figure 5.9 Input-output budget of Ca²⁺ for a period of seven years at selected sites.

Det er en gjennomgående tendens til at konsentrasjonene av næringsstoffer i barnåler er redusert siden 1995 (figur 5.10). Særlig sterk er reduksjonen av nitrogen på de sørligste flatene, og generelt er nitrogenkonsentrasjonene underoptimale. For fosfor var konsentrasjonene ned mot mangel på en

rekke flater, men ikke dersom konsentrasjonene sees i forhold til nitrogenkonsentrasjon. Konsentrasjonen av magnesium har økt mens konsentrasjonen av svovel har gått svakt ned på de sørligste flatene Birkenes, Prestebakke og Valle i perioden 1986-97.



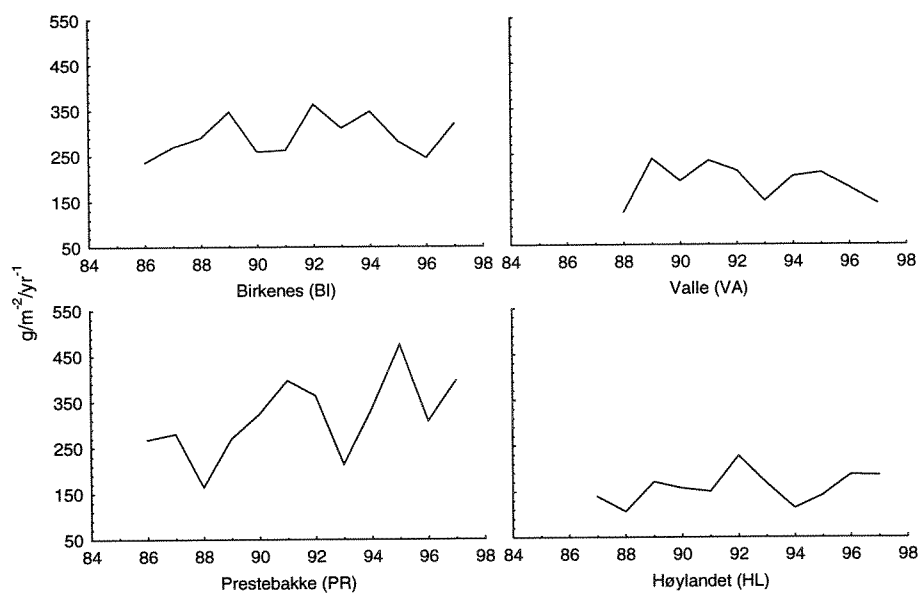
Figur 5.10 Konsentrasjon av N og Mg i barnåler i perioden 1986-97. Hver flate er prøvetatt på fire tidspunkter. Utvalget av prøvetrær ble endret mellom andre og tredje prøvetaking, og dette er indikert med en loddrett linje.

Figure 5.10 Concentrations of N and Mg in needles during 1986-97. Each plot was sampled four times. The sample of trees was changed between the second and third sampling, and this is indicated by a vertical line.

Gjennomsnittlig kronetetthet varierer både mellom flater og år. Andelen trær registrert som normal grønnfarget økte med 10% fra 1996 til 1997.

Nedstrand hadde den høyeste og Høylandet den laveste mengde strøfall blant de

grandominerte flatene (figur 5.11). Strøfallets mengde fra 1986 til 1997 har vært varierende. I finstrøet ble den høyeste nitrogenkonstrasjonen målt i Kårvatn (KV). Strøfallet varierte mellom flatene og blir påvirket av mange forhold, hvorav ulike skoglige forhold samt værforhold som vind og tørke er viktige.



Figur 5.11 Årlig strøfallsmengde på Birkenes, Valle, Prestebakke og Høylandet.
Figure 5.11 Annual amount of litterfall at Birkenes, Valle, Prestebakke and Høylandet.

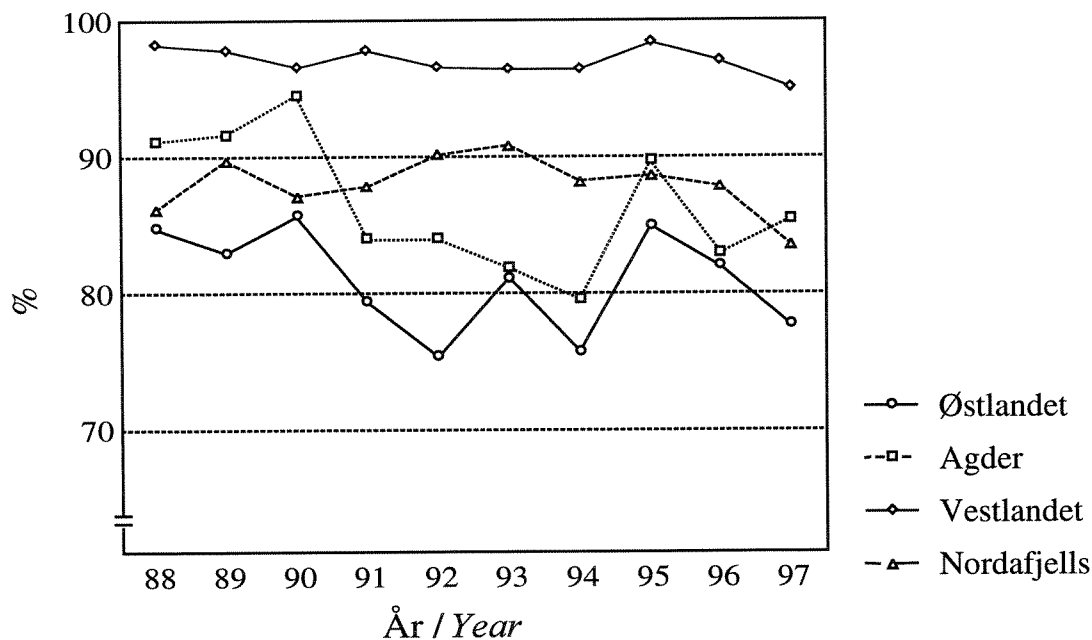
5.3 Fylkesvise lokale overvåkingsflater

Registreringene av kronetetthet, kronefarge og konglemengde på disse flatene er utført årlig av det lokale skogoppsyn, og resultatene bearbejdes av NISK. Samlet sett har de fylkesvise flatene vist en svak nedgang i trærnes vitalitet gjennom en periode på ti år. Kronefarge (figur 5.12) og konglemengde (figur 5.13) har først og fremst hatt årlige svingninger. Det har vært en svak og jevn nedgang i kronetetthet. Den årlige nedgangen har vært på 0,47 % for de samme trærne i denne 10 års perioden. Materialet domineres av granflater.

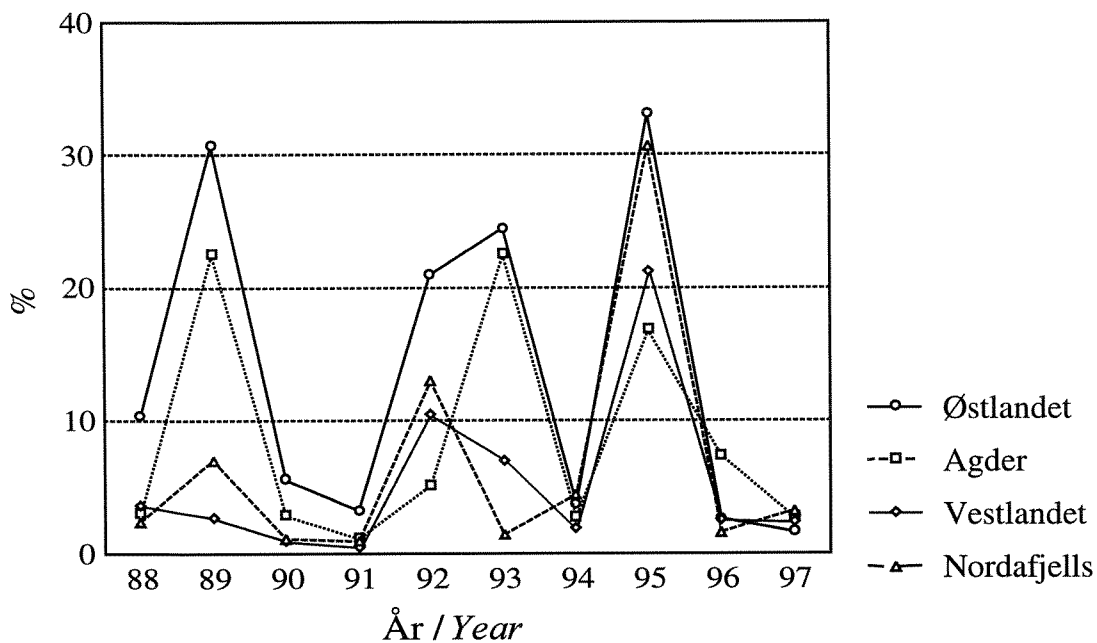
Fra 1996 til 1997 var det en nedgang i kronetetthet på 0,6%-enheter for gran og 1,3%-enheter for furu (tabell 5.1). Det var i yngre produksjonskog (hkl. III) og eldre produksjonskog (hkl. IV) som hadde den største

nedgangen. Nordafjells var den landsdelen som markerte seg mest i negativ retning, med den laveste kronetettheten og den største nedgangen (figur 5.14). Østafjells og Agder var uforandret. Fra 1991 til 1996 var det en jevn nedgang i kronetetthet i gammel skog på 4,4%. Denne utviklingen ble brutt i 1997, hvor det var en økning av kronetettheten i gammel skog. Fargeendringen var signifikant på alle flatetyper i 1997. Forandringen i kronefarge var størst i gammel skog og i Buskerud fylke var nedgang 20,1%-enheter. Det var lite kongler i 1997. Avdøingen var lav (0,3%) og hadde forekommet etter barkbilleangrep på enkeltflater.

Tørkestress, snø- og vindskader, og ulike biotiske skadegjørere ser ut til å ha vært av betydning for utviklingen over årene.

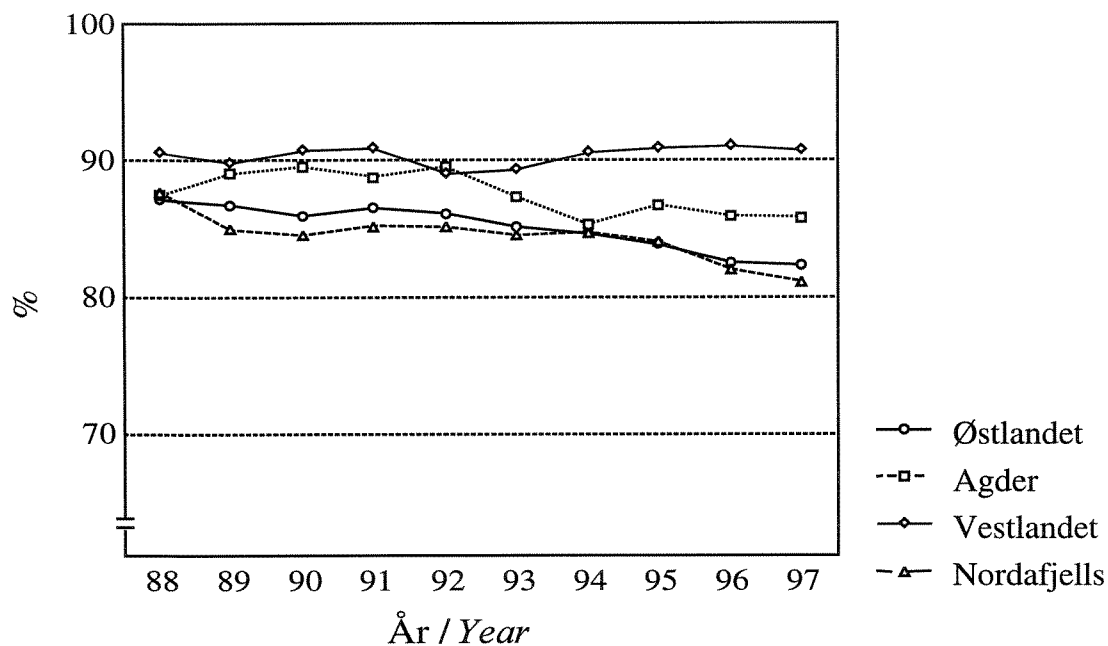


Figur 5.12 Utvikling av kronefarge (prosentandel grønne trær) for granflatene fordelt på landsdel.
Figure 5.12 Development of crown colour (percentage green trees) on the spruce plots distributed on region.



Figur 5.13 Utvikling av konglemengde (prosentandel trær med middels eller stor konglemengde) for granflatene fordelt på landsdel.

Figure. 5.13 Development of amount of cones (percentage trees with intermediate or large amount of cones) on the spruce plots distributed on region



Figur. 5.14 Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for granflatene fordelt på landsdel.

Figure 5.14 Development of mean crown density on the spruce plot distributed on region

Tabell 5.1 Kronetetthet 1997 (og endring siden 1996). Endringer som er signifikante for $p < 0,05$ er merket med *.

Table 5.1 Crown density 1997 (and the change since 1996). Changes significant for $p < 0.05$ are marked with *.

Fylke/County	Flatetype / Sample plot type							
	III		IV		V		Ekstrem	
GRAN/Norway Spruce								
Østfold	89,5	(-1,6)	86,8	(-0,9)	83,3	(-0,4)	73,5	(0,0)
Akershus/Oslo	91,0	(0,6)	80,1	(-2,4)	78,9	(-0,3)	73,1	(-1,2)
Hedmark	92,7	(-2,0*)	84,5	(-1,1)	81,0	(0,6)	72,8	(0,8)
Oppland	91,6	(1,0)	83,6	(-0,6)	76,8	(-1,5)	72,3	(1,4)
Buskerud	88,4	(-1,2)	81,2	(0,0)	79,4	(-1,8*)	69,6	(-0,2)
Vestfold	94,7	(0,0)	85,3	(-1,3)	87,7	(1,5)	81,5	(0,9)
Telemark	91,7	(-1,6)	81,9	(-0,7)	81,4	(0,0)	75,3	(-0,4)
Aust-Agder	93,6	(0,4)	87,0	(0,0)	80,5	(0,6)	70,2	(-0,4)
Vest-Agder	93,2	(1,8)	90,6	(0,8)	85,6	(-0,8)	85,8	(-2,6*)
Rogaland	96,1	(-0,2)	95,3	(-1,3)	95,0	(-0,9)	93,9	(-1,4)
Hordaland	89,5	(-0,3)	86,0	(0,0)	85,7	(-2,6)	85,6	(0,8)
Sogn og Fjordane	98,1	(0,0)	96,0	(1,4)	91,0	(1,4)	81,5	(-1,4)
Møre og Romsdal	89,9	(-1,6)	91,6	(-0,2)	89,9	(0,5)	83,4	(-1,2)
Sør-Trøndelag	89,4	(0,0)	81,3	(0,8)	79,4	(-0,8)	69,6	(0,2)
Nord-Trøndelag	85,2	(-3,0*)	82,7	(-2,7*)	77,1	(-2,7)	63,8	(-0,2)
Nordland	90,7	(-0,6)	84,3	(-2,4*)	77,7	(-2,3)	78,4	(-0,2)
Troms	90,7	(0,1)	87,6	(-0,3)	91,1		74,3	(0,3)
FURU / Scots pine								
Hedmark	98,7	(-0,3)	96,9	(0,6)	95,7	(1,4)	92,5	(1,1)
Oppland	84,8	(-4,3)	79,7	(-4,7)	80,9	(-4,0)	77,2	(-4,3)
Vest-Agder	93,2	(-1,9)	91,1	(9,4)	87,3	(6,0)	89,9	(1,0)
Hordaland			88,3	(-3,6)				
Møre og Romsdal	91,1	(1,1)	77,0	(-2,4)	67,8	(-8,7)	76,5	(-4,0)
Finnmark	70,5	(-1,5)	65,6	(-0,7)	56,4	(0,0)	40,7	(0,0)

6. Rapportoversikt

Rapporter fra programmet Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør under Statlig program for forurensningsovervåking.

- 2/81. Endringer i pH i perioden 1966-1979 for 38 norske elver. NIVA-rapport: O-80006-02.
- 24/81. Forsuring av grunnvann. NIVA-rapport: O-80006-04.
- 26/81. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1980.
- 27/82. Regionale vann- og snøundersøkelser 1981. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 64/82. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1981.
- 97/83. Vikedalsvassdraget. Vannkjemiske og fiskebiologiske undersøkelser i 1981-1982. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 106/83. Årstidsvariasjoner og materialtransport i de fem feltforskningsområdene Birkenes, Storgama, Langtjern, Kårvatn og Jergul.
- 108/83. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1982.
- 123/84. Vikedalsvassdraget. Nedbør-, vannkjemiske- og biologiske undersøkelser i 1981-1983. NIVA-rapport: O80006-03
- 162/84. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1983.
- 201/85. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1984
- 230/86. The Norwegian Monitoring Programme for Long-Range Transported Air pollutants. Results 1980-1984
- 248/86. Gaularvassdraget. Nedbør-, vannkjemiske- og biologiske undersøkelser i 1984. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 255/86. Tilførsler og virkninger av langtransporterte forurensninger. Status 1985 og utviklingstendenser.
- 256/86. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1985.
- 282/87. 1000-sjøers-undersøkelsen 1986.
- 283/87. 1000-Lake Survey 1986.
- 295/87. Forsuring av overflatevann i Norge - en "direkte respons" prosess? NIVA-rapport: O-84088.
- 296/87. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1986.
- 299/87. Forsuring av innsjøer i Finnmark. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 313/88. 1000-sjøers undersøkelsen 1986. Fiskestatus.
- 314/88. 1000-Lake Survey 1986. Fish Status.
- 315/88. Naustavassdraget. Nedbør-, vannkjemiske - og biologiske undersøkelser i 1985/86. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 333/88. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1987.
- 351/89. Nitrogen som bidragsyter til forsuring.
- 352/89. Landsomfattende grunnvannsnett (LGN). Grunnvannets kjemiske sammensetning. NIVA-rapport. O-86171.
- 375/89. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1988.
- 384/89. 100-sjøers undersøkelsene i 1987 og 1988. NIVA-rapport: O-80006-03.
- 408/90. The Contribution of Nitrogen to Acidification.
- 401/90. Sedimentundersøkelser i Pasvikelva i 1989.
- 402/90. Forsuring og tungmetallforurensning i små vassdrag i Sør-Varanger i 1989.

- 411/90. Landsomfattende grunnvannnett (LGN). Kjemiske variasjoner i et grunnvannsmagasin i Evje, Aust-Agder. NIVA-rapport: O-80006-04.
- 437/91. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1989.
- 465/91. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1990.
- 466/91. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1990.
- 481/92. Forsuring og tungmetallforurensning i Sør-Varanger. Fremdriftsrapport 1990.
- 486/92. Dalelva, Finnmark, northernmost Norway: Prediction of future acidification using the MAGIC model
- 487/92. Trace Metal pollution in Eastern Finnmark, Norway as evidenced by Studies in Lake Sediments.
- 506/92. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1991.
- 507/92. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1991.
- 532/93. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1992.
- 533/93. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1992.
- 582/94. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1993.
- 583/94. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1993.
- 628/95. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport 1994.
- 629/95. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Sammendrag av årsrapport 1994.
- 660/96. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1995.
- 663/96. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1995.
- 671/96. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 1995.
- 677/96. Regional innsjøundersøkelse 1995. En regional vannkjemisk undersøkelse av 1500 norske innsjøer.
- 690/96. Regional innsjøundersøkelse 1995. Datarapport.
- 697/97. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1996.
- 703/97. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 1996.
- 710/97. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Årsrapport - Effekter 1996.
- 735/98. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Overvåkingsprogram for skogskader. Sammendrag av årsrapporter 1996.

Nummerene referer til serienummer i rapportserien "Statlig Program for Forurensningsovervåking" som kan bestilles fra::

Statens Forurensingstilsyn
PB. 8100 Dep.
N-0032 Oslo

Deltagende institusjoner i programmene:
"Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"
og **"Overvåkingsprogram for skogskader"**.

Statens forurensingstilsyn
Pb. 8100 Dep.
0032 Oslo

Direktoratet for Naturforvaltning
Tungasletta
7005 Trondheim

Landbruksdepartementet
Pb. 8007 Dep.
0030 Oslo

Norsk institutt for luftforskning
Pb. 100
2007 Kjeller

Norsk institutt for vannforskning Pb.
173 Kjelsås
0411 Oslo

Norsk institutt for naturforskning
Tungasletta 2
7005 Trondheim

LFI, Zoologisk Institutt,
Universitetet i Bergen
Allégt. 41
5007 Bergen

Norsk institutt for skogforskning
Høgskoleveien 12
1432 Ås

Norsk institutt for jord- og
skogkartlegging
Rådhusplassen 29
1430 Ås

NIVA 

Norsk institutt for vannforskning

Postboks 173 Kjelsås
0411 Oslo

Telefon: 22 18 51 00
Telefax: 22 18 52 00

Ved bestilling av rapporten,
oppgi løpenummer 3884-98

ISBN 82-577-3469-1