



skog+  
landskap

Forskning fra Skog og landskap 4/07

---

## INTENSIV SKOGOVERVÅKING I 2006. RESULTATER FRA ICP FORESTS LEVEL 2 FLATER I NORGE

Intensive forest monitoring in 2006.  
Results from ICP Forests Level 2 plots  
in Norway

---

Kjell Andreassen, Nicholas Clarke, Ingvald  
Røsberg, Volkmar Timmermann og Wenche Aas

# Forskning fra Skog og landskap

«Forskning fra Skog og landskap» er en serie for publisering av originale vitenskapelige resultater innenfor Skog og landskaps faglige områder. Serien er åpen for relevante manuskripter, også fra forfattere som ikke er ansatt ved Norsk institutt for skog og landskap

**Utgiver:**

Norsk institutt for skog og landskap

**Redaktør:**

Bjørn Langerud

**Dato:**

Oktober 2007

**Trykk:**

PDC-Tangen

**Opplag:**

300

**Bestilling:**

Norsk institutt for skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås

Telefon: 64 94 80 00

Telefaks: 64 94 80 01

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

ISBN 978-82-311-0027-0

ISSN 1890-1662

**Omslagsfoto:**

Baksidebilde: Lysimeteranlegg på intensiv skogovervåkingsflate med flasker for oppsugd jordvann fra ulike jorddybder. Den blå kassen inneholder vakuumpumpe, regulator og strømforsyningsenhet (batteri).  
Fra Birkenes.

Foto: Volkmar Timmermann 2006

---

**Intensiv skogovervåking i 2006. Resultater fra  
ICP Forests Level 2 flater i Norge**

*Intensive forest monitoring in 2006. Results from  
ICP Forests Level 2 plots in Norway*

---

Kjell Andreassen, Nicholas  
Clarke, Ingvald Røsberg,  
Volkmar Timmermann, Wen-  
che Aas

# INNHold

<b>Sammendrag</b> .....	3
<b>Summary</b> .....	4
<b>Innledning</b> .....	5
<b>Oversikt over flatene og måleprogrammet</b> .....	5
<b>Forurensninger i luft</b> .....	6
<b>Nedbør og kronedrypp</b> .....	8
<b>Jordvann</b> .....	10
<b>Vegetasjon</b> .....	13
<b>Trærnes vitalitet</b> .....	15
<b>Diskusjon</b> .....	19
<b>Litteratur</b> .....	20

## SAMMENDRAG

Andreassen, K.\* , Clarke, N.\* , Røsberg, I.\* , Timmermann, V.\* , Aas, W.# Intensiv skogovervåking i 2006. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2006. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. Forskning fra Skog og landskap 4/2007. 20 s.*

\* Norsk institutt for skog og landskap

# Norsk institutt for luftforskning, NILU

I det nasjonale «Overvåkingsprogram for skogskader» inngår det i Norge 8 intensivt overvåkede flater for å følge utviklingen av skogøkosystemet. Disse flatene er også en del av det europeiske nettverket av intensive skogovervåkingsflater i 37 land med til sammen 800 flater. Intensiv skogovervåking er utført her i landet siden midten av 1980-tallet, med verdifulle tidsserier som kan beskrive endringer i skogøkosystemet. Hovedformålet er å beskrive skogens helsetilstand og belyse virkninger av langtransporterte forurensninger på skogøkosystemet. Resultater fra overvåkingen i 2006 presenteres i denne rapporten.

Vi finner fortsatt de høyeste avsetningene av syre, svovel- og nitrogenforbindelser lengst sør i landet. Konsentrasjonen av svovelforbindelser i luft og nedbør har avtatt med 60–90 % de siste 20 årene, og dette samsvarer med endringer av utslipp i Europa. Mengden av nitrogenforbindelser i nedbør har ikke endret seg like tydelig, men også her er det en nedgang de siste ti åra, særlig av NO<sub>2</sub>. Det ble observert betydelige overskridelser av enkelte grenseverdier for ozoneksponering av vegetasjonen i 2006. Ozonkonsentrasjonene påvirkes antagelig mest av meteorologiske forhold, og vi har ikke klart å påvise klare trender for denne eksponeringen i Norge. Graset smyle har økt i mengde på alle fire overvåkingsfelter på Østlandet de siste åra, mens mengden er redusert på overvåkingsflatene på Vestlandet. Smylemengden øker vanligvis med økt nitrogendeposisjon, og er derfor en viktig indikatorart.

Kronetettheten for gran avtok sør og øst i landet, mens de vestligste og nordligste flatene viser en oppgang fra 2005 til 2006. Kronefargen hos gran ble også dårligere i 2006, og dette var gjennomgående på alle flater unntatt i Hurdal. Denne nedgangen i kronetetthet sør og øst i landet ble også observert på de regionale flatene og på de landsrepresentative Level 1 flatene. Tilbakegangen i kronevitalitet på Østlandet kan skyldes meteorologiske forhold eller biotiske skadegjørere som f.eks. granrust, og dette trenger ikke vise samme type negative trend som det vi observert på 1980-tallet. For furu ble det bare observert minimal endring i kronetetthet, mens kronefargen ble betydelig dårligere.

I Norge har vi ikke klare beviser på at skogen er direkte eller indirekte skadet av langtransporterte luftforurensninger. Her i landet er luftforurensninger og aluminiumsforbindelser i jordvann observert med normalt lavere konsentrasjoner enn grenseverdier for skadelige effekter. Sulfatkonsentrasjoner i jordvann er betydelig påvirket av langtransportert svoveltilførsel, men foreløpig tyder det ikke på at skogen er blitt merkbart skadet. Nitrogendeposisjon har trolig ført til økt tilvekst i skog i Norge, mens redusert tilvekst grunnet deposisjon av sulfat har vært vanskelig å påvise i Norge. Virkningen av nitrogen- og sulfatdeposisjon på træs tilvekst motvirker imidlertid hverandre, slik at en negativ effekt av sulfatdeposisjon på tilvekst ikke kan utelukkes. Det er betydelige forskjeller i observert målinger mellom flatene, og disse forskjellene kan også tilskrives geologiske, klimatiske, topografiske og skoglige forhold i tillegg til de langtransporterte forurensninger.

**Nøkkelord:** Skogskader, overvåking, luftforurensninger, nedbør, jordvann, vegetasjon, vitalitet.

## SUMMARY

Andreassen, K.\* , Clarke, N.\* , Røsberg, I.\* , Timmermann, V.\* , Aas, W.# Intensive forest monitoring in 2006. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway. *Forskning fra Skog og landskap 4/2007. 20 s.*

\* Norwegian Forest and Landscape Institute

# Norwegian Institute for Air Research

The Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage covers 8 intensive monitoring plots in order to observe the development of the forest ecosystems. These plots are a part of the European intensive forest monitoring network including 37 countries with a total of about 800 plots. This intensive forest monitoring has been carried out since the middle of the 1980s in Norway, and we have valuable time series that can describe changes in the forest ecosystems. The aim is to describe the forest condition and to study effects of long-range transboundary air pollution on the forest ecosystems. The results of the monitoring in 2006 are presented in this report.

The highest deposition of strong acids, sulphur and nitrogen, was still in southern Norway. The average concentration of sulphate in precipitation and of sulphur dioxide and sulphate in air has declined by 60–90 % in the last 20 years. This is in agreement with changes in emissions in Europe. The amount of nitrogen compounds in precipitation has not changed so clearly, but for these too there has been a small reduction over the last ten years. Several incidents of exceedance of threshold values for ozone exposure have been observed in 2006. Ozone exposure probably depends mostly on meteorological effects, and no trends have been proven. The amount of wavy hair-grass (*Avenella flexuosa*) has increased slightly on all the four monitoring plots in south-eastern Norway in the last years, while it decreased at the plots in the western part of the country. Increased nitrogen deposition often corresponds with increasing amounts of wavy hair-grass and consequently this is an important indicator.

Norway spruce crown density decreased in southern and eastern part of the country, while the plots in Western and Northern Norway showed an increased density in 2006. Crown colour also declined in 2006, except at the plot in Hurdal. The declined crown vitality south and east in Norway was also observed at the regional plots and at the Level 1 plots. The declined crown vitality can probably be explained by meteorological effects and biotic damages, and does most likely not correspond with the negative trend as we observed in the 1980s. Only minor changes were observed for crown density of Scots pine, however, the crown colour was considerably weakened.

We have no significant indications that the Norwegian forest is directly or indirectly damaged from long-range transboundary pollutants. In Norway the concentrations of air pollutants and of potentially toxic aluminium in soil water have generally been lower than the threshold values for damage. The effects of nitrogen and sulphate deposition on forest growth counteract each other. Sulphate concentrations in soil water have clearly been influenced by deposition of long-range transboundary sulphur, but there is no indication of forest damage as a result. Nitrogen deposition has probably increased forest growth in Norway, while reduced growth due to sulphate deposition is difficult to indicate in Norway. However, a negative effect of sulphate deposition cannot be excluded. There were considerable differences in the measured values between the plots, which can be attributed to natural differences in climate, geology, topography, and forest condition in addition to long-range transboundary air pollution.

**Key words:** *Forest damage, monitoring, air pollution, precipitation, soil water, vegetation, tree vitality.*

## INNLEDNING

Intensiv overvåking av skog blir utført på 8 flater i Norge, og disse målingene inngår i Overvåkingsprogram for skogskader (OPS). Dette programmet ble opprettet i 1984/85 (Horntvedt et al. 1992). Målsettingen for OPS er å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid, og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Det er særlig sterk syre, svovel- og nitrogenforbindelser og bakkenært ozon som er av stor interesse i denne sammenheng. Videre skal OPS foreta kritisk vurdering og utvikling av eksisterende og eventuelt nye metoder for overvåking av endringer i skogens vekst og trærnes tilstand, samt jordsmonnets egenskaper.

Bakgrunnen for at skogovervåkingen ble igangsatt, var en økende bekymring for at luftforurensninger kunne skade skog. Tidlig på 1980-tallet ble det også rapportert om økende omfang av skogskader i Europa. Særlig oppmerksomhet var det omkring misfarging av barnåler og utglisning av trekroner (Schütt & Cowling 1985).

De intensive overvåkingsflatene inngår i det europeiske nettverket av slike flater (Level II-flater) i overvåkingsopplegget ICP-Forests, International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (Lorenz 1995, EC 1996). I 2006 deltok 37 land i dette arbeidet, og i Europa er det ca 800 intensivt overvåkede flater (UNECE/EC 2006). Ved siden av de intensive overvåkingsflatene har deltakerlandene et nett av systematisk utlagte flater for representative registreringer av trærnes helsetilstand (Level I-flater), og i Norge har vi i tillegg skogoppsynets overvåkingsflater (Horntvedt et al. 1992). To av Level II-flatene (Birkenes og Kårvatn) inngår også i Integrated Monitoring-overvåkingen (ICP Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems – IM). Både ICP-Forests og ICP-IM er underlagt FN-konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger (LRTAP).

Formålet med denne rapporten er å presentere resultater fra registreringene som ble gjort på de intensive flatene i 2006 og utviklingen over flere år for et utvalg av flater.



Figur 1. Intensivt overvåkede flater i Norge (Level II).

Figure 1. Intensive forest monitoring plots in Norway (Level II).

## OVERSIKT OVER FLATENE OG MÅLEPROGRAMMET

I Sør-Norge er det seks intensive skogovervåkingsflater, mens én ligger på nordvestlandet ved Kårvatn og én i Nord-Norge ved Tustervatn, til sammen åtte flater (Fig. 1). Tabell 1 gir en oversikt over flatene. De aller fleste av flatene ble anlagt i 1986–88. Hver flate har et areal på omkring ett daa, og er omgitt av en ytre sone hvor enkelte av registreringene foretas. Skogen på de fleste flatene er dominert av gran. Kårvatn er imidlertid i ren furuskog. Innblanding av furu forekommer på mange av de øvrige flatene, og er størst på Osen. I figurer og tabeller er flatene sortert fra sør til nord, noe som omtrentlig gjenspeiler tilførselsmønstre for langtransporterte luftforurensninger.

Med unntak for luftmålinger, har alle flatene identisk måleprogram, og det har stort sett vært uforandret. De siste årene er imidlertid intensiteten betydelig redusert, noe som gjør det vanskeligere å oppdage endringer. Et annet unntak er jordvannsinnsamlingen som på de fleste flatene kom i gang noen år etter opprettelse. Kjemiske analyser er utført ved Skog og landskaps kjemiske laboratorier etter metoder beskrevet av Ognér et al. (1999). Luftmålinger og kjemiske analyser av luft er utført ved NILU.

Tabell 1. Oversikt over flatene, ordnet fra sør til nord.

Table 1. Characteristics of the plots, ordered from south to north.

Flate Plot	Treslag Tree species	Bonitet Site index (H40)	Alder Age 2005	Etablering Establishm.	Vegetasjonstype Vegetation type	Kvartærgeologi Quaternary geology
BI	Birkenes	gran	12,9	119	naturlig	Bærlyngskog morene
NE	Nedstrand	gran	17,5	71	plantet	Blåbærskog morene
PR	Prestebakke *	gran	20,1	101	plantet	Blåbærskog havavsetning
LD	Lardal	gran	13,2	131	naturlig	Blåbærskog bunnmorene
HU	Hurdal	gran	17,0	77	naturlig	Blåbærskog morene
VO	Voss	gran	9,6	153	naturlig	Blåbærskog morene
OS	Osen	gran+furu	12,4	151	naturlig	Bærlyngskog morene
KF	Kårvatn-furu	furu	8,1	134	naturlig	Røsslyng- skinntryteskog morene
TU	Tustervatn	gran	5,6	156	naturlig	Småbregneskog morene

\* Prestebakke har kun ozonmålinger. *Prestebakke has only ozone measurements.*

## FORURENSNINGER I LUFT

I 2006 ble svovel og nitrogenforbindelser i luft målt på 6 stasjoner på fastlands-Norge, hvorav fem er tilknyttet OPS flater. Innholdet av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid i luft ble i tillegg også bestemt (Tab. 2). Prøver ble tatt døgnetlig eller ukentlig (Søgne).

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med Søgne på  $0,41 \mu\text{g S/m}^3$  og Karasjok med  $0,29 \mu\text{g S/m}^3$ . Stasjonen Karasjok er ikke tilknyttet OPS programmet, men er representativ for regionen. Sulfatkonsentrasjonen er høyest i Sør-Norge. Månedsmiddelet av  $\text{SO}_2$  og  $\text{SO}_4^{2-}$  var gjennomgående høyest i vintermånedene. De høyeste døgnmiddelverdier, årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene av  $\text{NO}_2$  observeres på stasjonene i Sør- og Øst-Norge. Høyeste årsmiddelverdier for «sum nitrat» hadde Søgne med 0,48. «Sum ammonium»

var høyest på Tustervatn, men denne stasjonen er noe påvirket av lokal landbruksaktivitet. Årstidsvariasjonen av «sum nitrat» ( $\text{HNO}_3 + \text{NO}_3^-$ ) var liten de fleste steder, men de høyeste månedsmidlene observeres i februar-april. «Sum ammonium» ( $\text{NH}_3 + \text{NH}_4^+$ ) viste høyeste nivå i vår- og sommermånedene.

Den totale avsetningen av nitrogen og svovel er summen av det som avsettes i form av nedbør (våtavsetning) og avsetningen av gasser og partikler (tørravsetning). Tørravsetningen av svovel- og nitrogenkomponenter er markert større om sommeren enn om vinteren i alle landsdelene unntatt i Finnmark p.g.a høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. Bidraget av tørravsett svovel til den totale avsetning var 29–37 % om sommeren og 4–16 % om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Karasjok er det hhv. 40 % tørravsetning om sommeren og 53 %

Tabell 2. Årsmiddelkonsentrasjoner av hovedkomponenter i luft, 2006.

Table 2. Annual average concentrations of main components in air, 2006.

Stasjon/Plot	Årsmiddelkonsentrasjoner									
	$\text{SO}_2$ $\mu\text{g-S/m}^3$	$\text{NO}_2$ $\mu\text{g-N/m}^3$	$\text{SO}_4^{2-}$ $\mu\text{g-S/m}^3$	sum $\text{NO}_3$ $\mu\text{g-N/m}^3$	sum $\text{NH}_4$ $\mu\text{g-N/m}^3$	$\text{Ca}^{2+}$ $\mu\text{g/m}^3$	$\text{K}^+$ $\mu\text{g/m}^3$	$\text{Mg}^{2+}$ $\mu\text{g/m}^3$	$\text{Na}^+$ $\mu\text{g/m}^3$	$\text{Cl}^-$ $\mu\text{g/m}^3$
Birkenes	0,18	0,48	0,53	0,40	0,77	0,13	0,05	0,09	0,44	0,44
Søgne	0,41		0,75	0,48	0,94	0,10	0,09	0,11	0,86	0,96
Hurdal	0,13	0,78	0,43	0,26	0,66	0,10	0,06	0,04	0,19	0,11
Kårvatn	0,06	0,24	0,24	0,14	0,88	0,08	0,06	0,04	0,16	0,16
Tustervatn	0,09	0,15	0,23	0,13	1,10	0,07	0,02	0,04	0,25	0,33
Karasjok*	0,29	0,14	0,28	0,16	0,12	0,07	0,02	0,04	0,23	0,30

\* Kun  $\text{NH}_4$ -konsentrasjonen som er inkludert for sum  $\text{NH}_4$  / Only the  $\text{NH}_4$ -concentration is included in sum  $\text{NH}_4$ .

om vinteren. I totalavsetningen er andelen tørravsetning større for nitrogenkomponenter enn for svovelforbindelser, især om sommeren.

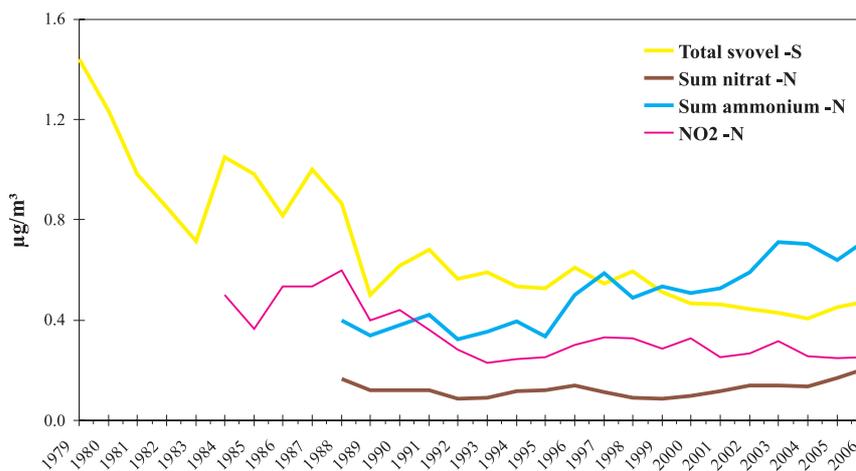
Endringer i luftens innhold av svovel- og nitrogenforbindelser samsvarer ganske bra med rapporterte endringer i utslipp i Europa (EMEP Status Report 1/2006). Fra 1980 var den gjennomsnittlige observerte reduksjonen av SO<sub>2</sub> konsentrasjonen i Norge mellom 80 % og 97 % og for sulfatpartikler mellom 63 % og 71 %. Årsmiddelkonsentrasjonen av nitrogenforbindelsene i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986, utenom en relativt tydelig nedgang for NO<sub>2</sub> etter 1990 (Fig. 2).

I 2006 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV monitor på åtte OPS flater inklusive Prestebakke som ikke lenger har skogobservasjoner. Det benyttes flere ulike kriterier for å vurdere mulige effekter av ozon på skog og vegetasjon. Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996). Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong. Vekstsesongens lengde varierer med planteslag og breddegrad, og 6-månedersperioden april-september er valgt som vekstsesong. EUs ozondirektiv (EU 2002) fastsetter også grenseverdier for beskyttelse av plantevekst. I tillegg er det under UNECE utarbeidet kriterier basert på akkumulert eksponering over terskelverdien 40 ppb (80 µg/m<sup>3</sup>) (Accumulated exposure over the threshold of 40 ppb, betegnes AOT40). I EUs ozondirektiv benyttes også grenseverdier for vegetasjon basert på AOT40. AOT40 beregnes som summen av differansen mellom timemiddelkonsentrasjonen og 40 ppb for hver time der ozonkonsentrasjonen overskrider 40 ppb.

Det var ingen overskridelser av grenseverdien for ozon-eksponering av vegetasjon på 200 µg/m<sup>3</sup> i 2006. Grenseverdien på 50 µg/m<sup>3</sup> som 7-timers middel for kl. 09–16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2006. Middelerverdien for ozoneksponering var størst på Birkenes, men det er generelt liten variasjon i denne parameteren over landet. Men verdien for 2006, 85 µg/m<sup>3</sup> var den

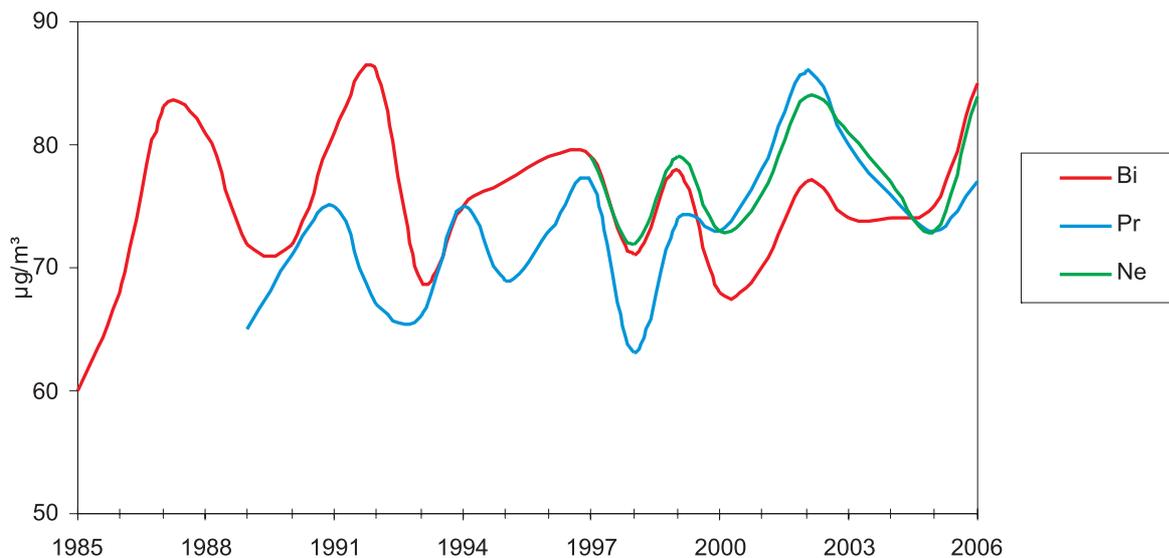
nest høyeste verdien av denne indikatoren som er registrert på Birkenes siden målingene startet. Ozonkonsentrasjonene påvirkes i stor grad av meteorologiske forhold og har variert betydelig fra år til år. Figur 3 viser 7-timers middelverdi på tre stasjoner for perioden 1985–2006. Figuren viser at det er en del variasjon fra år til år, og at det ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden. Grenseverdien på 8-timers middel over 60 µg/m<sup>3</sup> ble overskredet gjennom hele 6-månedersperioden april-september. Stasjonen nær Nedstrand (Sandve) hadde flest døgn med overskridelse, med 178 dager, dvs. at ozoneksponeringen var høyere enn grenseverdien i nesten samtlige dager i den observerte 6-måneders periode. Grenseverdien på 24-timers middel over 65 µg/m<sup>3</sup> ble også overskredet på samtlige stasjoner.

Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer, ble overskredet på 4 av de 8 målestasjonene i 2006. Høyest var verdien på Birkenes med 5851 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble overskredet på Birkenes med verdien 11194 ppb-timer i 2006. Også AOT-verdiene var svært høye i 2006 sammenlignet med tidligere år, og man må tilbake til begynnelsen av 1990-tallet for å finne lignende verdier.



Figur 2. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel (SO<sub>2</sub>+SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), oksidert nitrogen (HNO<sub>3</sub>+NO<sub>3</sub>), redusert nitrogen (NH<sub>3</sub>+NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) og NO<sub>2</sub> på fire norske bakgrunnsstasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul).

Figure 2. Average annual mean concentrations of airborne sulphur, and oxidized and reduced nitrogen compounds, at four Norwegian background sites (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul)



Figur 3. Middelkonsentrasjon av ozon for sju timer (kl 09–16) i vekstsesongen (1. april – 1. okt).

Figure 3. 7 hr mean concentrations of ozone (09am–04pm) in the growing season (1st Apr. – 1st Oct.)

## NEDBØR OG KRONEDRYPP

Som i tidligere år er nedbør og kronedrypp samlet inn annenhver uke om vinteren og hver uke om sommeren. Med nedbør menes her frittfallende nedbør innsamlet på ei åpen flate nær skogen, mens kronedrypp er nedbør samlet inn i skogen omtrent 50 cm over bakken. I 2006 ble de ukentlige prøvene slått sammen til en fellesprøve for hver 4 ukers periode. Analysemetodene var for øvrig som i 2005 (Ogner et al. 1999).

Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner er beregnet for noen viktige elementer og forbindelser, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier av  $H^+$ -aktivitet (Tab. 3). Ved konsentrasjoner under analysemetodens deteksjonsgrense, er verdien satt lik halve deteksjonsgrensen. Sulfat fra menneskeskapt utslipp er beregnet ut fra sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint,  $nmSO_4-S$ ) etter formelen:  $nmSO_4-S = SO_4-S - (0,054 * Cl)$ . Beregnet deposisjon (årlige mengder per kvadratmeter, dvs. konsentrasjon ganget med vannmengde) er vist i Tabell 4. Deposisjon består hovedsakelig av våtavsetning fra nedbør, men inneholder også tørravsetning fra gasser og partikler. Trærnes

kroner fanger opp en del av denne tørravsetningen, hvilket bidrar til at deposisjon og konsentrasjoner i kronedrypp under trekronene ofte er høyere enn i nedbør. I tillegg forekommer det prosesser i kronen, for eksempel utvasking fra barnåler, og det bidrar også til forskjell i konsentrasjon og deposisjon mellom nedbør og kronedrypp.

pH i frittfallende nedbør (men ikke i kronedrypp) var generelt litt lavere på flatene sør i landet. Konsentrasjoner av  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$  og antropogent  $SO_4$  var høyest sør i landet i både frittfallende nedbør og i kronedrypp.

Figur 4 viser langtidstrender i deposisjon av ikke-marint  $SO_4^{2-}$  og ( $NO_3^- + NH_4^+$ ) i frittfallende nedbør på fire av feltene (Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn). Årlige fluktuasjoner i deposisjon beror i stor grad på variasjoner i nedbørsmengde, men det finns også langtidstrender. Deposisjon av antropogent sulfat fortsetter å vise en generell svak nedgang, mens deposisjon av uorganiske nitrogenforbindelser holder seg relativt konstant.

Tabell 3. Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (mg/l) i nedbør og kronedrypp i 2006, der mm = nedbørmengde, Led = lednings-  
evne (mS/cm), Tot-N = total N, DOC = løst organisk karbon, nm = ikke marint.

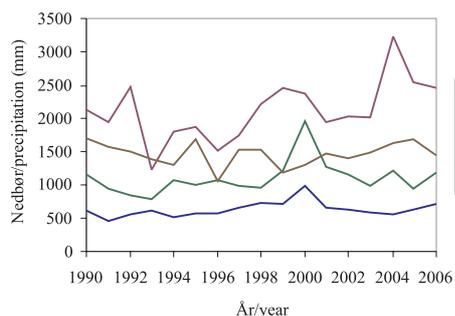
Table 3. Volume-weighted mean concentrations (mg/l) in bulk precipitation and throughfall in 2006, where mm = amount of precipi-  
tation, Led = electrical conductivity (mS/cm), Tot-N = total N, DOC = dissolved organic carbon, nm = non-marine.

Felt	mm	Led	pH	Ca	K	Mg	Na	NH4-N	NO3-N	Tot-N	S04-S	nmS04-S	Cl	DOC
<i>Nedbør/ bulk precipitation</i>														
NE	2453	21	5,0	0,14	0,13	0,26	2,77	0,21	0,21	0,48	0,45	0,17	5,2	0,6
LD	1194	13	4,9	0,08	0,14	0,03	0,42	0,24	0,22	0,55	0,30	0,26	0,8	1,3
VO	1526	9	5,2	0,07	0,06	0,03	0,55	0,08	0,07	0,19	0,14	0,09	1,0	0,6
OS	703	8	5,2	0,07	0,09	0,01	0,17	0,11	0,09	0,27	0,15	0,13	0,3	1,1
KF	1128	11	5,3	0,09	0,06	0,07	0,96	0,11	0,05	0,23	0,18	0,09	1,7	1,1
TU	1455	14	5,3	0,12	0,14	0,17	2,01	0,11	0,06	0,26	0,25	0,06	3,6	2,1
<i>Kronedrypp/ throughfall</i>														
BI	1608	27	5,0	0,34	1,40	0,23	1,72	0,30	0,31	0,78	0,53	0,36	3,3	7,7
NE	1729	67	4,9	0,69	1,58	1,21	10,16	0,33	0,49	1,03	0,87	0,00	18,8	5,5
LD	1011	19	5,1	0,22	1,86	0,09	0,57	0,19	0,15	0,56	0,35	0,27	1,2	8,9
HU	874	17	5,3	0,19	1,29	0,06	0,50	0,32	0,21	0,74	0,32	0,27	1,0	6,5
VO	1340	13	5,3	0,10	0,69	0,06	0,74	0,06	0,05	0,21	0,15	0,07	1,4	3,6
OS	647	11	5,1	0,14	1,03	0,04	0,24	0,08	0,07	0,32	0,16	0,13	0,5	9,2
KF	1067	12	5,5	0,10	0,23	0,07	1,00	0,13	0,04	0,25	0,17	0,07	1,8	2,4
TU	1230	46	4,9	0,61	1,95	0,78	7,41	0,08	0,04	0,27	0,32	0,00	14,0	12,5

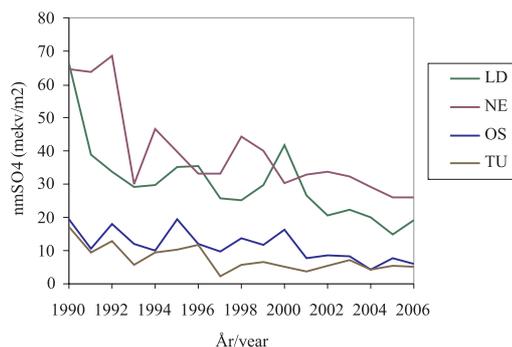
Tabell 4. Deposisjon (mg/m<sup>2</sup>) i 2006. Tot-N = total N, nm = ikke-marint, DOC = løst organisk karbon, M = manglende verdi.

Table 4. Deposition (mg/m<sup>2</sup>) in 2006. Tot-N = total N, nm = non-marine, DOC = dissolved organic carbon, M = missing value.

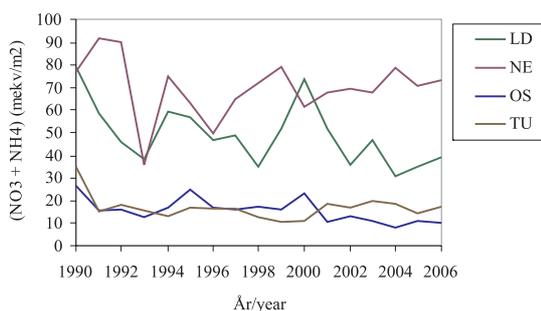
Felt	H	Ca	K	Mg	Na	NH4-N	NO3-N	Tot-N	S04-S	nmS04-S	Cl	DOC
<i>Nedbør/ bulk precipitation</i>												
NE	0,023	343	326	638	6791	515	515	1177	1104	418	12679	1472
LD	0,014	96	165	41	503	287	263	657	358	305	932	1553
VO	0,010	107	95	47	838	122	107	290	214	133	1495	916
OS	0,005	49	63	8	122	77	63	190	106	93	232	774
KF	0,005	102	72	79	1086	124	56	259	203	98	1929	1241
TU	0,007	175	201	244	2927	160	87	378	364	81	5179	3055
<i>Kronedrypp/ throughfall</i>												
BI	0,017	547	2250	365	2766	482	499	1254	852	572	5259	12383
NE	0,021	1193	2728	2087	17565	570	847	1781	1504	0	32413	9508
LD	0,008	222	1883	88	579	192	152	566	354	277	1243	8997
HU	0,005	166	1123	53	438	280	183	646	280	234	856	5678
VO	0,007	134	919	76	996	80	67	281	201	97	1849	4824
OS	0,005	91	666	27	158	52	45	207	104	86	291	5956
KF	0,004	107	246	73	1072	139	43	267	181	77	1889	2562
TU	0,015	750	2403	963	9113	98	49	332	394	0	17235	15378



a. Nedbør/bulk precipitation



b. Ikke-marint/non-marine  $SO_4^{2-}$



c.  $NO_3^- + NH_4^+$

Figur 4. Langtidstrender i nedbørsmengde, ikke-marint  $SO_4^{2-}$  og  $(NO_3^- + NH_4^+)$  i frittfallende nedbør på Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

Figure 4. Long-term trends in bulk precipitation amount and in non-marine  $SO_4^{2-}$  and  $(NO_3^- + NH_4^+)$  in bulk precipitation at Lardal, Nedstrand, Osen and Tustervatn.

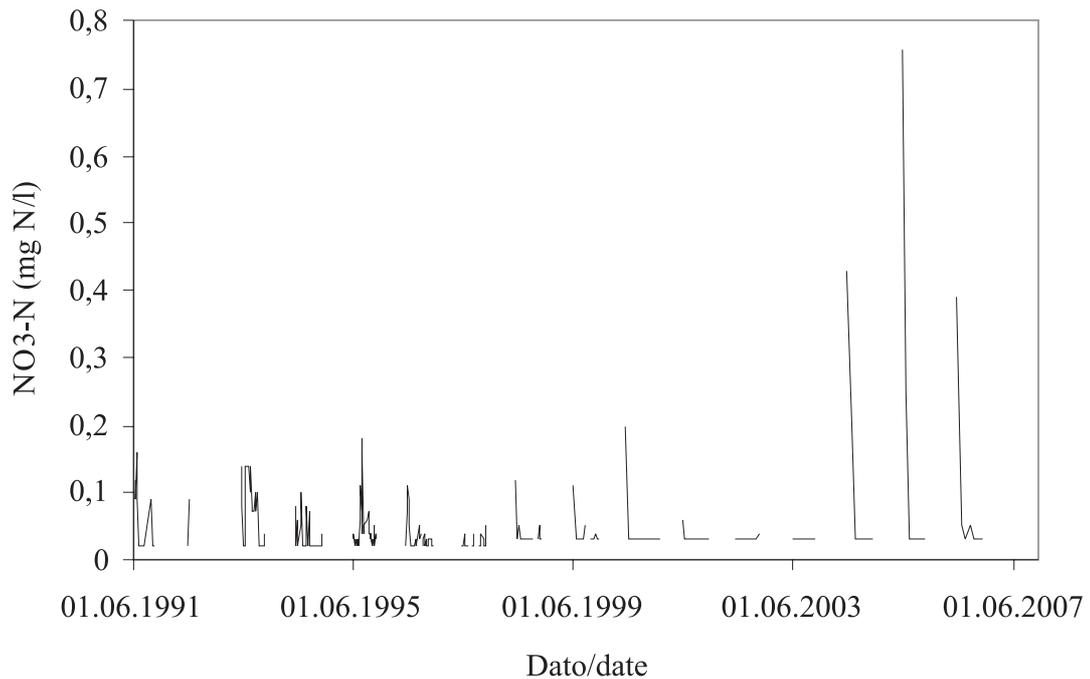
## JORDVANN

Jordvannprøver fra lysimeteranlegg er innsamlet på samme måte som i tidligere år. Lysimetrene er plassert slik at de suger vann fra den nedre grensen av humussjiktet (5 cm jorddybde), og fra både øvre og nedre del av mineraljorda (15 og 40 cm jorddybde). For det meste har feltene sylindereformede tensjonslysimetre (lysimetre med sug) av varemerket Prenart, oftest tre i hvert sjikt. Disse vil sugе vann fra et område både over og under den teoretiske dybden. Overvåkingsflaten på Birkenes har tensjonsplatelysimetre i 15 cm-sjiktet. Platelysimetrene suger vann bare fra området over lysimeteret. I 2006 ble jordvannet samlet inn hver uke i den frostfrie og telefrie delen av året, og slått sammen til en prøve for hver 4 ukers periode. Analysemetodene var for øvrig som i 2005 i h.h.t. Ogner et al. (1999).

Tabell 5 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddeldverdier for  $H^+$ -aktivitet. Der konsentrasjonen har vært under deteksjonsgrensen, er den satt lik halve deteksjonsgrensen. Sjøsaltkorrigerede konsentrasjo-

ner av sulfat-S (ikke marint,  $nmSO_4-S$ ) er beregnet ut fra formelen:  $nmSO_4-S = SO_4-S - (0,054 * Cl)$ .

Som i tidligere år, var pH i jordvann generelt lavere på flatene i Sør-Norge. Antropogent sulfat var høyest sør i landet. Ingen prøve hadde aluminiumkonsentrasjoner over 2,70 mg/l. Over denne grense kan rottilvekst hos små granplanter bli betydelig redusert dersom pH 4,0–5,0 (Godbold et al. 1995). Det kan ikke utelukkes at kortvarige episoder med høyere konsentrasjoner av labil Al kan ha forekommet, da dette er vanskelig å oppdage siden ukentlige prøver blir sammenslått til fireukers perioder ved analysene.



Figur 5. Endringer over tid i nitratkonsentrasjoner ved 40 cm jorddybde på Lardal.

Figure 5. Changes with time in nitrate concentrations at 40 cm soil depth at Lardal.

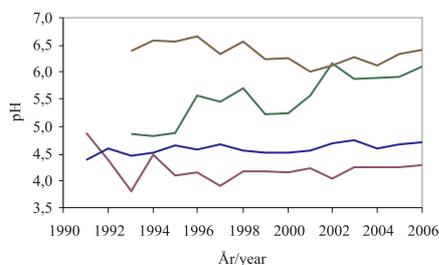
Gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrat i jordvann var nær deteksjonsgrensen på alle flater unntatt Lardal, der gjennomsnittskonsentrasjonen var 0,08 mg N/l ved 40 cm dybde, og Voss, der gjennomsnittskonsentrasjonen var 0,09 mg N/l ved 40 cm dybde. På Lardal var 2006 det tredje året da gjennomsnittskonsentrasjonene av nitrat var uvanlig høye på våren (Fig. 5). Årsaken til disse høye verdier er ukjent, men en begynnende nitratlekkasje fra økosystemet kan ikke utelukkes.

Langtidstrender for pH, Ca, total Al og ikke-marint SO<sub>4</sub>-S i 15 cm dybde er vist på fire av feltene (Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn) (Fig. 6). Det må bemerkes at det har vært noen mindre endringer i lysimeteroppleggene gjennom årene, og dette kan ha påvirket resultatene noe. Generelt fortsetter trendene som vi har sett i tidligere år. pH er ganske stabil, med unntak av Lardal, der den har økt i løpet av de siste tolv årene. Konsentrasjonene av kalsium, aluminium og antropogent sulfat viser ingen store endringer sammenlignet med de siste årene.

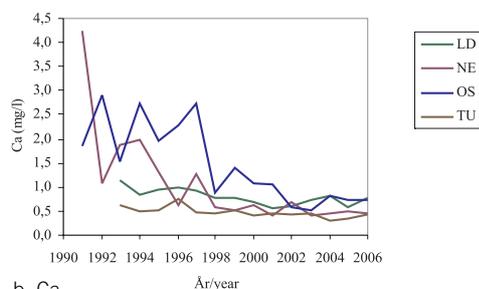
Tabell 5. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) i jordvann i 2006, der Led = ledningsevne (mS/cm), Tot = total, Lab = labil, nm = ikke marint, DOC = løst organisk karbon, \* = platelysimeter, M = manglende verdi.

Table 5. Volume-weighted mean concentrations (mg/l) in soil solutions in 2006, where Led = electrical conductivity (mS/cm), Tot = total, Lab = labile, nm = non-marine, DOC = dissolved organic carbon, \* = plate lysimeters, M = missing value.

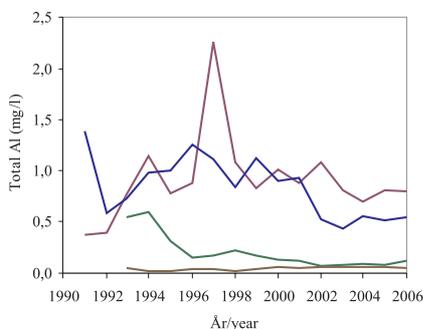
Felt	Sjikt	Led	pH	Tot-Al	Lab-Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH4-N	NO3-N	Tot-N	S04-S	nmS04-S	CI	DOC
BI	15*	28	4,4	0,64	0,26	0,21	0,10	0,03	0,10	0,001	1,77	0,08	0,03	0,31	0,61	0,52	1,7	15,3
BI	40	33	4,7	0,50	0,41	0,19	0,01	0,01	0,21	0,002	3,23	0,06	0,03	0,18	1,57	1,35	3,8	4,5
NE	5	64	4,5	0,97	0,35	0,97	0,18	0,27	0,58	0,007	6,50	0,14	0,03	0,42	0,66	0,00	11,1	13,8
NE	15	79	4,3	0,79	0,51	0,44	0,13	0,53	0,79	0,041	9,82	0,10	0,03	0,49	0,99	0,07	14,8	18,8
NE	40	52	4,9	0,39	0,37	0,14	0,01	0,39	0,54	0,084	8,37	0,06	0,04	0,12	1,91	1,26	12,1	1,5
LD	5	17	5,2	0,37	0,08	0,34	0,18	0,11	0,19	0,019	1,52	0,10	0,03	0,35	0,67	0,55	1,2	6,6
LD	15	18	6,1	0,12	0,05	0,77	0,04	0,04	0,29	0,021	1,81	0,08	0,03	0,26	1,02	0,82	1,3	5,3
LD	40	20	6,4	0,03	0,01	1,06	0,00	0,01	0,31	0,004	1,82	0,04	0,08	0,20	1,25	1,16	1,4	1,7
HU	5	32	4,2	0,67	0,21	0,22	0,12	0,25	0,06	0,027	1,39	0,08	0,04	0,37	0,50	0,47	0,6	28,5
HU	15	12	5,3	0,18	0,13	0,10	0,01	0,12	0,04	0,011	1,22	0,02	0,03	0,08	0,69	0,65	0,7	2,1
HU	40	12	5,3	0,11	0,09	0,15	0,00	0,09	0,05	0,026	1,32	0,02	0,03	0,06	0,88	0,84	0,7	0,8
VO	5	M	5,5	0,07	M	0,06	0,00	0,03	0,04	0,016	0,57	M	0,01	M	0,20	0,17	0,6	M
VO	15	14	5,2	0,16	0,09	0,15	0,00	0,01	0,23	0,108	1,23	0,06	0,03	0,16	0,35	0,25	2,0	4,4
VO	40	13	5,3	0,12	0,07	0,25	0,01	0,02	0,15	0,066	1,17	0,05	0,09	0,16	0,45	0,37	1,6	3,0
OS	5	27	4,5	0,90	0,38	0,94	0,69	0,88	0,28	0,087	0,86	0,06	0,03	0,50	0,20	0,14	1,1	33,2
OS	15	20	4,7	0,55	0,18	0,73	0,54	0,28	0,38	0,014	0,84	0,06	0,03	0,41	0,18	0,15	0,6	25,1
OS	40	11	5,2	0,34	0,19	0,28	0,06	0,59	0,10	0,017	0,60	0,04	0,03	0,19	0,44	0,40	0,4	8,0
KF	5	M	4,9	0,55	M	0,46	0,25	1,15	0,22	0,020	1,97	M	0,03	M	0,17	0,02	2,5	M
KF	15	16	5,5	0,48	0,26	0,14	0,09	0,09	0,18	0,000	2,03	0,05	0,03	0,20	0,20	0,07	2,1	7,9
KF	40	20	5,2	0,76	0,36	0,12	0,16	0,07	0,20	0,000	2,29	0,04	0,03	0,29	0,14	0,00	2,6	14,2
TU	5	16	6,2	0,21	0,07	0,26	0,03	0,26	0,18	0,001	2,16	0,07	0,03	0,24	0,40	0,31	1,7	5,4
TU	15	26	6,4	0,05	0,02	0,42	0,00	0,32	0,36	0,001	3,59	0,05	0,03	0,11	0,69	0,44	4,5	1,9
TU	40	35	6,2	0,01	0,00	0,45	0,00	0,56	0,55	0,002	4,40	0,04	0,03	0,07	0,77	0,38	7,2	0,9



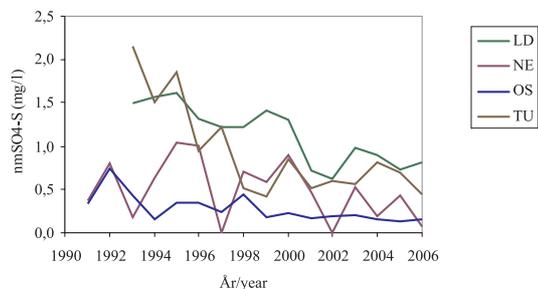
a. pH



b. Ca



c. Total Al



d. Ikke-marint/non-marine SO<sub>4</sub>-S

Figur 6. Langtidstrender i pH, Ca, total Al og ikke-marint SO<sub>4</sub>-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet på Lardal, Nedstrand, Osen og Tustervatn.

Figure 6. Long-term trends in pH, Ca, total Al and non-marine SO<sub>4</sub>-S in soil water from 15 cm depth at Lardal, Nedstrand, Osen and Tustervatn.

## VEGETASJON

I 2006 ble det foretatt registreringer av frekvens (rute 1–10) og dekning (rute 1–70) av enkeltarter på flaten Langtjern. Denne flaten ble også undersøkt i 1995 (60 ruter) og i 2000 (70 ruter) (Solberg et al. 2001). Vegetasjonen på de intensive overvåkingsflatene er blitt fulgt siden etableringen i 1986 (OPS 1989), og de første registreringene ble gjort i løpet av 1986–89. Det ble utlagt 10 ruter á 1 x 1 m langs ytterkanten av hver overvåkingsflate. Disse registreringene er utført som frekvensanalyser ved at ei ramme inndelt i 25 småruter ble lagt over ruta på 1 m<sup>2</sup> (OPS 1989), og deretter ble antall småruter med forekomster av hver plantart talt opp. Ved andre gangs registrering i 1991–93 ble antall ruter á 1m<sup>2</sup> utvidet til 50 pr flate (Solberg et al. 1999). Utvidingen skjedde primært i ei 5 m randsone, men med visse tilpasninger til terrengforhold. Det store antallet ruter antas å dekke variasjonen i felt- og bunnvegetasjonen på flatene. Vegetasjonen registreres ved å anslå den enkelte arts dekningsgrad i prosent.

Tabell 6 viser dekningsprosenten etter registreringene i 1995, 2000 og 2006. Innholdet er litt forenklet, da gjennomsnittlig dekningsprosent pr art er utreknet på grunnlag av gjennomsnittlig dekning på rutene og inkluderer dermed også ruter der arten ikke fins. I tresjiktet har det vært små eller ingen endringer på disse åra. At furu har kommet til, skyldes utvidingen fra 50 til 60 ruter i 1995 og til 70 i 2000. De fleste gras og urter har en lav dekningsprosent, og følgelig har det ikke vært en entydig endring i dekningsprosenten av disse. Smyle (*Avenella flexuosa*) som på Langtjern er den viktigste grasarten, har økt dekningsprosenten siden 1995, mens det var en tilbakegang i dekningen fra 2000 til 2006. Endringene var ikke signifikante. Blant lyngplantene ble dekningsprosenten av blåbær (*Vaccinium myrtillus*) mer enn halvert fra 1995 til 2000, fra 54,6 til 20,6 % for så å øke til 41,1 % i 2006. Alle endringene av blåbær var signifikante ( $p < 0,0001$ ).

Vi ser at skjeggmoser (*Barbilophozia* spp.) hadde en svak tilbakegang etter 2000, mens det for hele 11-årsperioden fra 1995 til 2006 var det en betydelig og signifikant økning. Samlet sett var det en liten nedgang for sigdmosen (*Dicranum* spp.) i 2006, men forskjellene mellom de tre registreringsårene var ikke signifikante. Dekningen av etasjemose (*Hylocomium splendens*), 26,19 %, var omtrent lik med resultatet fra 2000, men fortsatt signifikant større enn i 1995. Også furumose (*Pleurozium*

*schreberi*) har hatt samme utvikling som etasjemose, og dekningsprosenten ligger fortsatt signifikant over 1995. Fjørnrose (*Ptilium crista-castrensis*) er nå, 4,2 %, stabilt høyere enn i 1995. Det er ikke signifikant høyere pga stor variasjon. Torvmose (*Sphagnum* spp.) har økt til knapt 6 %, men ligger ennå noe under 1995 resultatet. Artsinventaret på flaten er stabil. Av lett gjenkjennelige arter er bare blokkebær (*Vaccinium uliginosum*) ny siden 1995, sjøl om den er veletablert utenfor flata og følgelig hører til i økosystemet.

Tabell 7 viser frekvensregistreringen som er gjort på 10 ruter i 1988, 2000 og 2006. Frekvensdata ble ikke registrert i 1995. Forekomsten av artene er her omregnet til prosent og tabellen viser gjennomsnittsverdier. Blåbær forekom i alle småruter i 2006 og var en framgang fra 92 % i 2000. Også tyttebær økte, fra 74,8 til 83,2 %, mens smyle var omtrent likt med registreringen i 2000. Skjeggmose var registrert i alle rutene i 1988 (100 %), mens i 2000 og 2006 var frekvensen 50 og 51 %. Ingen andre av de større mosene viste tilsvarende tilbakegang i frekvensen. Både etasjemose, furumose og fjørnrose har vist frekvensframgang, mens sigdmose har gått tilbake fra 100 % i 2000 til 86,8 i 2006. Bakkefrynse (*Ptilidium ciliare*) er derimot en art i spredning, i 2000 var frekvensen 9,6 % mens den var økt til 23,6 % i 2006.

Den store forskjellen i prosentdekning av blåbær mellom 2000 og 1995 og 2006 registreringene skyldes sannsynligvis store angrep av soppen *Valdensinia* i 2000. At dekningen var noe lavere i 2006 enn i 1995, kan skyldes at angrepene i 2000 førte til en viss avdøing av blåbærlyng og at det har tatt tid å regenerere dette. Ser en på dekningen av både moser og blåbær i disse tre åra, synes det ikke som om lavere prosentdekning av blåbær har hatt noen entydig effekt på prosentdekningen av moser. Det samme gjelder for frekvensbestemmelsene.

Tabell 6. % dekning av de vanligste artene på Langtjern (registrert 12.–13. juni i disse åra). Juv(venil) betyr her en ung treplante, at den her når felt- og busksjiktet. Sp eller spp betyr en eller flere arter bestemt til slekt.

Table 6. % cover of the most common species at Langtjern (registered all years 12–13th of June). Juv=Juvenile tree in the ground layer. Frø=Juvenile tree germinated present or previous year. Sp=species.

2006. Langtjern. Prosentdekning		1995	2000	2006
Gråor, busk	<i>Alnus incana juv</i>	0.07	0.14	0.19
Dunbjørk	<i>Betula pubescens</i>	0.58	0.71	0.93
Dunbjørk, felt og busksjikt	<i>Betula pubescens juv</i>	0	0.23	0.01
Gran	<i>Picea abies</i>	20.70	23.30	19.10
Gran, felt og busksj.	<i>Picea abies juv</i>	0.05	1.28	1.84
Furu	<i>Pinus sylvestris</i>	4.67	4.47	3.97
Furu, felt og busksj.	<i>Pinus sylvestris juv</i>	0	0	0.02
Osp, felt og busksj.	<i>Populus tremula juv</i>	0.08	0.06	0.14
Rogn, felt og busksj.	<i>Sorbus aucuparia juv</i>	0.45	0.40	0.58
Einer, busksj.	<i>Juniperus communis juv</i>	0.02	0.06	0.06
Røsslyng	<i>Calluna vulgaris</i>	0.12	0.07	0.06
Krekling	<i>Empetrum nigrum</i>	0.15	0.13	0.19
Blåbær	<i>Vaccinium myrtillus</i>	54.60	20.56	41.14
Blokkebær	<i>Vaccinium uliginosum</i>	0	0	0.04
Tyttebær	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	4.68	17.70	20.11
Skogrørkvein	<i>Calamagrostis phragmitoides</i>	0.15	0.13	0.07
Smyle	<i>Avenella flexuosa</i>	2.23	3.97	3.44
Fugletelg	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	0.35	0.37	0.33
Linnea	<i>Linnea borealis</i>	0.17	0.23	0.34
Småttveblad	<i>Listera cordata</i>	0.03	0.01	0.01
Stri kråkefot	<i>Lycopodium annotinum</i>	0.03	0.04	0.07
Maiblom	<i>Maianthemum bifolium</i>	0.15	0.13	0.11
Marimjelle	<i>Melampyrum spp</i>	0.50	0.60	0.70
Nikkevintergrønn	<i>Orthilia secunda</i>	0.03	0.29	0.29
Hengeving	<i>Phegopteris connectilis</i>	0.12	0.23	0.23
Tepperot	<i>Potentilla erecta</i>	0.13	0.07	0.10
Gullris	<i>Solidago virgaurea</i>	0.17	0.13	0.17
Skogstjerne	<i>Trientalis europaea</i>	0.15	0.14	0.14
Skjeggmose	<i>Barbilophozia spp</i>	1.50	3.10	2.85
Lundmose	<i>Brachythecium sp</i>	0.02	0.06	0.06
Stubbeblonde	<i>Chiloschyphus profundus</i>	0.08	0.04	0.04
Sigdmoser	<i>Dicranum spp.</i>	9.78	12.94	11.63
Etasjemose	<i>Hylocomium splendens</i>	12.70	26.53	26.19
Flikmose	<i>Lophozia spp.</i>	0	0.23	0.14
Furumose	<i>Pleurozium schreberi</i>	12.02	23.89	21.07
Bjørnemose	<i>Polytrichum commune</i>	0.07	0.07	0.09
Bakkefrynse	<i>Ptilidium ciliare</i>	0.25	0.59	0.86
Fjørmose	<i>Ptilium crista-castrensis</i>	2.52	3.89	4.16
Kystkransmose	<i>Rhytidiadelphus loreus</i>	0.12	0.16	0.10
Furutorvmose	<i>Sphagnum capillifolium</i>	0.03	2.93	3.30
Grantorvmose	<i>Sphagnum girgensohnii</i>	6.87	2.89	2.66
Islandslav	<i>Cetraria islandica</i>	0.05	0.10	0.10
Reinlaver	<i>Cladonia spp.*</i>	1.03	1.17	1.09
Gaffellav	<i>Cladonia furcata</i>	0.22	0.51	0.59
Begerlav	<i>Cladonia spp.**</i>	0.04	0.14	0.16

\* *C. arbuscula*, *C. rangiferina*. \*\* *C. cornuta*, *C. Chlorophaea*, *C. squamosa*, *C. fimbriata* etc.

Tabell 7. Gjennomsnitt frekvens i % for 10 ruter på flaten Langtjern. Antall arter i tabellen er noe redusert i forhold til registreringene – se tekst.

Table 7. Mean frequency in % for 10 small plots at Langtjern. Number of species is reduced.

		Frekvensprosent		
Art	Art	1988	2000	2006
Gran, felt- og busksjikt	<i>Picea abies juv</i>	0	8,4	2
Rogn, frøplante	<i>Sorbus aucuparia juv</i>	0	0	0,8
Einer	<i>Juniperus communis</i>	0	0,4	2,4
Røsslyng	<i>Calluna vulgaris</i>	2	0,4	0,8
Blåbær	<i>Vaccinium myrtillus</i>	100	92	100
Tyttebær	<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	56,8	74,8	83,2
Smyle	<i>Avenella flexuosa</i>	11,6	15,6	15,2
Stormarimjelle	<i>Melampyrum pratense</i>	0,8	7,2	8,4
Skjeggmose	<i>Barbilophozia lycopodioides</i>	100	50	50,8
Sigdmoser	<i>Dicranum spp</i>	74	100	86,8
Etasjemose	<i>Hylocomium splendens</i>	53,6	76	80,8
Furumose	<i>Pleurozium schreberi</i>	78,4	85,6	92,8
Bakkefrynse	<i>Ptilidium ciliare</i>	0	9,6	23,6
Fjørnrose	<i>Ptilium crista-castrensis</i>	27,2	29,2	36
Islandslav	<i>Cetraria islandica</i>	0	2,8	0
Kvit reinlav	<i>Cladonia arbuscula</i>	0	1,6	2
Gaffellav	<i>Cladonia furcata</i>	4	6	9,2

## TRÆRNES VITALITET

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av det enkelte treets vitalitet målt i form av kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde samt en del andre variabler. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0–99 %) av en antatt fulltett krone, der det er tatt hensyn til treets potensiale på voksestedet og dets sosiale status. Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær (sidetrykking og pisking), naturlig utskygging eller blomstring regnes ikke som kroneutglisning. For å bestemme kronefarge, fastslås andelen misfarget bar (og til dels intensiteten av misfargingen) og registreres som en verdi på

en skala fra 1 til 4 (normal grønn: 0–10 % gule nåler, svak gul: 11–25 %, middels gul: 26–60 %, sterk gul: >60 %). Hos gran vurderes kronas øvre halvdel, hos furu kronas øvre 2/3-del. Kronegrensa er definert som den nederste grønne greina som ikke er atskilt fra resten av krona med mer enn én død greinkrans. Treet vurderes fra flere sider der dette er mulig. Kronebedømmelse utføres ikke på trær som er undertrykte, har toppbrekk eller andre betydelige mekaniske skader. Bedømmelsen gjennomføres med kikkert av minst to observatører, uavhengig av tidligere års registreringer. Feltarbeidet i 2006 ble utført mellom 8. og 22. september.

Tabell 8. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på flatene i 2006 (endringer fra 2005 i parentes). Gjennomsnittstall for granflatene. Antall bedømte trær pr. flate (totalantallet i parentes).

Table 8. Crown density (%) and crown colour (% normal green trees) for main tree species in 2006 and changes from 2005 in parenthesis. Gj.snitt=Mean of the Norway spruce plots. Bedømt=No. of trees monitored.

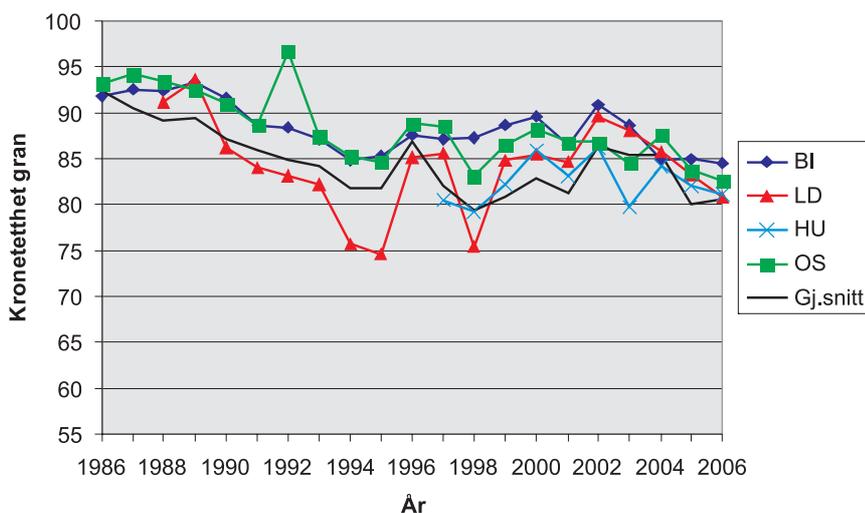
Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge	Trær bedømt (totalt)
BI	Gran	84,5 (-1,1)	96 (-2)	49 (169)
NE	Gran	84,4 (1,3)	98 (-2)	50 (139)
LD	Gran	80,9 (-2,5)	85 (-5)	59 (122)
HU	Gran	81,1 (-0,9)	94 (3)	69 (94)
VO	Gran	77,8 (5,4)	77 (-13)	65 (146)
OS	Gran	82,6 (-1,2)	92 (-6)	116 (332)
TU	Gran	73,6 (3,4)	83 (-17)	64 (141)
OS	Furu	85,0 (-1,7)	85 (-13)	66 (79)
KF	Furu	80,1 (0,5)	79 (-21)	63 (127)
Gj.snitt	Gran	80,7 (0,4)	89 (-6)	68 (163)
Totalt	Gran+furu			603 (1349)

## Kronetetthet

### Gran:

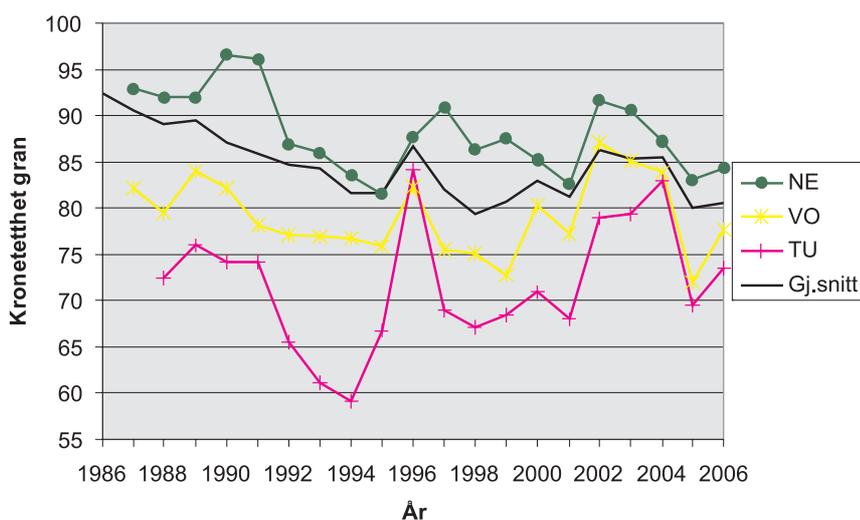
Det var gjennomsnittlig små endringer i kronetetthet for gran på de intensive overvåkingsflatene fra 2005 til 2006 (Tab. 8). De sørøstlige flatene (BI, LD, HU, OS) hadde en liten nedgang i kronetetthet (Fig. 7), mens de vestlige og nordlige (NE, VO, TU) hadde en oppgang i 2006 (Fig. 8). Det var fortsatt flata i Birkenes som hadde høyest kronetetthet (84,5 %), sammen med Nedstrand (84,4 %), mens Tustervatn hadde lavest (73,6 %), som i tidligere år. Forskjellene mellom flatene minket i 2006, men det var fortsatt mer enn 10 % som skilte flata med

høyest kronetetthet fra den med lavest. Alle flatene hadde kronetetthet under 85 %, og gjennomsnittet for alle granflatene lå i 2006 på 80,7 % (Tab. 8). Dette er lavere enn gjennomsnittet for gran på de regionale overvåkingsflatene i 2006 (83,4 %, Timmermann 2007) og på de landsrepresentative flatene (83,3 %, Hysten & Larsson 2007). Grantrærne på de intensivt overvåkede flatene i Norge hadde i 2006 omtrent samme kronetetthet som grantrærne i ICP Forests' europeiske Level I-nettverk (79,8 % i 2005, UNECE 2006; data for 2006 ikke tilgjengelig før i slutten av 2007).



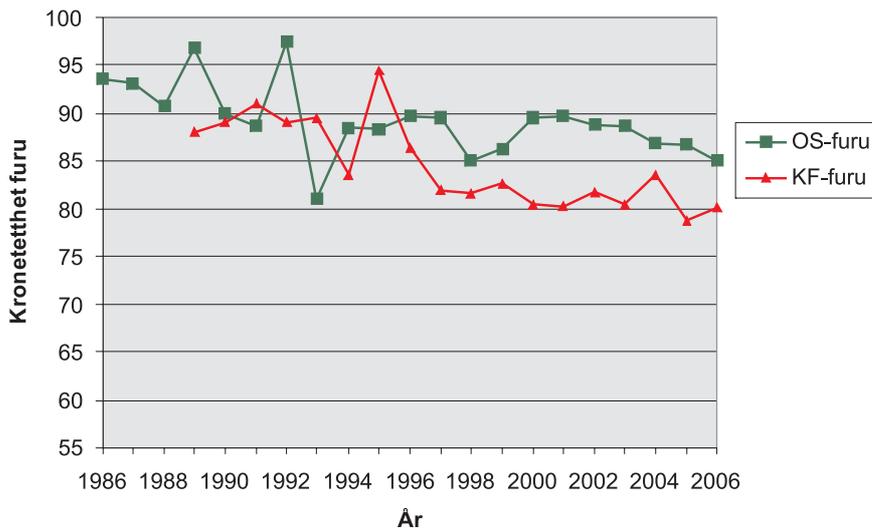
Figur 7. Utvikling av kronetetthet (%) på granflatene i Birkenes, Lardal, Hurdal og Osen. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

Figure 7. Crown density at the Norway spruce plots Birkenes, Lardal, Hurdal and Osen. Gj.snitt=Mean



Figur 8. Utvikling av kronetetthet (%) på granflatene i Nedstrand, Voss og Tustervatn. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

Figure 8. Crown density at the Norway spruce plots Nedstrand, Voss and Tustervatn. Gj.snitt=Mean



Figur 9. Utvikling av kronetthet (%) på furuflatene i Osen og Kårvatn.

Figure 9. Crown density at the Scots pine plots at Osen and Kårvatn.

De sørøstlige flatene (BI, LD, HU, OS) samt flata i Nedstrand har i nesten hele overvåkingsperioden ligget over eller rundt gjennomsnittet (med unntak av LD på deler av 1990-tallet), mens Voss og Tustervatn i hele perioden har ligget under gjennomsnittet (Fig. 7 og 8).

#### Furu:

Det var ingen store forandringer i kronetthet for furu på flatene i Osen og Kårvatn i 2006 sammenlignet med året før. Kronetthet blant furutrærne på Osen-flata i 2006 var 85 %, mens den i Kårvatn var 80,1 % (Tab. 8). Kronetthet på de to furuflatene har vært relativt stabil de siste ti årene (Fig. 9). Blant furutrærne på Osen-flata har den holdt seg mellom 85 og 90 %, og i Kårvatn rundt 80 %. Til tross for dette var kronetthetsverdiene fra 2006 på begge flatene de nest laveste fra hele overvåkingsperioden. Tettheten i Kårvatn var på det laveste i 2005 (78,7 %), mens den blant furutrærne på Osen-flata hadde sitt minimum i 1993 med 81 %.

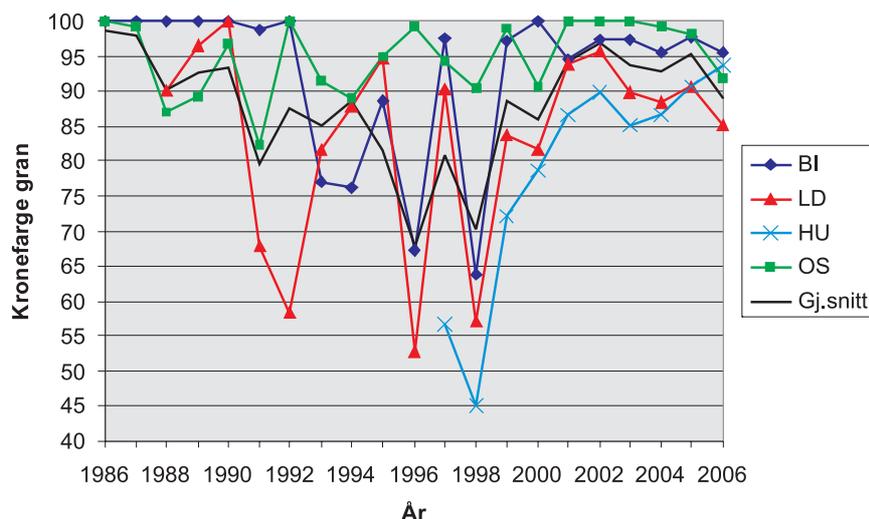
## Kronefarge

### Gran:

Fra 2005 til 2006 var det en nedgang i andelen normalt grønne grantrær på alle flater, med unntak av Hurdal (Tab. 8). Økningen i misfargingen var størst i Tustervatn og Voss med hhv. 17 og 13 %. Gjennomsnittsverdien fra 2006 for alle granflatene (89 %) er den laveste som er registrert siden 2000. Likevel var gjennomsnittlig ni av ti grantrær normalt grønne på de intensive overvåkingsflatene i

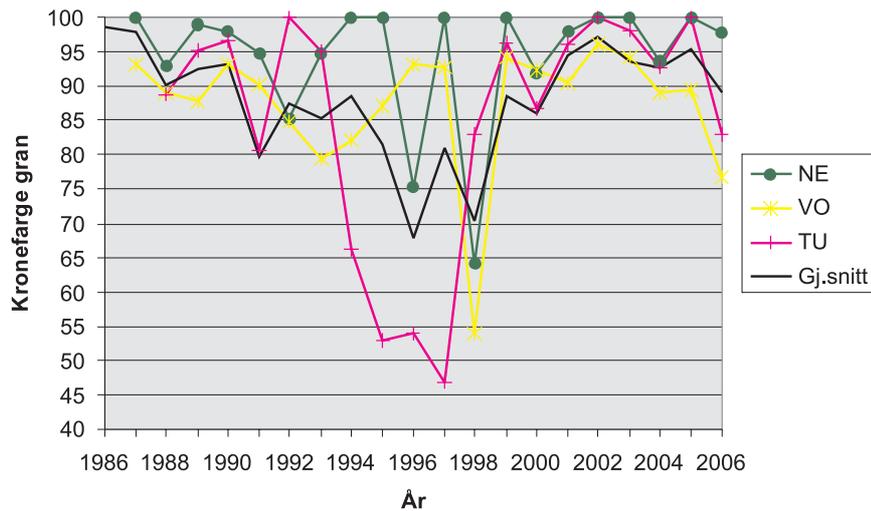
2006. Fra 2000 til 2005 har andelen normalt grønne grantrær vært stabil på over 90 %, mens 1990-tallet var preget av store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging (Fig. 10 og 11).

Trenden for utvikling av kronefarge på de intensive flatene i 2006 var motsatt av trenden på de regionale overvåkingsflatene. Resultatene viste at 92 % av grantrærne på det regionale flatesettet var normalt grønne i 2006 etter en forbedring av kronefarge fra 2005 (Timmermann 2007). Også på de landsrepresentative flatene var det en økning i



Figur 10. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på granflatene i Birkenes, Lardal, Hurdal og Osen. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

Figure 10. Crown colour at the Norway spruce plots Birkenes, Lardal, Hurdal and Osen. Gj.snitt=Mean



Figur 11. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på granflatene i Nedstrand, Voss og Tustervatn. Gj.snitt: Gjennomsnitt for alle granflatene.

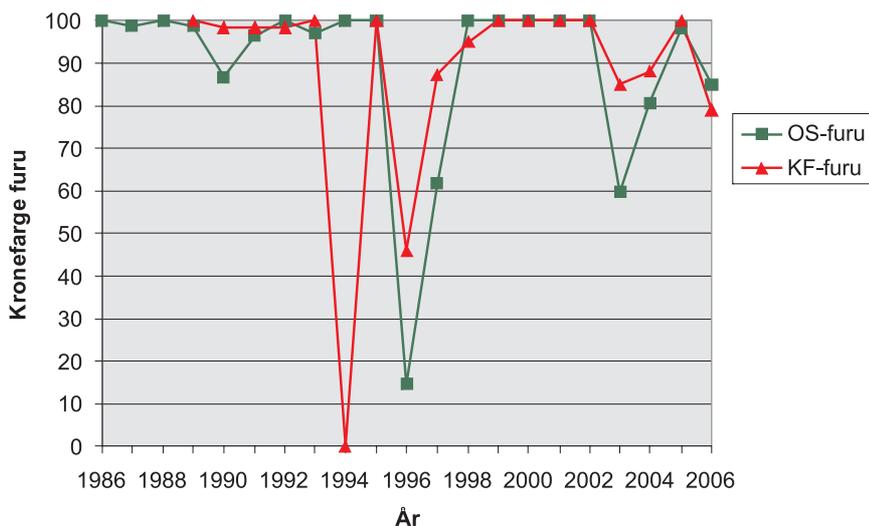
Figure 11. Crown colour at the Norway spruce plots Nedstrand, Voss and Tustervatn. Gj.snitt=Mean

andelen normalt grønne grantrær i samme tidsperiode, selv om andelen grantrær uten misfarging er langt lavere her med 84 % (Hysten & Larsson 2007).

Furu:

Andelen normalt grønne furutrær gikk kraftig ned både i Osen og Kårvatn i 2006 (hhv. 13 og 21 %, Tab. 8). Året før var det nesten ingen misfarging på furutrærne på disse flatene. Det har vært store svingninger i kronefarge gjennom overvåkingsperi-

oden, særlig på midten av 1990-tallet (Fig. 12). Andelen normalt grønne furutrær har i disse årene svingt mellom 0 det ene og 100 % det neste året. Sannsynligvis skyldes disse ekstreme svingningene skifte i observatørstaben og ulike tolkninger av hvorvidt den naturlige høstgulningen hos furu skal regnes som misfarging eller ikke. I de aller fleste årene av overvåkingsperioden har andelen normalt grønne furutrær likevel ligget på eller nær 100 %.



Figur 12. Utvikling av kronefarge (%-andel grønne trær) på furuflatene i Osen og Kårvatn.

Figure 12. Crown colour at the Scots pine plots Osen and Kårvatn. Gj.snitt=Mean

## DISKUSJON

I Norge har innholdet av kjemiske elementer i kronedrypp og jordvann bare i liten grad endret seg etter år 2000. Betraktes hele perioden i de 20 årene skogtilstanden er overvåket, viser langtidstrenden at tilførselene av langtransporterte svovel- og syreforbindelser til Norge har avtatt betydelig. Deposisjon av nitrogen viser relativt små endringer, med unntak av NO<sub>2</sub> som har avtatt en god del de siste årene. Et annet tydelig unntak er på observasjonsflaten i Lardal der konsentrasjonen av nitrat om våren var mye høyere enn normalt. Nitrogendeposisjon har trolig ført til økt tilvekst i Norge (Solberg et al 2004). Eksperimentelle forsøk viser tilvekstreduksjon hos skogtrær ved kunstig vanning med høye sulfatkonsentrasjoner (Abrahamsen et al 1994), mens tilvekstreduksjon grunnet sulfatdeposisjon ikke er statistisk bekreftet i Norge (Solberg et al 2004). Virkningen av nitrogen- (positiv) og sulfatdeposisjon (negativ) på trærs tilvekst ser ut til å motvirke hverandre, slik at en reell negativ effekt av sulfatdeposisjon på tilvekst ikke kan utelukkes. Ozoneksponeringer viser ingen tydelig trend, men de årlige variasjonene er sannsynligvis i stor grad påvirket av meteorologiske forhold. Det var likevel betydelige overskridelser av grenseverdien for ozoneksponering av vegetasjon i 2006. Selv om vi registrerer betydelige årlige variasjoner, synes det som om skogøkosystemet i hovedsak tåler ozoneksponeringen i Norge. De registrerte endringene i luften i Norge samsvarer med utslippsendringer i Europa. I Norge har vi observert noen av de høyeste konsentrasjoner og mengder av langtransporterte luftforurensninger (svovel, nitrogen, ozon) og laveste pH i nedbør i de sørvestligste delene av landet. Det må imidlertid bemerkes at de høyeste verdier av svovelskonsentrasjonene i luft i Norge er målt i Sør-Varanger i Øst-Finnmark, og disse skyldes utslipp fra russisk smelteverksindustri i nærheten (Andreassen et al. 2004). Mange steder i Europa er det dokumentert skogskader som skyldes luftforurensninger, og i noen områder med økt industri har atmosfæriske luftforurensninger økt de siste årene (UNECE/EC 2003a & b). Dokumenterte skogskader

som skyldes langtransporterte luftforurensninger i gassform har vi ikke kunnet påvise i Norge, med unntak av skader i Sør-Varanger. Dette kommer trolig av at vi ligger i ytterkanten av skadegradienten. Det er heller ikke påvist skadelige effekter på trær grunnet økt jordforsuring som følge av nedfall fra luftforurensningen. Siden konsentrasjonene av mulige toksiske Al-forbindelser er lave, særlig i humussjiktet hvor det er mest finrøtter, er risikoen for aluminiumsforgiftning av skog i Norge fortsatt lav (Eldhuset 1988, De Wit 2000).

Kronetetthet for gran gikk ned på de sør-østligste flatene i Norge, mens de vestlige og nordlige viser en oppgang fra 2005 til 2006. Andelen grønne grantrær gikk ned på alle flater unntatt i Hurdal. På de regionale flatene og på de landsrepresentative Level 1 flatene ble det også observert nedgang i kronetetthet sør og øst i landet. Tilbakegangen i kronetilstand på Østlandet kan skyldes meteorologiske forhold eller biotiske skadegjørere som f.eks. granrust og trenger ikke vise samme type negative trend som det vi observert på 1980-tallet. En av årsakene til den dårlige kronetilstanden som ble observert på 80- og 90-tallet kan ha vært tørkestress, da forskning peker på at tilveksten ble tydelig redusert etter perioder med tørke på Sør-Østlandet (Andreassen et al. 2006). Langtransporterte forurensninger kan også virke inn og forstyrre bildet.

Ved Langtjern har det siden registreringene startet i 1988 vært en betydelig økning for grasarten smyle. Smyle er den viktigste grasarten på Langtjern, og dekningen av denne arten varierer ofte i takt med mengde nitrogennedfall, og er følgelig en viktig indikatorart. På andre felter på Østlandet har det også vært observert en økning for denne grasarten siden observasjonene startet på slutten av 1980-tallet. Dekningen av blåbær, som er en viktig lyngart og indikatorart, ble mer enn halvert fra 1995 til 2000, men har i 2006 delvis tatt seg opp igjen. Av viktige moser, er frekvensen av skjeggmose halvert fra slutten av 1980-tallet og frem til etter år 2000 på Langtjern.

# LITTERATUR

- Abrahamsen, G., Stuanes, A.O., Tveite, B. 1994. Long-term experiments with acid rain in Norwegian forest ecosystems. *Ecological Studies* 104. Springer-Verlag. New York.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Timmermann, V., Aas, W. 2004. Intensiv skogovervåking i 2003. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2003. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*. Aktuelt fra skogforskningen 6/2004: 1–23.
- Andreassen, K., Solberg, S., Tveito, O.E. and Lystad, S.L. 2006: Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. *Forest Ecology and Management* 222: 211–221.
- De Wit, H.A. 2000. Solubility controls and phyto-toxicity of aluminium in a mature Norway spruce forest. Doctoral Thesis 2000: 14. Agricultural University of Norway, Aas, Norway.
- EC (European Commission) 1996. European programme for the intensive monitoring of forest ecosystems. Protection of forests against atmospheric pollution. Regulation (EC) 3528/86 and its amendments. 40 pp. + annexes.
- ECE (1996) Manual on methodologies and criteria for mapping critical levels/loads and geographical areas where they are exceeded. Geneva, Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
- Eldhuset, T.D. 1988. Virkninger av aluminium på høyere planter ved lav pH: En litteraturoversikt. *Medd. Norsk Inst. Skogforsk.* 40(8): 1–19.
- EMEP (2006) Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status Report 1/2006.
- EU (2002) Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 in relation to ozone in ambient air. *Official Journal of the European Communities*, L 067, 09/03/2002, 14–30.
- Godbold, D.L., Jentschke, G., & Marschner, P. 1995. Solution pH modifies the response of Norway spruce seedlings to aluminium. *Plant Soil* 171: 175–178.
- Hornthvedt, R., Aamlid, D., Rørå, A. & Joranger, E. 1992. Monitoring programme for forest damage. An overview of the Norwegian programme. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 6: 1–17.
- Hylen, G. & Larsson, J. Y. 2007. Helsetilstanden i norske skoger: Resultater fra landsrepresentativ overvåking 1989–2006. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 09/2007.
- Hylen, G., Larsson, J. Y. 2007. Helsetilstanden i norske skoger: Resultater fra landsrepresentativ overvåking 1989–2006. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 09/2007.
- Lorenz, M. 1995. International co-operative programme on assessment and monitoring of air pollution effects on forests – ICP forests. *Water Air and Soil Pollution* 85(3): 1221–1226.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.A., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Norwegian Forest Research Institute. Chemical Laboratories, Ås. ISBN 82–7169–917–2. 23 pp.
- OPS 1989 Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 1988. Norsk Institutt for Skogforskning. Ås, Norway. 52 pp.
- Schütt, P. & Cowling, E.B. 1985. Waldsterben, a general decline of forests in Central Europe: Symptoms, development and possible causes. *Plant Disease* 69: 548–558.
- Solberg, S., Andreassen, K., Clarke, N., Tørseth, K., Tveito, O.E., Strand, G.H. & Tomter, S. 2004. The possible influence of nitrogen and acid deposition on forest growth in Norway. *Forest Ecology and Management* 192: 241–249
- Solberg, S., Breivik, K., Clarke, N., Groeggen, T., Røsberg, I., Tørseth, K., Aamlid, D., Aas, W. 1999. Intensiv skogovervåkingsflater. Resultater fra 1998. Aktuelt fra skogforskningen 5/99: 1–24.
- Solberg, S., Clarke, N., Røsberg, I., Aamlid, D., Aas, W. 2001. Intensiv skogovervåkingsflater. Resultater fra 2000. Aktuelt fra skogforskningen 8/2001: 1–21.
- Timmermann, V. 2007. Vitalitetsregistreringer på de regionale skogovervåkingsflater. Resultater 2006. *Forskning fra Skog og landskap* 01/2007: 1–20.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2006. *Forest Condition in Europe. – 2006 Technical Report of ICP Forests*. Institute for World Forestry, Hamburg. 113 s. + annekser.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission) 2003a. *Forest Condition in Europe. – 2003 Technical Report*, Geneva, Brussels. ISSN 1020–3729. 116 pp. + annekser.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe – European Commission) 2003b. *The Condition of Forests in Europe. – 2003 Executive Report*, Geneva, Brussels. ISSN 1020–587X. 39 pp. + annekser



