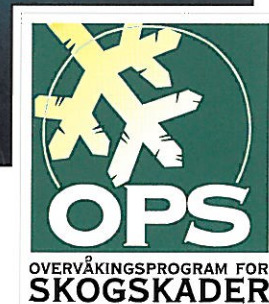
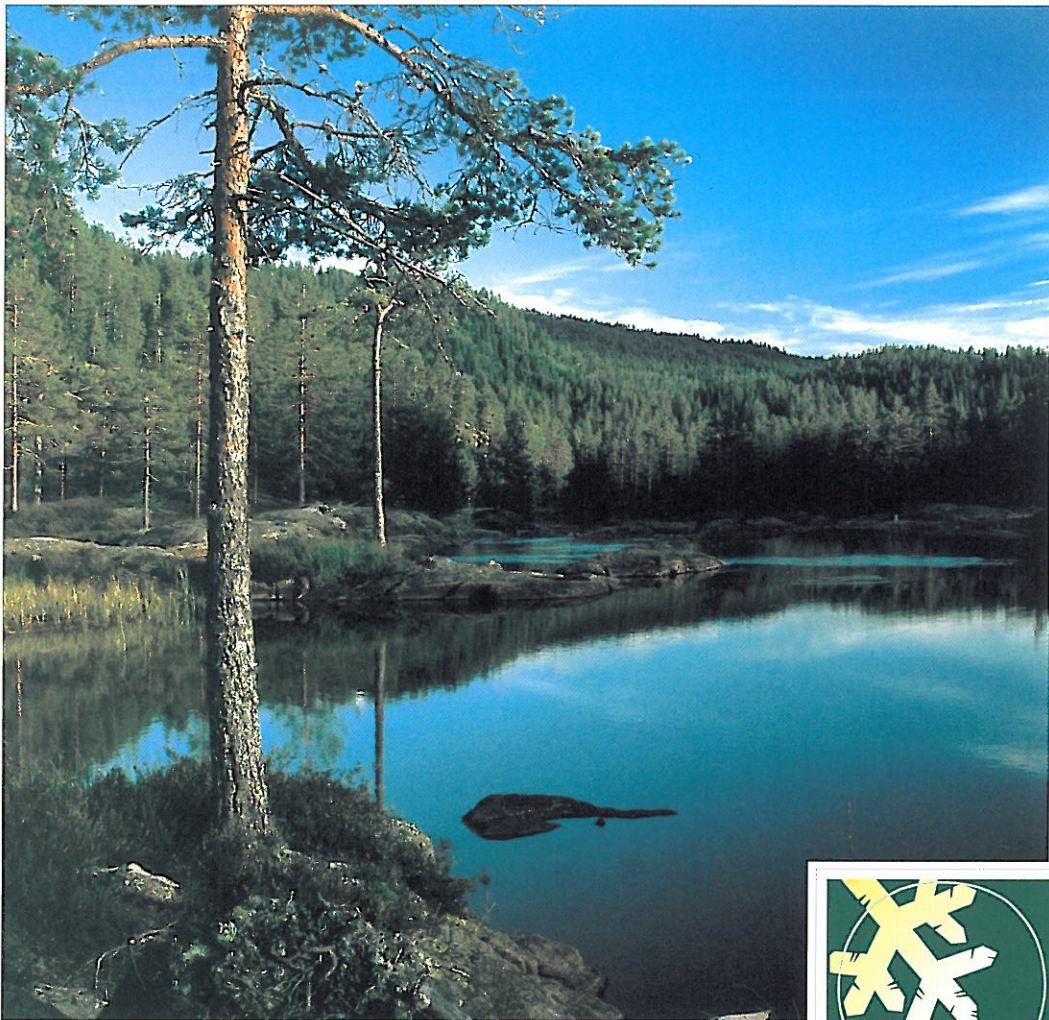


## Skogskader og skogovervåking i Norge

*Årsrapport for Overvåkingsprogram for skogskader 2000*



Dan Aamlid, Svein Solberg, Gro Hysten og Kjetil Tørseth

## Rapport fra skogforskningen

- ✓ Rapport fra skogforskningen inneholder førstegangs publiserte artikler beregnet på norske og nordiske lesere
- ✓ Tabell- og figurtekster skrives på norsk
- ✓ Sammen drag skrives på norsk
- ✓ Engelske manuskripter eller omfattende arbeider med mye grunn-data kan publiseres i en underserie - *Supplement*.

Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk) er utgiver av serien, i et samarbeid med Institutt for skogfag, NLH.

Tilrettelegging av manus for trykking, ajourhold av abonnenter, innkreving av abonnementsavgift, distribusjon av heftene og lagerhold skjer på Skogforsk.

Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til Skogforsk.

Redaktør for serien er avd.leder Bjørn R. Langerud, Skogforsk

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng, Skogforsk

ISBN 82-7169-984-9  
ISSN 0803-2858

Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk), Høgskoleveien 12, 1432 Ås

Tlf.: 64 94 90 00  
Fax: 64 94 29 80  
E-post: skogforsk@skogforsk.no  
Internett: <http://www.skogforsk.no/>

## OVERVÅKINGSPROGRAM FOR SKOGSKADER

Formålet er å klarlegge skadeomfang på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid, og å belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Programmet skal foreta kritisk vurdering og utvikling av eksisterende og eventuelt nye metoder for overvåking av endringer i skogens vekst og vitalitet, samt i jordsmonnets egenskaper. Den internasjonale rapporteringen og det internasjonale samarbeidet om skogskadeovervåking som Norge har forpliktet seg til, skal følges opp av programmet.

Det norske "Overvåkingsprogram for skogskader" (OPS) ble startet opp i 1984/1985. I dette programmet deltar i dag tre institusjoner, Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) og Norsk institutt for luftforskning (NILU). Representanter fra disse institusjonene, sammen med representanter for Landbruksdepartementet (LD) og Statens Forurensningsstilsyn (SFT) sitter i et koordinerende utvalg for Overvåkingsprogrammet, som har sekretariatet ved Skogforsk. I tillegg er det etablert en vitenskapelig referansegruppe.

Overvåkingsprogrammet går inn som en del av den internasjonale skogovervåkingen som er etablert under FNs økonomiske kommisjon for Europa (ECE). Den felles europeiske instruks er lagt til grunn for den norske virksomheten som er satt inn på flere hovedområder:

**1. - Intensive skogøkologiske studier.** Det er anlagt faste flater i hvert fylke. Skogforsk har ansvaret for alle registreringene av skogøkologisk art, og utfører analyser knyttet til jord, jordvann, bestandsnedbør og vegetasjon. De faste intensive flatene er primært lagt i produktiv blåbærgranskog. Flatene er subjektivt valgte, og en rekke forutsetninger er lagt til grunn for flatevalget.

**2. - Måling av forurensninger i skog.** NILU står ansvarlig for målinger av kvaliteten på luft og nedbør i tilknytning til de faste flatene. Selv om det ikke er fullt måleprogram på alle stasjoner har NILU andre stasjoner rundt om i landet, slik at forurensningsforholdene i Norge er godt kartlagt.

**3. - Landsomfattende representative registreringer av skogens tilvekst og vitalitet.** NIJOS er ansvarlig for gjennomføringen av årlige systematiske takseringer av skogen i Norge. Flater er lagt i barskog i forband 9x9 km, og i bjørkeskog i forband 18x18 km.

**4. - Skogoppsynets overvåkingsflater.** Disse er anlagt for supplerende klarlegging av tidstrender. Skogbruksetaten i fylkene står ansvarlig for registreringene, mens Skogforsk har ansvaret for planlegging, opplæring, analyse og rapportering av resultatene. Flatene er subjektivt valgt ut i representative skogbestand innen hvert skogbrukssjef-distrikt, og trøe vurderes hver høst.

OPS på Internett:

<http://www.skogforsk.no/Forskning/skogpatologi/ops/>

Forsiden: Fra Tovdalen  
Foto: Dan Aamli

# Skogskader og skogovervåking i Norge

## Årsrapport for Overvåkingsprogram for skogskader 2000

*(Forest damage and forest monitoring in Norway - Annual report of  
The Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage 2000)*

Dan Aamlid, Skogforsk  
Svein Solberg, Skogforsk  
Gro Hysten, NIJOS  
Kjetil Tørseth, NILU

---

## Sammendrag

DAN AAMLID & AL. 2001: Skogskader og skogovervåking i Norge. Årsrapport for Overvåkingsprogram for skogskader 2000. Rapport fra skogforskningen 7/01:1-18.

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) har vært i drift siden 1986. Formålet har vært å overvåke skogtilstanden i forhold til luftforurensninger. Registreringer utføres på to omfattende og landsdekkende flatenett, og på 15 overvåkingsflater med intensive undersøkelser av skogøkologiske forhold.

Skogens tilstand, basert på vurderinger av trekroner var i mange år (1988-1997) nedadgående (redusert kronetetthet og flere misfargete trær), særlig for granskogen. Resultatene for de siste årene har vist en forbedring. På landsbasis er det ikke registrert unormal avdøing av trær.

Resultater fra skogøkologiske undersøkelser på intensivflater, som er representative for mye av skogen rundt om i Norge, viser at skogøkosystemet er stabilt og har en rimelig god status.

Skogens helsetilstand avhenger i stor grad av jordsmonn, trealder, klima, skadegjørere og andre naturlige stressfaktorer. Når trær skranter skyldes dette ofte et samspill mellom alder, klima, voksestedsbetingelser og sykdommer. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg til, og i samspill med disse forholdene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen har vært svært liten i forhold til de andre forholdene. I fremtiden vil trolig eventuelle utslag av et endret klima spille en større rolle.

Resultatene tyder på at vi ikke har direkte eller indirekte skader av langtransporterte luftforurensninger på skog i Norge. Konsentrasjoner av luftforurensninger i luft og av mulig toksisk aluminium i jordvann på de intensive flatene er generelt klart lavere enn grenseverdier for skadelige effekter.

Nøkkelord: Skogskader, skogovervåking, luftforurensning

*Key words: Forest damage, Forest monitoring, Air pollution*

**Innhold**

1. Innledning .....	4
2. Materiale og metoder .....	4
3. Resultater .....	6
3.1 Kronetilstand .....	6
3.2 Tilførsel av forurensninger til skog .....	9
3.3 Kjemisk innhold i nåler.....	10
3.4 Kjemisk innhold i jord .....	10
3.5 Kjemisk innhold i jordvann.....	11
3.6 Strøfall.....	12
3.7 Vegetasjon .....	12
4. Diskusjon .....	12
5. Konklusjon .....	15
6. Forest damage condition in Norway. Status 2000 .....	15
7. Etterord .....	16
8. Litteratur .....	16

## 1 Innledning

Trær og annen vegetasjon (busker, lyng, urter, moser og lav) er utsatt for mange ulike påvirkninger. Noen av disse fører til skader og sykdommer. Når påvirkningene gir kjente og spesifikke symptomer er det mulig å finne årsaks-sammenhengen. Eksempler på dette er skader forårsaket av frost, tørke, angrep av sopp, dyr eller insekter. Noen luftforurensninger i tilstrekkelig høye konsentrasjoner kan også gi spesifikke symptomer (røykskader forårsaket av fluorider eller svovel-dioksid), mens lavere konsentrasjoner av luftforurensninger gir lite spesifikke symptomer. Virkningen og symptomene av de ulike forholdene som påvirker skogens helsetilstand er derfor mangefarget.

De "nye skogskadene" ble beskrevet tidlig i 1980-årene som diffuse skadesymptomer som ikke kunne henføres til noen bestemt årsak, men de ble satt i sammenheng med luftforurensninger (Schütt et al. 1983). Skogskadeovervåking ble etter hvert satt i gang i de fleste europeiske land for å følge utviklingen av disse skadesymptomene. Retningslinjer for overvåkingsarbeidet ble gitt i forbindelse med etableringen av det europeiske samarbeidsprogrammet under Langtransportkonvensjonen: *International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests)*, som er etablert under FNs økonomiske kommisjon for Europa (ECE).

Formålet med denne rapporten er å gi en samlet fremstilling av resultatene av skogskadeovervåkingen i Norge frem til og med 2000.

## 2 Materiale og metoder

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) ble etablert i 1984/1985 og kom i drift i 1986 (Fig. 1). Det inngår som en del av den internasjonale skogskadeovervåkingen, ICP Forests, og den felles europeiske instruksen er lagt til grunn for virksomheten (Manual 1986, 1989, 1994, 1998). Til registrering av skogens generelle sunnhet benyttes hovedsakelig kriteriene kronetetthet og kronefarge. I tillegg registreres mange andre mål på skogens sunnhet, deriblant trærnes tilvekst.

Registreringen av kronetetthet og kronefarge utføres ved visuell bedømmelse av trærne. Dette er en enkel og billig måte å registrere skogens sunnhetstilstand på. Ulempen er at resultatet er gitt av summen av alle de påvirkninger som den undersøkte skogen har vært utsatt for over kortere eller lengre tid. Dess flere årsaksforhold som kan klarlegges (naturlige som menneskeskapte), dess sikrere bør man kunne skille ut betydningen av de resterende årsaksforhold, heri inkludert virkningen av luftforurensningene. Det er derfor viktig med en videst mulig klarlegging av effekten av alle disse påvirkningene på skogøkosystemet.

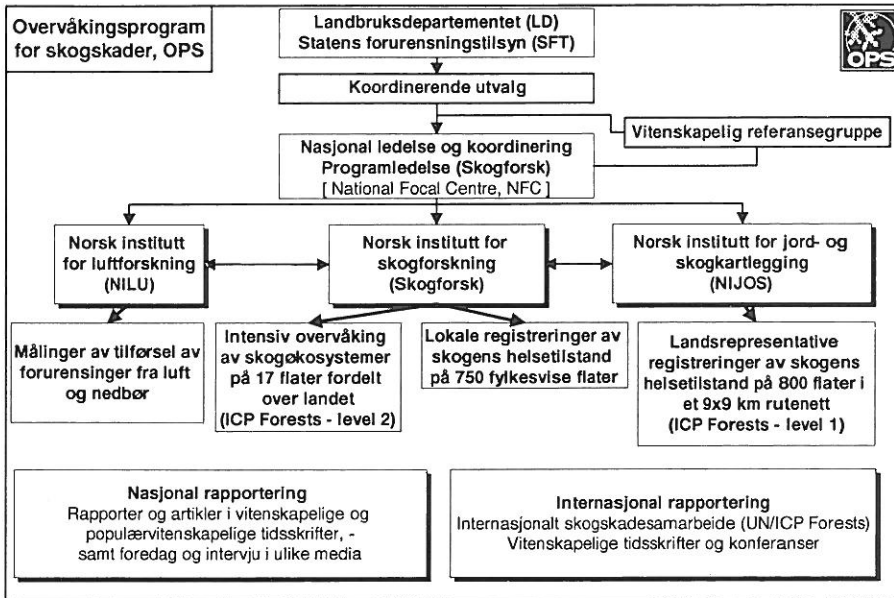


Fig. 1. Organiseringen av Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)  
(The structure of the Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage (OPS)).

De første representative landsdekkende registreringer av kronetetthet ble utført av Landskogstakseringen i 1984. Fra 1989 har Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) hatt ansvaret for å gi en årlig tilstandsrapport av tilstanden til gran og furu. Det metodiske opplegget har ikke blitt vesentlig endret i perioden. Vitalitetsregistreringer av bjørkeskog kom med i 1992. Registreringene i barskog utføres på trær i faste observasjonsflater som er lagt ut i et 9x9 km forband. I bjørkeskog er forbandet for flatene 18x18 km (Fig. 2). I tillegg har skogoppsynet siden 1988 utført registreringer på et stort antall flater (Fig. 2). Disse flatene er lokalisert til skog med forskjellig alder (hogstklasse III, IV, V og ekstrem skog). Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk) har etablert og driver intensivovervåking på 15 flater, etablert i perioden 1986–1989 (Fig. 2). I tillegg til krone-registreringer på trærne utføres det på disse flatene mange andre analyser knyttet til skogøkosystemet. Norsk institutt for luftforskning (NILU) måler kvaliteten på luft og nedbør i tilknytning til overvåkingsflatene. Hensikten med registreringene er å beskrive årlige variasjoner og eventuelle forandringer i skogøkosystemet. Det er ikke foretatt vesentlige endringer av forsøksopplegget siden oppstarten. Den norske skogens sunnhetsstilstand er dermed rimelig bra dokumentert gjennom disse oppleggene, som til sammen hvert år registrerer mer enn 45000 trær på mer enn 1500 flater (Tabell 1, Fig. 2). Nærmere beskrivelse av det norske skogovervåkingsprogrammet og de metoder som benyttes finnes i Aamlid et al. (1991), Horntvedt et al. (1992) og Venn et al. (1993, 1995).

Tabell 1. Antall trær i de tre ulike nett av observasjonsflater  
(Number of trees in the different observation systems)

	Landsrepresentativ	Skogoppsynet	Intensive flater
Gran	3892	32281	2491
Furu	2881	2794	345
Bjørk	1778		68

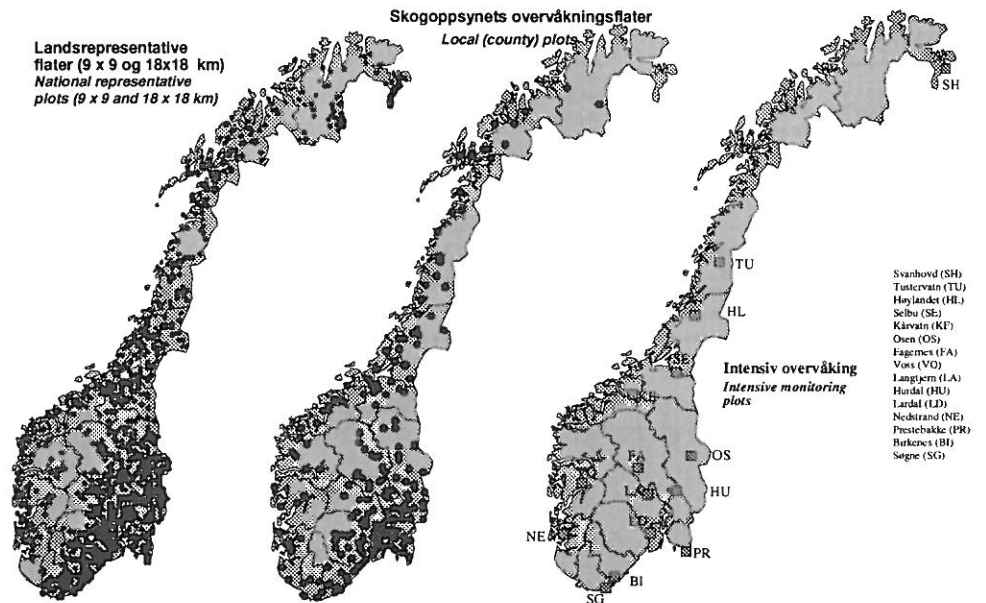


Fig. 2. Skogovervåkingsflatene i Norge (The plots for monitoring forest damage in Norway)

### 3 Resultater

#### 3.1. Kronetilstand

##### Kronetetthet

I 2000 var andelen av bartrær med fulltette kroner (kronetetthet > 90%) 41,3%. Andelen av bartrærne som hadde svakt reduserte (10-25%) kroner var 36,9% mens de resterende trærne hadde moderat til sterkt reduserte (26-100%) kroner. Andelen bjørk med fulltette kroner var 14,7% mens 51,3% var svakt utglisnet. Hos gran og furu var det generell utglisning over hele krona som var vanligst, mens på bjørk er det små og store luker som dominerte utglisningen.

I perioden 1989-1997 var det en jevn nedgang i kronetetthet for grantrær på de landsrepresentative flatene, men fra og med 1998 har kronetettheten økt igjen.



Kronetetthet for gran økte med 3,3 prosentpoeng fra 1997 til 2000. Gjennomsnittlig kronetetthet for gran er nå 81,3%. (Tabell 2). Generelt er det for gran en forbedring i kronetetthet i skogområdene på Østlandet og i Trøndelag, men bedringen er ikke uniform. For furu har det også vært en forbedring i kronetetthet på 2,9 prosentpoeng fra 1997 til 2000. Gjennomsnittlig kronetetthet er nå 83,7%. Endringen i kronetetthet for furu har skjedd på flater i hele landet. Kronetettheten for bjørk var i 2000 76,4% som er den høyeste kronetettheten som er registrert for dette treslaget siden registreringene startet.

Registreringene på flater i regi av skogoppsynet (Solberg 2000) har vist at kronetettheten hos gran gikk svakt opp siste år (0,17%), mens det i tidligere år stort sett har vært en jevn nedgang (Tabell 3). Det er særlig i den gamle skogen (hogstklasse V og ekstremflater) på Østlandet (særlig Østfold, Vestfold og Telemark) at det har vært en oppgang siste år. Barkbiller hadde spredte angrep på enkelte flater av eldre og gammel granskog, særlig i Vestfold, og var viktigste årsak til avdøying av trær. Omfanget var mindre enn tidligere på 1990-tallet.

På de intensivt overvåkte flatene ble det samlet sett registrert en økning i kronetetthet på granflatene siste to årene, for første gang siden opprettelsen i 1986. Samlet sett for hele 15-års perioden tyder dataene på at a) størrelsen på trekronene har vært uforandret, mens b) en reduksjon i antall nåleårganger har gitt lavere tetthet av bar, særlig på midten av 1990-tallet.

Tabell 2. Gjennomsnittlig kronetetthet (%) på de landsrepresentative flatene for gran, furu og bjørk i perioden 1989-2000 (Mean crown density (%) at the Level 1 plots 1989-2000)

År	Gran ( <i>Picea abies</i> ) 9x9 km	Furu ( <i>Pinus sylvestris</i> ) 9x9 km	Bjørk ( <i>Betula pubescens/pendula</i> ) 18x18 km
1989	85,1	85,7	-
1990	84,8	86,0	-
1991	82,6	86,1	-
1992	81,8	83,3	73,8
1993	82,0	83,6	72,8
1994	81,1	83,2	70,6
1995	79,6	83,1	71,5
1996	79,0	82,5	72,7
1997	78,0	80,8	74,5
1998	79,4	81,3	73,8
1999	80,7	82,4	74,0
2000	81,3	83,7	76,4

:- ikke igangsatt

(Data fra Hylén & Larsson 2001, Se [http://www.skogforsk.no/Forskning/skogpatologi/ops/for\\_oppdaterte\\_data](http://www.skogforsk.no/Forskning/skogpatologi/ops/for_oppdaterte_data))

Tabell 3. Gjennomsnittlig kronetetthet (%) på fylkesvise flater (FLF) for gran (*Picea abies*) etter år og hogstklasse/flatetype basert på et gjennomgående datasett. (Mean crown density (%) measured on the national (county) plots, common sample trees)

År	Hogstklasse/Flatetype			
	III	IV	V	Ekstrem
1988	93.5	91.3	89.4	80.6
1989	92.8	90.4	88.1	80.6
1990	94.3	89.9	86.7	78.3
1991	94.7	90.0	87.8	79.4
1992	94.3	89.6	87.4	79.3
1993	94.2	89.1	86.5	78.3
1994	93.6	88.8	86.5	77.1
1995	93.4	88.5	86.5	76.1
1996	92.3	87.7	85.3	75.3
1997	91.9	86.8	84.7	75.4
1998	92.1	86.8	84.6	74.3
1999	90.7	86.0	83.9	74.4
2000	90.4	85.5	84.2	75.3

(Data fra OPS, se <http://www.Skogforsk.no/skogovervaking/> og <http://www.Skogforsk.no/skogpatologi/ops/> for oppdaterte data)

### Kronefarge

I 2000 var det en nedgang i andelen trær med frisk grønn kronefarge for både gran og bjørk sammenlignet med året før, mens det var en økning for furu. Prosentandelen furutrær med frisk grønn kronefarge er det største siden registreringene startet i 1989. Kronefargen for gran var relativt stabil fram til 1995, mens de siste fire årene har den variert fra år til år. Det er spesielt eldre grantrær som er registrert med misfarging (Fig. 3).

På skogoppsynets flater ble kronefargen til gran stort sett grønnere over hele landet, særlig i gammel skog (hkl V og på ekstremflatene). På Østlandet og i Agder var det særlig på tørkeutsatte lokaliteter (koller, og øvre- og midtre dalsider) og i høyreliggende strøk (>500 moh) at det var en fargeforbedring. Imidlertid var det i enkelte fylker, som i Troms, en økning i gulfarge. Også i 2000 var det en del angrep av granrust, men noe mindre enn året før. Granrust var hyppigste angitte skadetype på skogoppsynets flater, og forekom i Telemark, Møre og Romsdal, og Trøndelag, men også spredte tilfeller i andre fylker.

På de intensive flatene var forholdet at noen felter ble grønnere, mens andre ble gulere. 80% av grantrærne som var gule i år hadde gulning av eldre nåler inni og ned i krona pga pågående nålefelling. Samlet sett for 2000 var det nå få trær med gul misfarging, sammenliknet med midten av 1990-tallet.

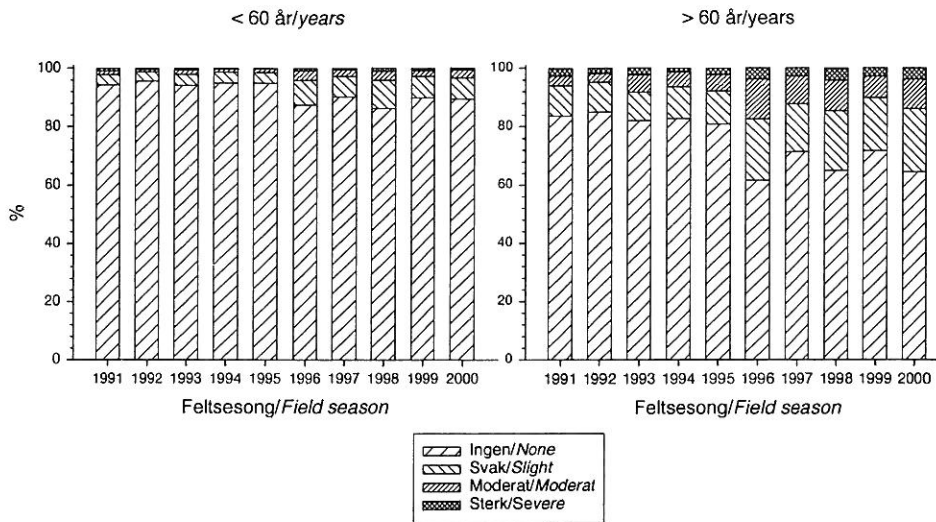


Fig. 3. Prosentvis fordeling av gran, yngre og eldre enn 60 år, i misfargingsklasser per år (Percentage distribution of Norway spruce by two classes of age by classes of discoloration per year)

### 3.2. Tilførsel av forurensninger til skog

I 2000 ble svovel, nitrogenforbindelser og ozon i luft målt på åtte flater (Birkenes, Søgne, Prestebakke, Hurdal, Osen, Kårvatn, Tustervatn, Svanhovd), Tabell 4. Den høyeste årsmiddel- og maksimumsverdi av svoveldioksid i 2000 ble observert på Svanhovd i Sør Varanger.

For ozon ble grenseverdien for skader på skog, 10.000 ppb-timer beregnet for dagslystimer i perioden 1. april – 1. oktober, ikke overskredet på noen av stasjonene. Høyest var verdien på Kårvatn med 6783 ppb-timer.

Tabell 4. Årsmiddelkonsentrasjoner av hovedkomponenter i luft, 2000  
Annual average concentrations of main components in air, 2000

STASJON	SO <sub>2</sub> mg- S/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> mg- N/m <sup>3</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> mg- S/m <sup>3</sup>	Σ NO <sub>3</sub> mg- N/m <sup>3</sup>	Σ NH <sub>4</sub> mg- N/m <sup>3</sup>	Ca <sup>2+</sup> mg/m <sup>3</sup>	K <sup>+</sup> mg/m <sup>3</sup>	Mg <sup>2+</sup> mg/m <sup>3</sup>	Na <sup>+</sup> mg/m <sup>3</sup>	Cl <sup>-</sup> mg/m <sup>3</sup>
Birkenes	0.12	0.57	0.44	0.20	0.43	0.04	0.05	0.05	0.45	0.54
Søgne	0.27	1.12	0.48	0.33	0.62	0.09	0.09	0.12	1.03	1.25
Prestebakke	0.16		0.46	0.27	0.57	0.06	0.07	0.07	0.57	0.55
Hurdal	0.08	1.00	0.35	0.19	0.37	0.03	0.05	0.02	0.19	0.12
Osen	0.04	0.38	0.24	0.08	0.29	0.02	0.03	0.01	0.13	0.12
Kårvatn	0.03	0.32	0.17	0.05	0.56	0.02	0.02	0.02	0.19	0.27
Tustervatn	0.04	0.17	0.18	0.06	0.88	0.02	0.02	0.03	0.27	0.35
Svanhovd	3.15	0.51	0.45	0.05	0.84	0.03	0.04	0.04	0.31	0.34

Tilførslene av de langtransporterte luftforurensningene svovel og sterk syre ( $H^+$ ) har avtatt gjennom de siste 20 år. De sørvestligste delene av landet har hatt de største tilførslene. I 2000 økte tilførselen av langtransportert svovel og syre gjennomgående på Østlandet som en følge av økte nedbørmengder. Som i tidligere år var pH i nedbør, kronedrypp og i jordvann generelt lavere på feltene i Sør-Norge sammenlignet med feltene i nord

De høyeste konsentrasjonene av luftforurensninger er målt i områdene nær kysten fra Vest-Agder til Østfold. På grunn av fordelingen av nedbør er imidlertid avsetningene størst langs kysten fra Aust-Agder og vestover til Hordaland. Den mest sure nedbøren er for både frittfallende og bestandsnedbør målt i sør, mens den er minst sur på flater fra midt-Norge til Troms. I grenseområdene mot Russland er konsentrasjonene (og til dels avsetningene) av svovel (Tabell 4) og tungmetaller store på grunn av industriaktivitet på Kola-halvøya. Minst tilførsel av forurensninger er det på strekningen fra Møre og Romsdal til Vest-Finnmark. Detaljer om langtransportert luftforurensning for 2000 er gitt av Aas et al. (2001).

Beregninger basert på målte konsentrasjoner i luft og avsetningshastigheter for gasser og partikler tyder på en andel av tørravsetninger i størrelsesorden 10-30% av totalavsetningen, unntatt i Finnmark. For det enkelte skogbestand kan imidlertid tørravsetningene variere betydelig på grunn av ulike forhold som treslag og skogstruktur, hvor sterk eksponeringen er for vind, frekvens av våte overflater, og om det er andre forurensninger tilstede. Konsentrasjonene av ozon er episodisk høye i den perioden av året da skogen er fysiologisk aktiv, og typisk i høytrykksituasjoner over det nordlige sentral-Europa. Konsentrasjonene av ozon i Norge var imidlertid relativt lave i 2000.

På grunn av tørravsetninger av svovel var svovelledfallet inne i skog større enn utenfor på mange flater. Den frittfallende nedbøren hadde stort sett noe høyere konsentrasjoner av uorganisk nitrogen enn nedbør inne i bestand (kronedrypp). Derimot var totaldeposisjonen av nitrogen på de fleste flatene høyere i kronedrypp enn i nedbør, på grunn av produksjon av organisk nitrogen i kronen. I den perioden som OPS har målt forurensningsbelastningen i skog har det vært en nedgang i tilførselen av sulfat på de mest belastede flatene.

### **3.3. Kjemisk innhold i nåler**

Kjemisk analyse av næringskonsentrasjoner i nåler på de intensive flatene utføres hvert annet år. Analysene har vist at det stort sett har vært normale forhold, med noe lave nitrogenkonsentrasjoner. I 2000 ble det ikke foretatt nåleanalyser. Dette utføres igjen i 2001.

### **3.4. Kjemisk innhold i jord**

Kjemisk analyse av jord fra intensive flater skjer med lange tidsintervall. I 2000 ble det ikke utført slike analyser. Neste prøvetaking søkes utført samtidig i alle deltakerlandene i det internasjonale programmet. Siste foretatte analyse viste at det var svært små endringer i de kjemiske egenskapene for jordsmonnet i de fem første årene etter flateetableringen (Jensen & Frogner 1994, Jensen 1995).

### 3.5. Kjemisk innhold i jordvann

Analyser av jordvann har vist at det er betydelige variasjoner i jordvannets kjemiske innhold og sammensetning fra år til år. Som i tidligere år var pH i jordvann generelt lavere i jordvann på feltene i Sør-Norge sammenlignet med de i nord. Dette kan ha sammenheng med både naturlige forhold (geologi, skogforhold) og med antropogene forhold. De flatene som mottar den sureste nedbøren har også hatt den laveste pH i jordvannet, men en nedgang i pH forekommer også på flater med mye lav tilførsel av sur nedbør. Konsentrasjonen av uorganisk nitrogen i jordvann har generelt vært lav på alle flater, men relativt høye nitrat-konsentrasjoner ble målt på Søgne i Vest-Agder i jordvann på 40 cm dyp om våren, og det er grunn til å følge med videre på dette.

Konsentrasjonen av aluminium varierer over tid, men målinger har til nå vist at toksiske effekter på planterøtter er lite sannsynlig (Fig. 4). Et molart konsentrasjonsforhold mellom Ca og Al i jordvann på 1,0 blir ofte brukt som øvre grenseverdi for mulige skader på trerøtter. Aluminiumkonsentrasjoner i jordvann var lavere enn grenseverdier for toksisitet, - ingen prøve i 2000 hadde en konsentrasjon over 8 mg/l som er en grenseverdi for rotskader funnet på små granplanter i laboratorieforsøk (Göransson & Eldhuset, 1991).

De flatene som ligger nær kysten har som forventet hatt et høyere innhold av sjøsalter (natrium og klorid) enn de flatene som ligger lenger inn i landet.

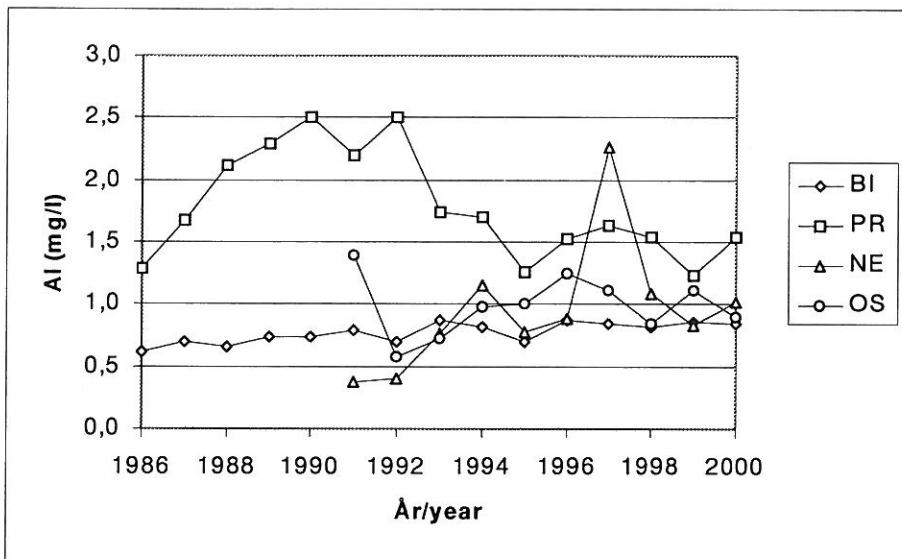


Fig. 4. Langtidstrender i total Al i jordvann fra 15 cm-sjiktet på Birkenes, Nedstrand, Osen og Prestebakke. (Trends of concentrations of Al in soil water at 15 cm depth at Birkenes, Nedstrand, Osen og Prestebakke)

### **3.6. Strøfall**

Strøfall registreres systematisk på alle de intensive flatene og har variert fra år til år. På noen flater har variasjonen vært større enn andre, vesentlig på grunn av episoder med sterk vind. Gjennomsnittlig strøfall i de siste årene har vært ca 245 gram per kvadratmeter per år, hvorav noe over halvparten har vært nåler. Litt over 2/3 i finstrøet har bestått av nåler, hvorav ca 1/4 var grønne da de falt ned.

Nitrogenkonsentrasjonene i finstrøet (nåler, lav og lignende) var høyest på de sørligste flatene (Søgne, Prestebakke og Birkenes), mens kalsiumkonsentrasjonene var høyest i strø fra Osen, Fagernes og Høylandet, og høyeste magnesiumkonsentrasjoner var høyest i finstrø fra Søgne, Nedstrand og Høylandet.

### **3.7. Vegetasjon**

Visuell analyse av markvegetasjon på de intensive flatene utføres hvert femte år. Analysen har vist at det bare har forekommet noen mindre endringer i bunnvegetasjonen for noen gras- og mosearter på enkelte flater. Generelt sett har derfor vegetasjonen på de intensive overvåkingsflatene vært nokså stabil i perioden 1988-2000. Det har vært en liten økning i frekvensen av gras og graslignende arter i noen sørlige flater, men det samme skjer på flater i mindre forurensete områder. Endringene har trolig sammenheng med ulike klimatiske forhold.

## **4. Diskusjon**

Overvåkingen av skogtrær siden 1989 har vist at det har vært en nedgang i kronetetthet i perioden 1989 til 1997, mens etter 1997 har det vært en liten oppgang. Registreringene for bjørkeskog har vist en noe varierende trend. Utviklingen i trærnes kronetetthet kan bare delvis forklares av metodiske feilkilder eller ved at trærne som overvåkes er blitt eldre. De beskrevne endringene er ikke dramatiske. Årsakene til den positive endringen i kronetetthet for gran er ikke klarlagt.

En gjennomgang av øvrige kriterier viser blant annet at det ikke har vært noen forhøyet dødelighet av trær på landsbasis. De registrerte verdiene ligger på et forventet nivå. Imidlertid kan den reelle påvirkningen på trærne være større enn det registreringene skulle tilsi, siden det er grunn til å anta at det skjer en underestimert av tilstanden (Horntvedt 1993).

De norske resultatene har samsvart med en generell utvikling ellers i Europa, med en generell forbedring av kronetilstanden for bartrær i løpet av de siste årene. I forhold til de andre nordiske landene har Norge noe høyere andel av trær med utglisning (Fig. 5).

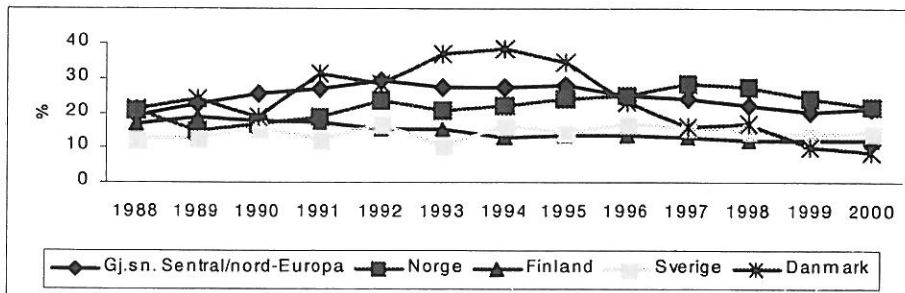


Fig. 5. Andel (%) trær 25 -100 % utglisning i Sentral- og Nord-Europa, Danmark, Finland, Sverige og Norge 1988-2000 (Data fra UN/ECE-EC 2001a). (Percentage of trees with 25-100% defoliation in Central- and North Europe, Denmark, Finland, Sweden and Norway (Data from UN/ECE-EC 2001a)).

Vurdert ut fra andre kriterier, slik som nålekjemi, tyder resultatene så langt på at barnålene har lave verdier for flere elementer. Spesielt er nivåene for nitrogen lave, men også for andre elementer (fosfor) er det målt lave verdier (Solberg et al. 2000).

Aluminiuminnholdet i jordvannet var noe høyere i de sørligste flatene enn i andre flater i landet, men likevel lavt i forhold til områder lenger sør i Europa. Det er antatt at en kritisk grense for rotskader ligger på rundt 8 mg/l. (Göransson & Eldhuset, 1991).

Ca/Al- forholdet er av og til lavt ( $< 1$ ) på enkelte flater, men den negative betydningen av dette blir likevel liten på grunn av den lave Al-konsentrasjonen. Betydningen av dette kriteriet er dessuten omdiskutert (Løkke et al. 1996, de Wit 2000).

Det er stort sett registrert lave konsentrasjoner av sulfat i jordvannet, og utvasking av basekationer blir tilsvarende lavt. Den regelmessige tilførsel av sjøsalter kan bidra til å forhindre mangel på magnesium i de kystnære skogene. På alle intensivflatene er det registrert en utvasking av viktige næringselementer fra kronene. Det faller mindre nitrogen til bakken inne i skogbestand enn utenfor, slik det har vært vanlig i norsk skog. Den lave nitratkonsentrasjonen i jordvannet tyder på at tilført nitrogen i liten grad lekker ut fra jord-plantesystemet. Dette tyder på at nitrogenet tas opp i barmassen eller holdes tilbake i trekronene av andre grunner, eksempelvis av organismer som lav og alger på greiner og nåler. Det er grunn til å anta at nitrogennedfallet foreløpig har blitt tatt opp og har hatt positiv virkning på skogens tilvekst, men ikke nødvendigvis har vært positiv for økosystemet som helhet. På en flate (Søgne) har imidlertid nitrogenkonsentrasjonen i jordvannet steget, og denne utviklingen bør følges nøye fremover. Det er fortsatt uklart om nitrogenopptaket har, eller vil føre til, økt omfang av tradisjonelle skogskader, eksempelvis frostskaader.

De små endringene i vegetasjonen på noen av de intensive flatene kan henge sammen med langsiktige endringer, hvor mange forhold spiller inn. Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger (særlig nitrogen) over tid kan spille en rolle. Utviklingen i tresjiktet, og ytre påvirkninger som tørke, insekt- og soppangrep (Aamlid 2000) er sannsynligvis likevel de viktigste faktorene. Slike faktorer er også viktige for de variasjoner som er registrert for strøfall på flatene. Episoder med sterk

vind, særlig om høsten, eller tørke gir vanligvis stort strøfall. Strøfallets mengde varierer en del fra år til år. Over tid har det for en del flater vært nokså konstant, men variasjonen fra det ene året til det andre kan være betydelige.

Den generelle nedgangen i trærnes kronetetthet som ble registret frem til 1997, men deretter, skyldes sannsynligvis mest et samspill mellom et ustabil klima, magre voksestedsbetingelser og sjukdommer. Høy trealder, soppangrep og marginale vekstbetingelser har naturligvis også stor betydning for trærnes helsetilstand. Luftforurensningene som særlig har rammet den sørlige del av landet, kan ha svekket trærne slik at de har blitt mer skadet av tørke, frost, insekter eller sopper. I enkelte spesielt forsuringfølsomme områder kan en derfor ikke se bort fra at luftforurensning i samspill med f. eks. klimatisk stress og andre dårlige vekstvilkår har vært medvirkende til dagens skogtilstand. De utløsende faktorer for nedsatt vitalitet er imidlertid trolig klimatiske forhold skogen i Norge vokser under, spesielt i høyere-liggende strøk, og mot nord. Sommertørke i Sørøst-Norge og sterke stormer langs kysten tidlig på 1990-tallet har dessuten hatt innvirkning. Særlig misfarging ser ut til å være relatert til tørke. For en del av granskogen i Sør-Norge kan desstuen lavt innhold av nitrogen og andre næringsstoffer være en forklaring på misfarging av nåler. I en del områder er det stedvis registrert mye gulfarging av grannåler som en følge av granrust (*Chrysomyxa abietis*).

I Norge er konsentrasjonene av svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) og nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) stort sett for lave til å gi direkte skade på planter, bortsett fra i grenseområdene mellom Norge og Russland, hvor SO<sub>2</sub> har forårsaket skader på trær og annen vegetasjon. De konsentrasjoner av bakkenært ozon som er målt kan muligens ha gitt skader, eller i det minste påvirke plantene negativt. De indirekte virkninger gjennom jordforsuring kan eventuelt utløse aluminium eller andre stoffer som skader røttene eller forårsaker næringsmangel (Abrahamsen et al. 1993), men det er lite trolig eller svært usikkert om slike skader forekommer i Norge (de Wit 2000).

De registreringene som er blitt foretatt gir ikke nødvendigvis det rette uttrykket for de predisponerende påvirkningene. Det må trolig bestemte utløsende faktorer til for at synlige symptomer skal bli dannet. De virkninger på skogtilstanden som er registret som en følge av spesielle værforhold (hyppig sommertørke og ekstreme vintre), bør føre til økt oppmerksomhet på betydningen av eventuelle klimaendringer i tillegg til forurensninger.

De norske resultatene samsvarer med resultater fra våre naboland og mange land ellers i Europa. Den europeiske skogtilstandsrapporten (UN/ECE-EC 2001a, 2001b) slår fast at selv om det i dag ikke er noe bevis for at luftforurensninger er årsak til den variasjon i skogens helsetilstand som blir rapportert, er det fortsatt behov for overvåking, kunnskap og oppmerksomhet omkring temaet. Det blir også viktig fremover og sette fokus på biologisk mangfold og effekter av klima på skog.



## 5. Konklusjon

Registreringer av trærnes kronetetthet og kronefarge har pågått siden 1988. Fram til 1997 viste disse registreringene at det var en nedgang i kronetetthet og at det ble flere misfargete trær, særlig for granskogen. Denne tendensen har imidlertid snudd. Resultatene for de tre siste årene har vist en forbedring. I store trekk samsvarer de norske resultatene for kronetilstand med utviklingen ellers i Europa. Det er ikke registrert unormal avdøing av trær på landsbasis. Alle forhold tatt i betraktning synes det derfor rimelig å anta at de undersøkte skogøkosystemene i Norge har en rimelig god status. Resultatene tyder på at vi ikke har direkte eller indirekte skader av langtransporterte luftforurensninger på skog i Norge.

Skogens helsetilstand avhenger i stor grad av jordsmonn, trealder, klima, skadegjørere og andre naturlige stressfaktorer. Tilførsler av luftforurensninger vil kunne komme i tillegg til, og i samspill med disse forholdene. Nedgangen og variasjon i trærnes kronetilstand som er registret i den tid overvåkingen har pågått skyldes sannsynligvis mest et samspill mellom et ustabilt klima, magre voksestedsbetingelser og sjukdommer. Det må trolig bestemte utløsende forhold til for at synlige ytringer skal bli dannet. Sommertørke kan vise seg å være en slik utløsende faktor under sør-norske forhold. Bidraget fra forurensningene er meget vanskelig å fastslå, men deres betydning kan likevel ikke utelukkes. I fremtiden vil også eventuelle utslag av et endret klima spille en rolle for skogens helsetilstand.

## 6. Forest damage condition in Norway. Status 2000

The Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage has run since 1984/1985. Its main objective has been to monitor forest condition in relation to air pollution. Surveys of forests are performed on plots in a nation-wide representative grid network (Level 1 in the UN/ECE ICP Forests system), in a network of local county-wise plots, and in a network of intensively monitored plots (Level 2 in the UN/ECE ICP Forests system).

Vitality indicators have shown a declining trend as reported earlier, expressed as reduced crown density and more of discoloured trees, particularly in spruce forests. However, results from last years have shown a improvement in tree crown condition. The results indicate that there are no direct or indirect damage to Norwegian forest caused by long-range transported air pollution. Tree mortality in excess of normal is not recorded.

Forest condition generally depends upon soil, tree age, climate, pests and diseases, and other natural impact. The observed variation in crown density since 1989 is likely caused by harsh climate, poor soil conditions and forest diseases, often in combination. Air pollution loads, add to and interact with these factors. Most likely initiating factors are needed to produce visual symptoms. Summer drought is possibly such a factor of relevance to Norway. The actual effect of the air pollution component is therefore difficult to estimate; however, its importance is not excluded. In future, possible effects of a changed global climate should also be considered.

Considering these results it is reasonable to presume that most Norwegian forest ecosystems generally are still in a satisfactory condition.

## 7. Etterord

Denne årsrapporten for Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) er utarbeidet på grunnlag av innspill fra programmets medarbeidere ved de deltakende institusjonene. Detaljer fra de ulike delområdene av OPS er dessuten publisert av programmets medarbeidere i egne rapporter. Rapportens konklusjoner er basert på data frem til og med 2000.

OPS er finansiert av Landbruksdepartementet, Miljøverndepartementet/ SFT, og ved egeninnsats fra de utførende institusjonene.

Alle som på en eller annen måte har bidratt i overvåkingsarbeidet takkes med dette for innsatsen.

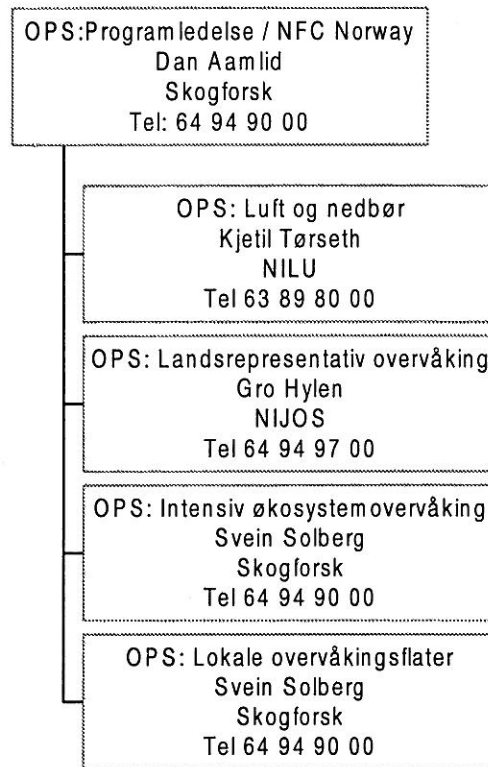
## 8. Litteratur

- Abrahamsen, G., Stuanes, A.O. & Tveite, B. 1993. (Ed.) Long-Term Experiments with Acid Rain in Norwegian Forest Ecosystems. Ecological Studies 104. 342 pp.
- de Wit, H. 2000. Solubility controls and phyto-toxicity of aluminium in a mature Norway spruce forest. Doctor Scientarum Thesis 2000:14, Agricultural University of Norway. 37pp + Annex I-VI.
- Göransson, A. & Eldhuset, T.D. 1991. Effects of aluminium on growth and nutrient uptake of small *Picea abies* and *Pinus sylvestris* plants.
- Horntvedt, R. 1993. Crown density of spruce trees related to needle biomass. *Forest Ecology and Management* 59:225-235.
- Horntvedt, 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. 2001. Landsrepresentativ overvåking av skogens vitalitet i Norge 1989-2000. [National monitoring of forest vitality in Norway 1989-2000]. Rapport 1/2001:1-55.
- Jensen, A. 1995. Jordstatus på intensivt overvåket forskningsflater. Endringer etter 5 år. 1988-1993. Rapp. Skogforsk. 5/95:1-18.
- Jensen, A. & Frogner, T. 1994. Jordstatus på intensivt overvåket forskningsflater. Endringer etter 5 år. 1987-1992. Rapp. Skogforsk. 8/94:1-23.
- Løkke, H., Bak, J., Falkengren-Grerup, U., Finlay, R.D., Ilvesniemi, H., Nygaard, P.H. and Starr, M., 1996. Critical loads of acidic deposition of forest soils: is the current approach adequate? *Ambio* 25 510-516.
- Manual (ICP Forests) 1986. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres/UN ECE, Hamburg/Geneva. 96 pp.
- Manual (ICP Forests) 1989. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres/UN ECE, Hamburg/Geneva. 90 pp.
- Manual (ICP Forests) 1994. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres/UN ECE, Hamburg/Geneva. 177 pp.

- Manual (ICP Forests) 1998. Manual on methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres/UN ECE, Hamburg/Geneva. Part I-VIII.
- Schütt, P.W., Blaschke, H., Lang, K. J., Schuck, H. J. & Summerer, H. 1983. So stirbt der Wald. BLV Verlagsgesellschaft, München. 127 pp.
- Solberg, S. 2000. Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 2000. Rapport fra skogforskningen 16/00:1-17.
- Solberg, S., Berg, I. A., Breivik, K., Groeggen, T., Moshaug, E., Tørseth, K. & Aamlid, D. 1999. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 1998. Aktuelt fra Skogforsk 5/99.
- Solberg, S., Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Tørseth, K., Aamlid, D. & Aas, W. 2000. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 1999. (Intensive forest monitoring plots. Results 1999) Aktuelt fra Skogforsk 5/00:1-22.
- UN/ECE-EC (United Nations Economic Commission for Europe - European Commission) 2001a. Forest condition in Europe. Results of the 2000 Large-scale Survey. 2001 Technical Report. EC-UN/ECE, Geneva and Brussels. 103pp. + Annexes (I-V).
- UN/ECE-EC (United Nations Economic Commission for Europe - European Commission) 2001b. Forest condition in Europe. 2001 Executive Report. EC-UN/ECE, Geneva and Brussels. 29pp + Annexes.
- Venn, K., Aamlid, D., Sletnes, A.I. & Joranger, E. 1993. Skogskadesituasjonen i Norge. Status 1992. Rapp. Skogforsk 18/93:1-46.
- Venn, K., Aamlid, D., Sletnes, A.I. & Tørseth, A. I. 1995. Skogskadesituasjonen i Norge. Status 1994. Rapp. Skogforsk 23/95:1-19.
- Aamlid, D. 2000. Infections of *Valdensinia heterodoxa* and *Pucciniastrum vaccinii* on bilberry (*Vaccinium myrtillus*). Implications for monitoring ground vegetation. *Forest Pathology* 30 (3):135-139
- Aamlid, D., Solheim, H. & Venn, K. 1991. Skogskader. Veiledning i overvåking av skogskader. Norsk institutt for skogforskning, Ås. 53 pp.
- Aas, W., Tørseth K, Solberg, S., Berg, T., Manø, S. & Yttri, K. E. 2001. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel, 2000. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 828/2001. TA-1804/2001. NILU OR 34/2001:1-160.

Oppdatert liste over publikasjoner fra der data fra OPS er brukt, finnes på Internett <http://www.Skogforsk.no/forskning/skogpatologi/ops/Publika.htm>

## Kontaktpersoner for OPS



## Se også Internett:

Programmets hovedside med generell informasjon, håndbok i overvåking, rapporter etc.  
<http://www.Skogforsk.no/Forskning/skogpatologi/ops/>

Level 1 - landsrepresentative flater:  
[www.nijos.no](http://www.nijos.no)

Level 2 - intensive flater. Genererer siste data grafisk:  
[www.Skogforsk.no/forskning/skogpatologi/intensivovervaking/](http://www.Skogforsk.no/forskning/skogpatologi/intensivovervaking/)

Level 1/2 - luft og nedbør.  
[www.nilu.no](http://www.nilu.no) se etter miljøtema og forsuring  
[www.emep.int](http://www.emep.int) mye data som kan hentes ned

Skogoppsynets flater. Genererer siste data i tabell:  
<http://www.Skogforsk.no/forskning/skogpatologi/skogovervaking/>

Oppslagsverk og skaderapportering på Internett:  
<http://www.Skogforsk.no/forskning/skogpatologi/skogskade/>

Internasjonalt program:  
<http://www.icp-forests.org>

*Rapport fra skogforskningen*

## Rapport fra skogforskningen Utkommet i 2001:

- 1/01: *Geir I. Vestøl, Olav A. Høibø, Thea H. Slotnæs og Kjetil Værnes*: Egenskaper til trelast med store dimensjoner fra grov gran på Vestlandet.
- 2/01: *Arnstein Orlund*: Bonitering av plantet gran (*Picea abies* L. Karst.) og sitkagran (*Picea sitchensis* Bong. Carr.) på Vestlandet.
- 3/01: *Jørn Lileng*: Skogsmaskiner – kostnader, kalkyler og økonomikontroll.
- 4/01: *Kjell Vadla*: Skader av douglaskreftsoppen (*Phacidium coniferarum*) etter høstkvisting av furu (*Pinus sylvestris* L.)
- 5/01: *Ingvald Røsberg et. al.*: Program for terristrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann – sluttrapport 2000. Finnes kun i nettversjon. [www.Skogforsk.no/publikasjoner](http://www.Skogforsk.no/publikasjoner)
- 6/01: *Hans Nyeggen og Jan-Ole Skage*: Juletrekvalitetar etter kontrollerte krysningar med gran frå Huse og Møystad frøplantasjar.