

## Overvåkingsprogram for skogskader Årsrapport 2002

*Norwegian monitoring programme for forest damage  
Annual report 2002*



Svein Solberg, Kjell Andreassen, Gro Hysten, Wenche Aas

## Rapport fra skogforskningen

- ✓ **Rapport fra skogforskningen** inneholder førstegangs publiserte artikler beregnet på norske og nordiske lesere
- ✓ Tabell- og figurtekster skrives på norsk
- ✓ Sammendrag 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 naturforvaltning, 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.sjef Bjørn R. Langerud,  
Skogforsk

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng,  
Skogforsk

ISBN 82-8083-033-2  
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](mailto:skogforsk@skogforsk.no)  
Internett: <http://www.skogforsk.no/>

Forsiden: Fra aktivitetene i OPS  
Foto: Svein Solberg (Skogforsk 2003)

# **Overvåkingsprogram for skogskader**

## **Årsrapport 2002**

*Norwegian monitoring programme for forest damage*

*Annual report 2002*

Svein Solberg, Skogforsk  
Kjell Andreassen, Skogforsk  
Gro Hysten, NIJOS  
Wenche Aas, NILU



## Sammendrag

SOLBERG, S., ANDREASSEN, K., HYLEN, G., & AAS, W. 2003. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2002. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2002*. Rapport fra skogforskningen 4/03:1-24.

Overvåkingen i 2003 viste at den stabile helsetilstanden som er registrert i norske skoger de siste 3-4 årene fortsatte, og kronefargen ble forbedret. På landsrepresentative flater økte kronetetthet svakt for gran, mens den var uforandret for furu, sammenliknet med året før. Kronetetthet for bjørk gikk svakt opp. Kronefargen var gjennomgående mer grønn enn i tidligere år for gran og furu, mens for bjørk var det misfarging på 10 % av trærne. På skogoppsynets overvåkingsflater i produksjonskog med gran, var det samlet sett en ubetydelig nedgang siden året før. Kronefargen på disse flatene ble grønnere, og på granflatene har det ikke vært så lite omfang av misfarging noen gang siden overvåkingen startet i 1988. Trøndelag var den landsdelen som skilte seg ut i negativ retning med konstant lav, og fortsatt avtakende kronetetthet. Dødeligheten var omtrent som i tidligere år.

Skogens helsetilstand, registrert ved kronetetthet, misfarging og avdøying, påvirkes i stor grad av klimatiske forhold, enten direkte som ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at det påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Klimatisk styrte soppangrep har hatt usedvanlig stort omfang de siste årene. Det er ikke funnet tegn som tyder på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog.

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) har vært i drift siden 1986. Formålet er å overvåke skogens vitalitet, og vurdere betydningen av langtransporterte luftforurensninger. Overvåkingen omfatter registreringer på to omfattende og landsdekkende sett av overvåkingsflater, dvs "landsrepresentative overvåkingsflater" og "skogoppsynets overvåkingsflater", på 14 intensivt overvåkede flater, samt deler av den nasjonale overvåkingen av langtransporterte luftforurensninger.

Nøkkelord: Skogens helsetilstand, overvåking, skogskader, kronetetthet, kronefarge, mortalitet

*Key words: Forest health, monitoring, forest damage, crown density, crown colour, mortality*

**Innhold**

Sammendrag	1
Innhold	3
1. Innledning	4
2. Materiale og metoder	4
3. Resultater	6
3.1. Trærs vitalitet	6
Kronetetthet	6
Kronefarge	8
Mortalitet og skader	10
3.2 Tilvekst	12
3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger	14
Luft	14
Nedbør	14
3.4. Kjemiske forhold i nedbør, kronedrypp og jordvann	17
4. Diskusjon	19
5. Konklusjon	22
<i>Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2002</i>	23
Etterord	23
Litteratur	23

## 1. Innledning

Omkring 1980 var det utbredt bekymring for skader av langtransporterte luftforurensninger på skog. Dahl & Skre (1971) hadde framsatt en hypotese om at tilveksten i skog i Norge på følsomme steder ville bli redusert med 1,5% pga sur nedbørs utvasking av kalsium fra jordsmonnet. Rundt 1980 fikk "Skogdøden", eller de "nye skogskadene" i Mellom-Europa mye oppmerksomhet, og det ble hevdet at skadene var utbredt og akselererende. De ble beskrevet som en rekke nye symptomer, som ikke kunne henføres til noen bestemt årsak, men måtte oppfattes som en sykdom i skogøkosystemet forårsaket av luftforurensninger. I motsetning til dette synet hadde det store, norske programmet "sur nedbørs virkning på skog og fisk" vist at skader på skog i Norge forårsaket av sur nedbør var mindre sannsynlig, men at man ikke kunne utelukke langtidseffekter, som magnesium-mangel pga jordforsuring (Abrahamsen et al. 1993).

De fleste europeiske land satte i gang skogskadeovervåking for å få en oversikt over skadene, og følge utviklingen over tid. Arbeidet ble underlagt FN's konvensjon om langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger, og organisert i programmet ICP-Forests (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests). I Norge er det Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) som utfører skogovervåkingen, som del av det internasjonale samarbeidet i ICP-Forests. OPS ble etablert i 1984/1985 og kom i drift i 1986. Formålet til OPS er å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, og vise utviklingstendenser over tid og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk) koordinerer og leder arbeidet med skogovervåkingen på oppdrag fra Landbruksdepartementet og Statens forurensningstilsyn (SFT). I tillegg til Skogforsk deltar Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) og Norsk institutt for luftforskning (NILU), samt skogoppsynet hos fylkemannen og i landets kommuner. Registreringsmetodikken er den samme over hele Europa.

Det er tre hovedhypoteser for hvordan skog kan skades av langtransporterte luftforurensninger, nemlig ved direkte skader av ozon i luft, eller indirekte ved aluminiumforgiftning eller magnesiummangel som følge av jordforsuring.

Formålet med denne rapporten er å gi en samlet fremstilling av resultatene fra OPS til og med 2002.

## 2. Materiale og metoder

Overvåkingen i OPS omfatter registreringer på tre landsdekkende sett av overvåkingsflater i skog (Fig. 1), samt at OPS inngår i den nasjonale overvåkingen av tilførsler av langtransporterte luftforurensninger. Innholdet i overvåkingen har vært relativt uendret over tid, men det har vært en viss reduksjon ved glisnere flate-nettverk, lavere frekvenser og færre observasjoner.

Landsrepresentative flater (LF) drives av Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP-Forests level I-flater (Hysten & Larsson 2003). Årlige kronebedømmelse utføres på trær i et utvalg av Landsskogtakseringens ordinære (3x3km) flatenett. I perioden 1989-2000 var rutenettet til overvåkingsflatene på 9x9 km for gran og furu, og 18x18 km for bjørk.

I 2001 ble antall flater redusert, ved å beholde et utvalg av flater i 9x9 km nettet som en tilnærming til det europeiske 16x16 km rutenettet. Dette flatenettet dekker hele landets skogareal og omfatter gran-, furu- og bjørkeskog. Kroneregistreringene fra disse flatene sammen med tilsvarende registreringer på 1/5 av Landskogtakseringens flatenett utgjør nå den årlige landsrepresentative overvåkingen. De første registreringene ble utført av Landskogstakseringen i 1984. Flater i bjørkeskog har vært med siden 1992. Tilvekst registreres periodisk.

Skogoppsynets flater (SF), tidligere kalt fylkesvise lokale overvåkingsflater, er et nasjonalt opplegg som startet i 1988. Registreringene utføres av skogoppsynet ved de kommunale landbrukskontor og Fylkesmannens miljøvernavdelinger, mens Skogforsk har ansvaret for det faglige og for rapporteringen. Det utføres årlig kronebedømmelse, samt tilvekstregistreringer i fem-års perioder. Disse flatene er subjektivt utvalgt, i produktive skogbestand, hovedsakelig gran, i fire alders- eller utviklingstrinn; hogstklasse III (yngre produksjonsskog), IV (eldre produksjonsskog), V (gammel skog), samt de såkalte ekstremflater (gammel skog hvor utglisning og misfarging er utbredt).

Intensive flater (IF), driftes av Skogforsk, og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP-Forests level II-flater (Andreassen et al. 2002). Mesteparten av flatene er etablert i perioden 1986-89 og de fleste fylker i landet er representert. Antall flater er imidlertid blitt redusert noe de siste årene, og i 2002 var 14 flater i drift. En rekke registreringer utføres årlig på trær, vegetasjon, samt skogøkosystemet for øvrig. Registrerings-frekvensen er helt nede i en uke for enkelte variabler.

Det nasjonale overvåkningsprogrammet for forurensningsutvikling i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på et tjuetalls stasjoner i Norge (Aas et al. 2003). OPS inngår i dette, og mange av lokalitetene ligger i nærheten av de intensive overvåkingsflatene.

Arbeidet følger manualen til ICP-Forests, som er utvidet og revidert flere ganger (Anon. 1998). Trærnes vitalitet overvåkes hovedsakelig ved visuell kronebedømmelse, dvs registrering av kronetetthet, kronefarge og skader. De fleste typer stress og skader, inkludert skader hvor luftforurensninger har virket predisponerende, fører til redusert kronetetthet eller misfarging. Kronebedømmelsen er imidlertid subjektiv og beheftet med mange feilkilder, og dette fører til usikkerhet når den virkelige variasjonen i rom og tid er liten. Basert på kontrollregistreringer, sammenlikninger mellom datasett og korrelasjoner med tilvekst synes kronebedømmelsen i Norge å gi en grov, men rimelig god beskrivelse av trærnes vitalitet og utviklingen over tid (Solberg 1999). Kronebedømmelsen suppleres med registreringer av tilvekst, nålekjemi og strøfall, samt andre skogøkologiske registreringer på intensive flater.

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).

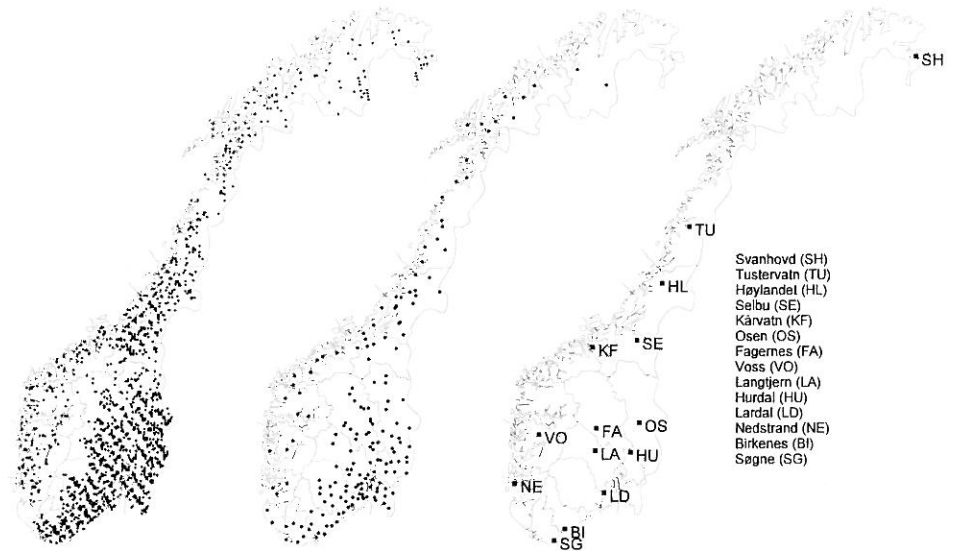


Fig. 1. De tre settene av overvåkingsflater i 2002; fra venstre landsrepresentative, skogoppsynets, og intensive flater.

*The three sets of monitoring plots in 2002: from left national representative; forest officers' and intensive monitoring plots.*

### 3. Resultater

#### 3.1. Trærs vitalitet

Den stabile helsetilstanden som er registrert i norske skoger de siste 3-4 årene har fortsatt, og kronefargen er forbedret. Dødeligheten for alle de registrerte treslagene var omtrent som i tidligere år.

#### *Kronetetthet*

Gjennomsnittlig kronetetthet økte svakt for gran (+0,4%-poeng) mens den var uforandret for furu, sammenliknet med året før (Fig. 2). Gjennomsnittlig kronetetthet i 2002 var 81,1% for gran, 82,4% for furu og 78,9% for bjørk, som representerer en nedgang på 1%-poeng for bjørk sammenliknet med 2001. Nedgangen var størst for trær som er eldre enn 60 år. Av alle registrerte grantrær hadde 44% fulltete kroner (kronetetthet 90-99%), mens tallene for furu og bjørk var henholdsvis 31% og 24%. Fra 1989 til 1996/97 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu på landsrepresentative flater. De siste års registreringer har vist at denne trenden er brutt, med en stabilisering, og til dels økning, av kronetetthet. Kronetetthet for bjørk nådde et bunnivå i 1994, og har siden økt.

I 2002 var det et geografisk mønster for kronetetthet, med lavest verdier i Trøndelag og det indre Østlandet, mens den var høyest på den sørlige delen av Vestlandet. Mønsteret var tydeligst for gran (Fig. 3). Dette mønsteret har stort sett



vært det samme gjennom årene, for alle treslagene gran, furu og bjørk. Tilsvarende er funnet for skogoppsynets flater.

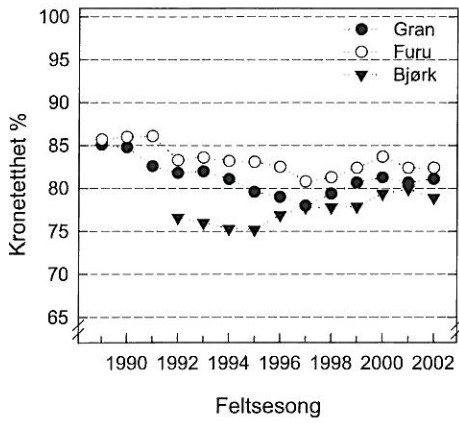


Fig. 2. Utvikling av kronetetthet, landsrepresentative flater.  
*Development of crown density, national representative plots.*

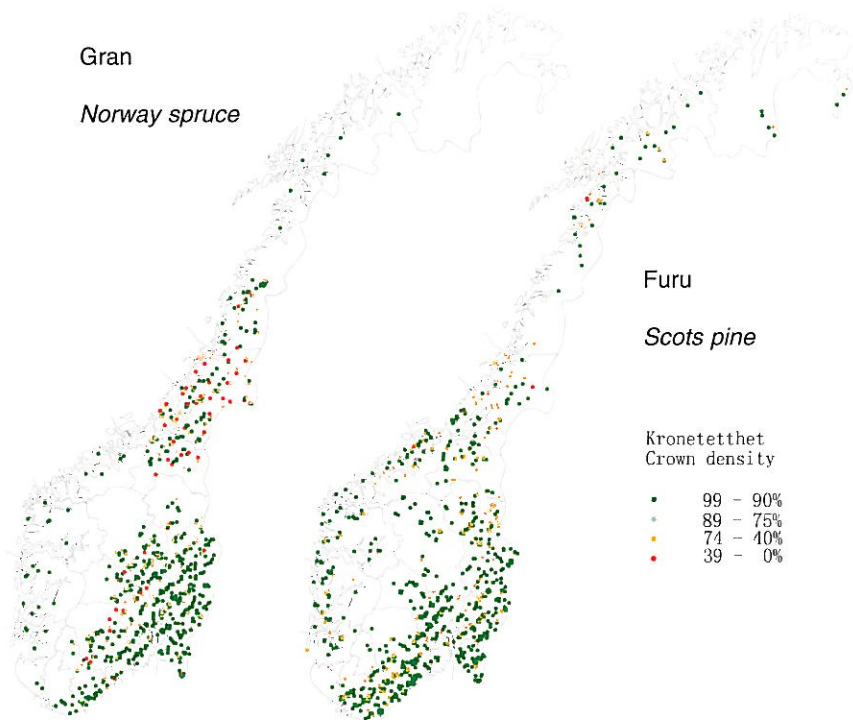


Fig. 3. Kronetetthet gran og furu, landsrepresentative flater 2002.  
*Crown density spruce and pine, national representative plots 2002.*

På skogoppsynets flater har kronetetthet for gran endret seg lite fra 2001 til 2002, i gjennomsnitt var endringen  $-0,2\%$ -poeng. Kronetetthet har fortsatt å gå ned i Trøndelag, siste år  $-0,9\%$ -poeng (Fig. 4). Ellers i landet har kronetetthet endret seg lite siste år, men den gikk noe opp i Telemark og Aust-Agder. Sett over de 15 årene har kronetetthet hatt en gjennomsnittlig, årlig endring på  $-0,5\%$ -poeng. Det er nå Trøndelag som skiller seg ut fra resten av landet med en gjennomgående mer negativ utvikling over tid, med en gjennomsnittlig årlig endring på  $-1\%$ -poeng. I de andre landsdelene har vi en gruppe med moderate endringer; Sørøst-Norge  $-0,5\%$ , Agder  $-0,3\%$  og Nord-Norge  $-0,2\%$ , mens Vestlandet har skilt seg ut i positiv retning med kun  $-0,1\%$ . Endringene i kronetetthet har gått litt i bølger, og de siste 4-5 årene har vært en periode med mer stabil kronetetthet. Lav kronetetthet var det nå generelt i gammel skog og i Trøndelag, mens høy kronetetthet var gjennomgående i yngre skog og i Rogaland.

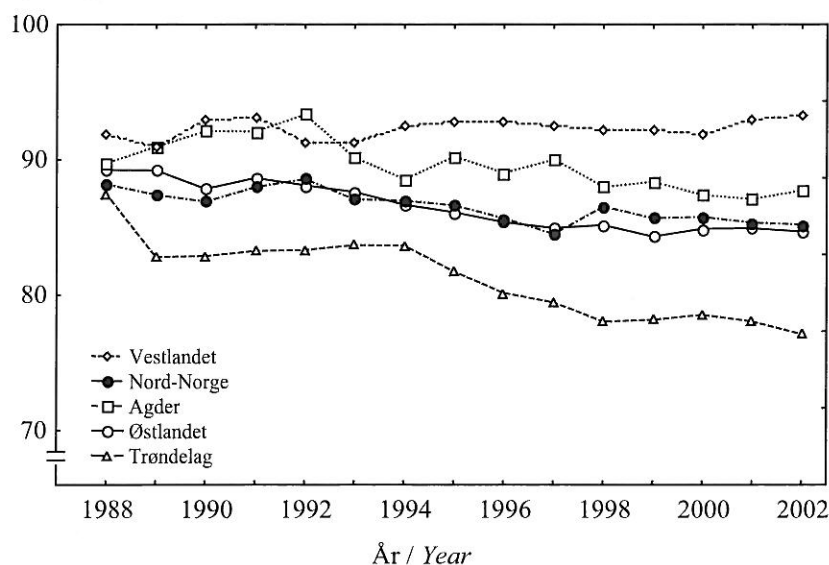


Fig. 4. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for granflatene fordelt på landsdel, skogoppsynets flater.

*Development of mean crown density on the spruce plot by region, forest officers plots.*

#### Kronefarge

Både gran og furu, på de landsrepresentative flatene, ble grønnere fra 2001 til 2002. Omfanget av misfarging av nålene for gran og furu har variert over tid i overvåkingsperioden (Tabell 1). Det ble i 2002 registrert misfarging på 10% av bjørketrærne, og det er klar økning siden året før. Det er ikke registrert så stort omfang av misfarging på bjørk i hele overvåkingsperioden. For bjørk har det vært ubetydelig misfarging siden 1993 og frem til 2001.

Tabell 1. Utvikling av kronefarge fordelt på treslag for landsrepresentative flater, prosentandel trær med  $\geq 90\%$  grønne barnåler / blader  
*Development of crown colour by species on national representative plots, percentage trees with  $\geq 90\%$  green foliage*

År <i>Year</i>	Gran <i>Spruce</i>	Furu <i>Pine</i>	Bjørk <i>Birch</i>
1989	93	88	-
1990	75	69	-
1991	90	96	-
1992	90	91	-
1993	88	91	99
1994	90	90	99
1995	89	96	97
1996	77	94	99
1997	85	95	99
1998	79	96	96
1999	82	96	97
2000	80	96	95
2001	79	89	96
2002	86	94	90

På skogoppsynets flater ble kronefargen grønnere siste år (2001-2002), både på gran- og furu-flatene. Ikke på noe tidligere tidspunkt har misfarging vært så lite utbredt som dette året. For gran ble kronefargen grønnere siste år særlig i Agder og på Østlandet, og dette danner nå en trend i retning av grønnere kronefarge over flere år, selv om det har vært årlige variasjoner i begge retninger (Tabell 2). Sett over 15 år med overvåking har fargen ikke i noe tidligere år vært så grønn som nå, hvor 93% av trærne hadde normal, grønn farge. Misfarging var mest utbredt i 1994, og da var det 84% av trærne som var normalt grønne. Det var særlig over deler av Østlandet (fylkene Østfold, Hedmark og Oppland) at kronefargen ble grønnere. Omfanget av gul misfarging økte noe i Vestfold og Telemark, samt i Nord-Trøndelag og Nordland. I gjennomsnitt for alle granflatene økte andelen av ikke misfargede trær med 1,4%, dvs omtrent samme endring som for året før, mens i gjennomsnitt for alle årene har de årlige endringene vært tilnærmet lik null. Gul misfarging ble nå kun funnet i noen grad i gammel skog på Østlandet.

Tabell 2. Utvikling av kronefarge fordelt på landsdel for skogoppsynets flater, prosentandel trær med  $\geq 90\%$  grønne barnåler  
*Development of crown colour by region on forest officers' plots, percentage trees with  $\geq 90\%$  green foliage*

år year	Østlandet Eastern	Agder Southernmost	Vestlandet Western	Trøndelag Trøndelag	Nord-Norge Northern
1988	90	93	99	86	83
1989	86	94	98	91	87
1990	86	94	98	86	91
1991	81	88	97	87	91
1992	77	88	96	89	94
1993	85	80	96	88	93
1994	78	83	97	84	92
1995	87	89	99	86	88
1996	84	86	97	86	89
1997	82	87	97	81	86
1998	87	92	96	84	95
1999	83	90	97	88	93
2000	85	93	97	90	95
2001	88	89	99	94	96
2002	90	94	99	94	93

#### *Mortalitet og skader*

Av alle oppsøkte trær på landsbasis i 2002 var 83% levende, 0,2% døde, 0,2% avvirket, 0,3% hadde stammebrekk, 0,2% hadde tørrtopp, 16% var undertrykt og 0,1% var vindfelt.

På landsbasis har mortaliteten, prosentandel nye døde trær, i gjennomsnitt vært omkring 0,2 prosent. Undertrykte trær og trær med topp- eller stammebrekk er da ikke medregnet. I 2002 ble det for furu registrert økt dødlighet på 0,2%-poeng sammenlignet med året før. (Kan skyldes angrepene av furuas knopp- og greintørkesopp i 2001.) Ved oppstart av registreringene hadde andelen døde trær høye verdier fordi alle døde trær da ble registrert, mens seinere års verdier er nye døde trær (Tabell 3).

På skogoppsynets flater har mortaliteten avtatt noe over flere år, særlig på Østlandet og i Agder (Fig. 5), særlig i den gamle skogen her. Siste år døde 69 trær på flatene, og besto av spredte enkelttrær. Det utgjorde i gjennomsnitt 2,3‰ av treantallet på flatene, noe som er omtrent som gjennomsnittet for alle årene.

Tabell 3. Prosentandel døde trær pr år på landsrepresentative flater. De første årene er det total-prosent døde trær, mens de påfølgende år er det nye døde trær

*Percent dead trees pr year on the national representative plots. In the first years the figures are the total number of dead trees, while later years are the new dead trees*

År <i>Year</i>	Gran <i>Spruce</i>	Furu <i>Pine</i>	Bjørk <i>Birch</i>
1989	0,6	0,7	
1990	0,6	0,1	
1991	0,1	0,1	
1992	0,3	0,1	0,3
1993	0,4	0,1	0,4
1994	0,1	0,1	0,3
1995	0,1	0,0	0,4
1996	0,2	0,1	0,1
1997	0,0	0,3	0,3
1998	0,2	0,0	0,2
1999	0,1	0,1	0,2
2000	0,2	0,1	0,3
2001	0,3	0,1	0,3
2002	0,2	0,4	0,4

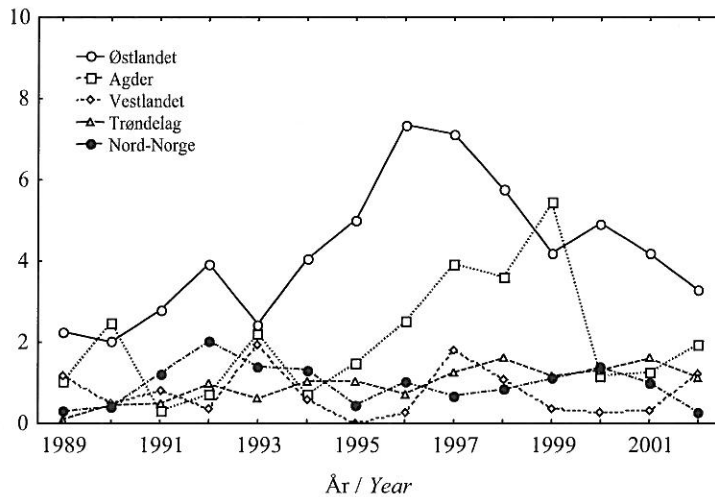


Fig. 5. Utvikling av mortalitet (% av ikke undertrykte grantrær uten toppbrekk) for granflatene fordelt på landsdel, skogoppsynets flater.

*Development of mortality (% of non suppressed spruce trees without top breakage) on the spruce plot by region, forest officers plots.*

Insekt- og soppangrep på bjørk var en dominerende skogskade i 2002. På de landsrepresentative bjørkeflatene var 10% av bjørketrærne angrepet av bjørkerustsopp (*Melampsorium betulinum*). I fjellskogen på Østlandet var det masseangrep av denne soppen, noe som er relativt sjeldent. Lauvspisende insekter ble registrert på 34,7% av bjørketrærne. Det er ikke registrert så mye angrep på lauvet siden registreringene startet i 1997. Dette forårsaket en del utglisning og misfarging av trærnes krone.

Det har i mange år vært en del angrep av granrustsopp (*Chrysomyxa abietis*), men omfanget var ikke så stort i 2002.

Ulike typer mekaniske skader som kan ha betydning for trærnes vitalitet, herunder toppbrekk, vindfall, krok og kløft dominerer skadebildet på landsbasis i 2002. Toppbrekk (i den øvre 1/3 av krona) var vanligste skade, og ble registrert på 14% av grantrærne, 36% av furutrærne, og 6% av lauvtrærne hadde toppbrekk. Frekvensen av toppbrekk har vært stabil over tid. På skogoppsynets flater har det årlig vært nye toppbrekk eller vindfall på omkring 1% av trærne.

### 3.2 Tilvekst

På skogoppsynets flater ble det i 1998 samlet inn borprøver på tre trær pr felt. Årringbreddene er målt, og så omregnet til årringindekser. Denne omregningen er gjort med en type glidende middel for 33 år, dvs at den enkelte årringbredde er dividert med en gjennomsnittsbredde for årringene fra 16 år før til 16 år etter den aktuelle årring, hvor hver enkelt årringbredde er vektet etter en normalfordeling (Gaussisk fordeling). Disse årringindeksene er korrelert med måneds-klimadata, som er beregnet ved det norske meteorologiske institutt. Disse klimadataene består av månedsverdier for nedbør og temperatur, som er estimert for hver enkelt flate ved geografisk interpolering fra deres klimadatabase for Norge (Førland 1993, Tveito, et al. 2000). Disse klimadataene er videre beregnet til månedsverdier for tørkestress (Palmer 1965), basert på en vannbalanse for hver flate, beregnet ut fra nedbør- og temperaturdata. Evapotranspirasjonen er beregnet, og videre er det for hvert felt definert et vannmagasin ut fra vegetasjonstype, og beregningene gjøres slik at dette vannlageret trekkes over fra måned til måned. Denne Palmer-indeksen er kalibrert for 30-års perioden 1961-90, slik at en får negative verdier når været er tørrere enn normalt på stedet (Betegnelsen "sterk tørke" brukes for verdier fra -3 til -4), og omvendt ("veldig vått" går fra 3 til 4).

Resultatene viser et tydelig geografisk mønster for granskog (Andreassen *et al.* 2003). I Sørøst-Norge, og hovedsakelig i lavlandet, hvor tilveksten går ned når juni måned er tørrere enn normalt (Fig. 6). I resten av landet, samt høyere liggende strøk i Sørøst-Norge, øker tilveksten derimot når været er tørrere enn normalt.

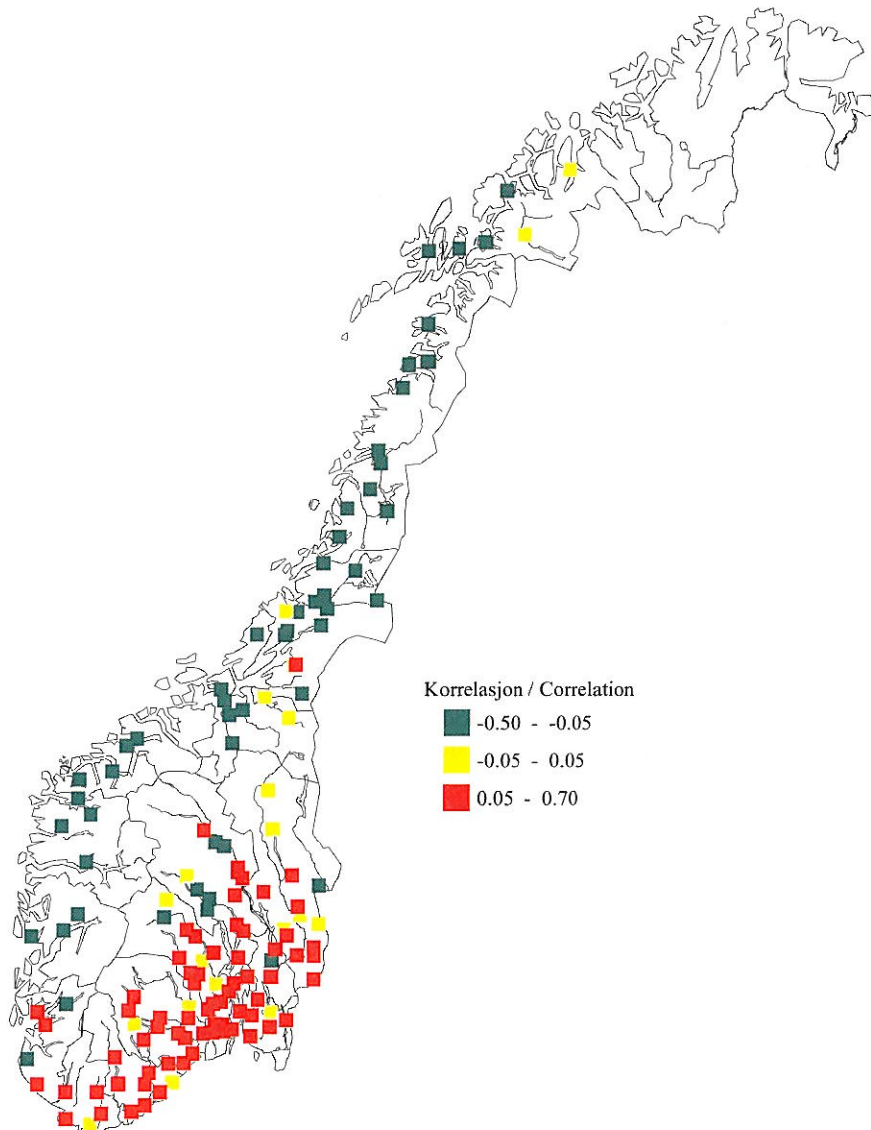


Fig. 6. Korrelasjon mellom tørkestyrke i juni (Palmer's tørkeindeks) og årringindekser, gran, hogstklasse IV.  
*Correlation between drought in June (Palmer's draught severity index) and tree ring indices, spruce, age class IV*

### 3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger

#### Luft

Konsentrasjonen av ozon varierer en del fra år til år, men uten noen signifikant trend. Ozoneksponeringer er generelt høyest langs kysten i Sør-Norge. Tålegrensene som er definert for ozon reflekterer vegetasjonens vekstsesong og dette varierer med planteslag og breddegrad. Grenseverdien på  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  som 7-timers middel (kl. 09-16) i april-september ble overskredet i hele landet i 2002. Middelveidien var størst på Prestebakke med  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Også SFTs tålegrense på  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (8-timers middel) og EUs grenseverdi på  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (24-timers middel) ble overskredet på samtlige stasjoner. Grenseverdien for skog (AOT40 = 10.000 ppb-timer fra april-september) ble ikke overskredet på noen av stasjonene. Høyest nivå var det på Prestebakke, Sandve og Kårvatn med over 7 000 ppb-timer. Den regional fordeling av AOT40 (ppb-timer) i 2002 er vist i figur 7. I figur 8 vises AOT40 for årene 1988 til 2002 på fire utvalgte stasjoner, det er en del variasjon fra år til år, men det er ikke er noen markert endring i denne parameteren over perioden utenom en uvanlig høy ozoneksponeringen i 1992 hvor også grenseverdien for skog ble overskredet. Grenseverdien for landbruksvekster (AOT40 = 3000 ppb-timer fra 15. mai - 15. aug) ble overskredet på Prestebakke, Sandve og Kårvatn i 2002.

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft i 2002 var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark. Sistnevnte skyldes utslippskilder på Kolahalvøya i Russland. De høyeste årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene av  $\text{NO}_2$  ble målt på stasjonene i Sør- og Øst-Norge. Månedsverdiene for  $\text{NO}_2$  var høyest i vintermånedene. Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 74% og 99%, og for sulfat mellom 64% og 71%. Årsmiddelkonsentrasjonen av de ulike nitrogenforbindelse i luft viser ingen markert tendens siden målingene startet i 1986, utenom for  $\text{NO}_2$  som har hatt en relativt tydelig nedgang etter 1990 spesielt for Birkenes, Osen og Skreådalen.

#### Nedbør

Tilførsler av svovel og sterk syre med nedbøren har avtatt sterkt de siste 30 årene, mens nitrogentilførslene ikke viser noen tydelige endringer. Våtavsetningen av sulfat, nitrat, ammonium og sterk syre har i 2002, som i tidligere år, vært størst langs kysten fra Aust-Agder til Hordaland (Fig. 9). Våtavsetningen i 2002 er noe av det laveste registrert siden målingene startet på begynnelsen av syttitallet. Den lave nedbørmengden i 2002 bidro til den lave nitrogendeposisjonen.

Årsmiddelkonsentrasjonene av sulfat og sterk syre økte stort sett fram til slutten av 1970-årene, og har deretter avtatt. Konsentrasjonene har avtatt mest i Sør-Norge, men de relative reduksjonene øker noe mot nord. Fig. 10 viser veide gjennomsnittsverdier for 7 representative målesteder på Sørlandet og Østlandet fra 1974 og frem til nå, og man ser klart reduksjonen i nedbørens sulfatinnhold. I perioden 1980-2002 har reduksjonen i sulfatkonsentrasjonen vært mellom 54 og 79%. Innholdet av nitrat og ammonium har gjennomgående vært på samme nivå utenom ved tre stasjoner hvor man kan se en signifikant reduksjon av nitrat siden 1980.



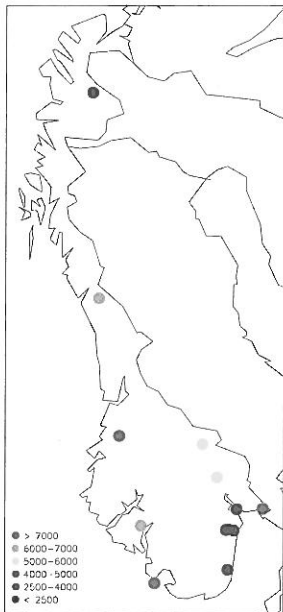


Fig. 7. Eksponeringsdoserer (AOT40) for perioden 1.april – 1 oktober 2001 (ppb-timer).

*Exposure doses (AOT40) for the period 1. April – 1. October (ppb-hours).*

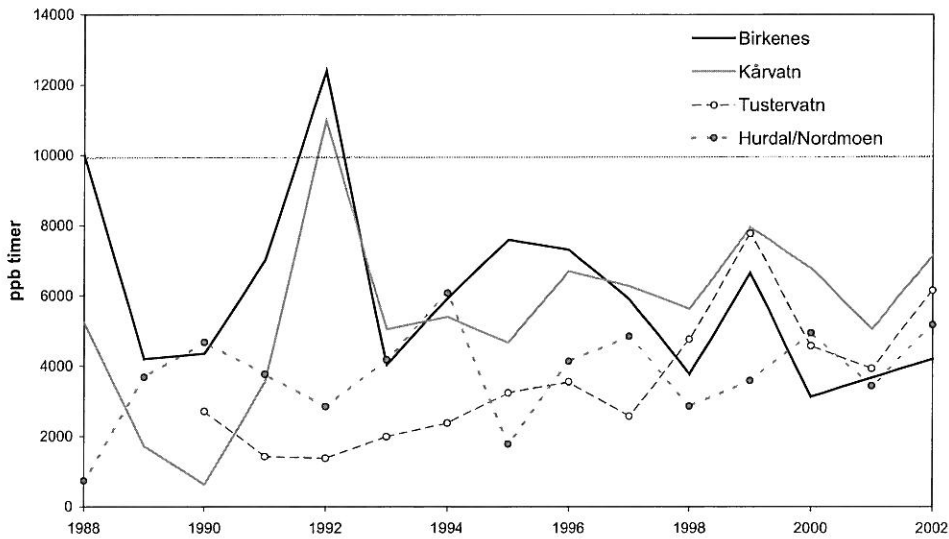


Fig. 8. Tidsserie av AOT40 (1.april – 1 oktober) for fire utvalgte stasjoner (ppb-timer). Den gjeldende grenseverdien for skader på skog, 10 000 ppb-timer, er indikert.

*Time series of AOT40 (1. April – 1. October) for four selected stations (ppb-hours). The current threshold for forest damage, 10 000 ppb-hours, is indicated.*

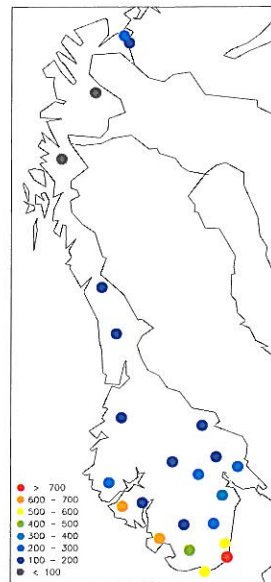


Fig. 9. Våtavsetning av sulfat (sjøsaltkorrigert), 2002, mg S/m<sup>2</sup>.  
Wet deposition of sulphate (sea salt corrected), 2002, mg S/m<sup>2</sup>.

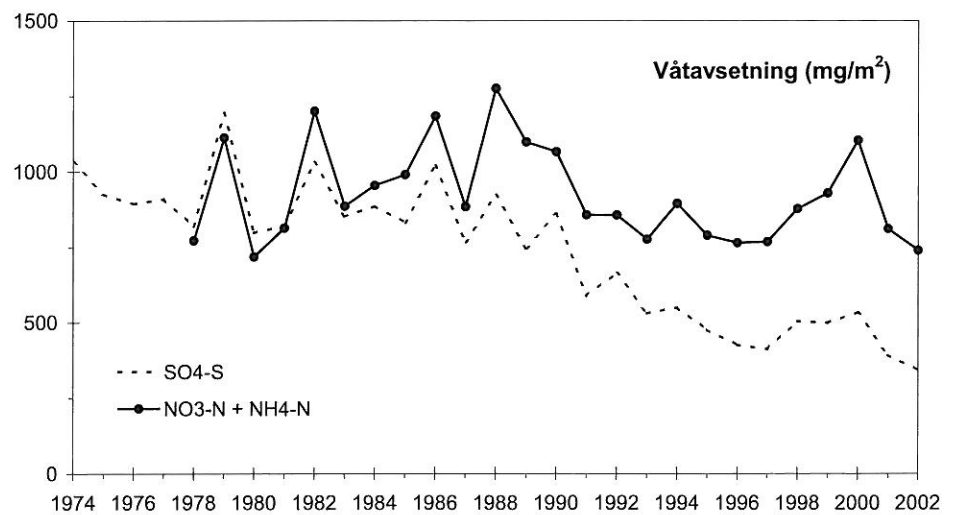


Fig. 10. Våtavsetning av sulfat og sum nitrogen (nitrat + ammonium) 1973-2002 for 7 målestasjoner i Sørøst-Norge: Birkenes, Lista, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda og Løken.  
Wet deposition of sulphate and sum nitrogen (nitrate + ammonium) 1973-2002 for seven measuring points in southeastern Norway: Birkenes, Lista, Skreådalen, Vatnedalen, Treungen, Gulsvik/Brekkebygda og Løken.

### 3.4. Kjemiske forhold i nedbør, kronedrypp og jordvann

På de fleste flatene var nedbørmengdene lavere i 2002 enn i 2001, noe som hadde innvirkning på kjemiske forhold i nedbør og i jordvann. Særlig gjaldt dette flatene i Trøndelag (Selbu og Høylandet). I nedbør og kronedrypp var pH lavest og konsentrasjonene av  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  og antropogent  $\text{SO}_4^{2-}$  høyest på flatene i Sør-Norge, og som er i overensstemmelse med tidligere års resultat. Unntaket er Svanhovd, som ligger nær den russiske smelteindustrien i Nikel-området, der deponisjon av antropogent sulfat fortsatt er relativt høy. I 2002 var sulfat-deponisjon på Birkenes og Høylandet lavere enn i 2001, men den var høyere på Nedstrand og Osen (Fig. 11).

I jordvann har pH vært relativt stabil, og med gjennomgående noe lavere pH på flatene i Sør-Norge enn i andre landsdeler. Det er uklart om dette skyldes sur nedbør eller naturlig surere jordsmonn sør i landet. Ett unntak er imidlertid Høylandet, der pH i jordvann er relativt lav, både i 5 cm- og 15 cm-sjiktet. Siden nedbøren på Høylandet ikke er spesielt sur, beror dette på en naturlig syreproduksjon i økosystemet.

Konsentrasjonen av ikke-marint sulfat i jordvannet var lavest på flatene i Nord-Norge, med unntak av Svanhovd som ligger nær Nikel. Konsentrasjonen av ikke-marint sulfat var omtrent null på Nedstrand og ganske stabil på Osen og Birkenes. På Høylandet var imidlertid konsentrasjonen av ikke-marint sulfat mye høyere enn normalt, noe som muligens beror på økt mineralisering av organisk svovel under den tørre sommeren vi hadde der i 2002.

Kalsiumkonsentrasjonene økte på Nedstrand og Høylandet, avtok på Osen og var ganske stabil på Birkenes.

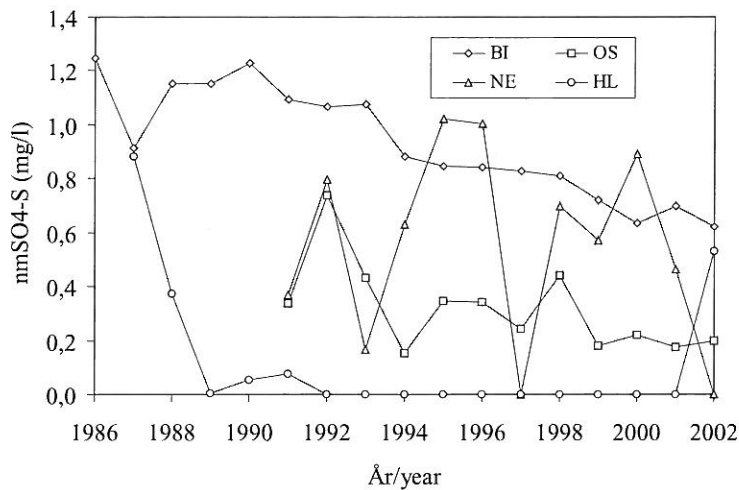


Fig. 11. Langtidstrender for sulfat (ikke-marint  $\text{SO}_4\text{-S}$ ) i jordvann fra 15 cm-sjiktet på fire intensive flater: Birkenes, Nedstrand, Osen og Høylandet.

*Long-term trends for sulphate (non-marine  $\text{SO}_4\text{-S}$ ) in soil water from 15 cm soil depth at four intensive plots: Birkenes, Nedstrand, Osen and Høylandet.*

Mens aluminiumkonsentrasjonene var stabile på Nedstrand og Birkenes, økte de på Høylandet og avtok på Osen (Fig. 12). De relativt høye konsentrasjonene på Høylandet kan imidlertid bero på en oppkonsentrering i jordvannet, da det i 2002 var mye tørke der.

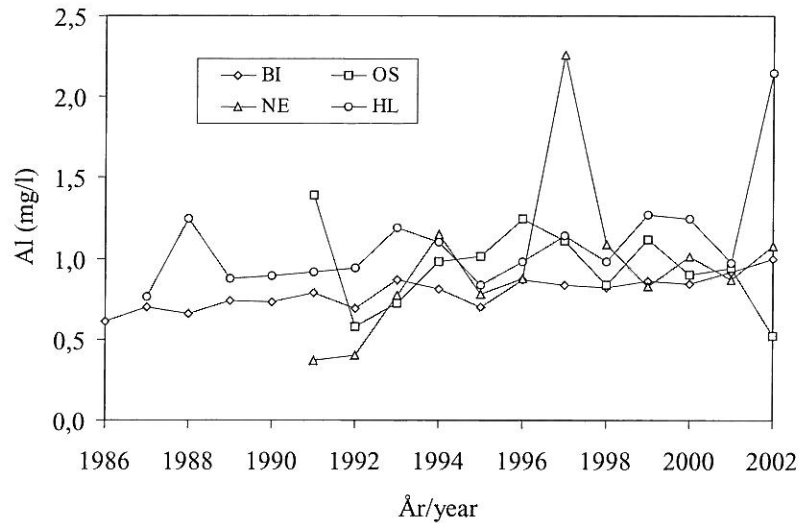


Fig. 12. Langtidstrender for konsentrasjon av totalt aluminium i jordvann fra 15 cm-sjiktet på fire intensive flater: Birkenes, Nedstrand, Osen og Høylandet.  
*Long-term trends for concentrations of total aluminium in soil water from 15 cm soil depth at four intensive plots: Birkenes, Nedstrand, Osen and Høylandet.*

De høyeste aluminiumskonsentrasjonene i jordvannet gjennom hele overvåkingen siden 1986 er i de fleste tilfeller en følge av storm og sjørøkk, hvor sjøsaltene driver aluminium ut i jordvannet ved ionebytte mellom natrium og aluminium (Fig. 12). Et eksempel på det har vi på Nedstrand, hvor det var stor tilførsel av sjøsalter i nedbør og som tørravsetninger på trærne (fanget opp av kronedryppsmålingene) i slutten av februar 1997. Tidlig i april, når snø og tele forsvant, ble sjøsaltene vasket ned i jorda, og vi fikk en høy konsentrasjon av både klorid og aluminium (Fig. 13). For øvrig er det en konstant sjøsaltpåvirkning på aluminiums-konsentrasjonen på Nedstrand, - samvariasjonen er sterk hele tiden.

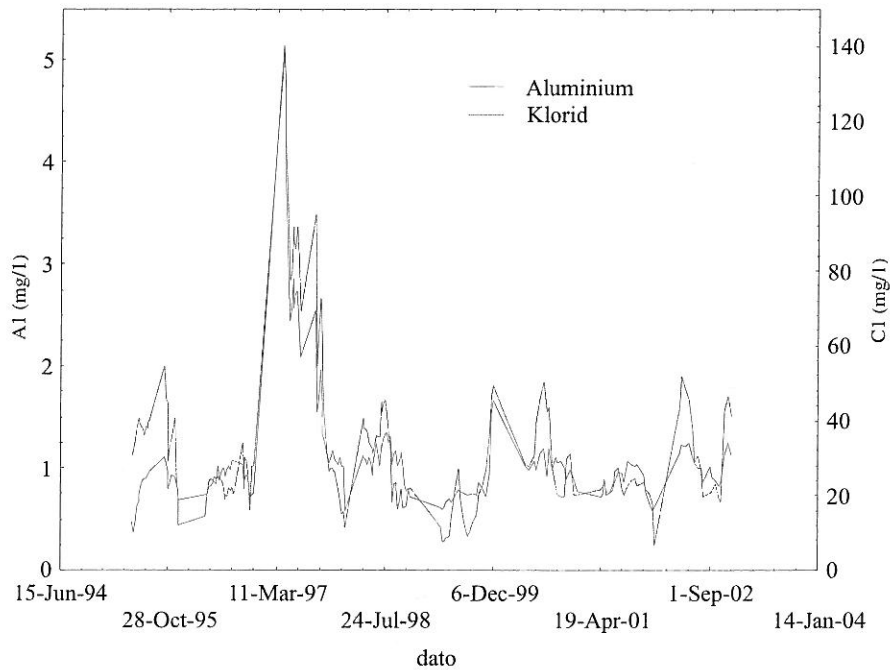


Fig. 13. Sjøsalteffekt: Sterk samvariasjon mellom konsentrasjoner av aluminium og klorid i jordvann på 15 cm jorddyb, Nedstrand.

*Seasalt effect: strong covariation between concentrations of Aluminium and Chloride in soil water at 15 cm soil depth, Nedstrand.*

#### 4. Diskusjon

Omfanget av skogskader i Norge synes ikke å være unormalt stort, selv om det er usikkerhet rundt dette, fordi vi ikke har data fra langt tilbake i tid som kunne fungert som referanser. Det er registrert en stabil helsetilstand i norske skoger de siste 3-4 årene, selv om enkelte soppangrep har hatt usedvanlig stort omfang. Skogens vitalitet, vurdert ut fra kronetetthet, kronefarge og mortalitet, har ikke endret seg sterkt gjennom overvåkingsperioden, men har hatt regionale mønstre for tilstand og utvikling hvor Trøndelag og det indre Østlandet har skilt seg ut i negativ retning både for gran, furu og bjørk. Dødeligheten for alle de registrerte treslagene var omtrent som i tidligere år.

Østlandet, og til dels Sørlandet, hadde i 1989-97 en periode med nedgang i kronetetthet, mye misfarging og høy mortalitet, men denne utviklingen har snudd de siste årene. En nærliggende årsak til dette er de gjentatte tørkesommene i denne landsdelen i 1989, 1991, 1992, 1994 og til dels i 1997. Disse tørkesommene ble etterfulgt av en iøynefallende misfarging og påfølgende avdøing av barnåler, -konsentrert over relativt kort tid i september og oktober. Dette er kjente symptomer på langvarig tørkestress, og kan forklare mye av den forbigående gulfargen og

nedgangen i kronetetthet i perioden 1989-97 (Solberg 2003). Strødata fra de intensive overvåkingsflatene har vist disse nålefellings-episodene tydelig. Avdøingen var også gjennomgående høyere i denne landsdelen i denne perioden, og besto hovedsakelig av spredte barkbilleangrep på gran i gammel skog, særlig i Vestfold som er et fylke som har vært rammet hardt også tidligere av tørkeskader og barkbilleangrep. At tørke er en stressfaktor i denne landsdelen viser også den sterke sammenhengen mellom tørkestress i juni og redusert tilvekst.

Trøndelag er den landsdelen som har mest kroneutglisning, og også den mest negative trenden. Denne landsdelen skiller seg ut i negativ retning med konstant lav, og fortsatt avtakende kronetetthet. Årsakene til dette er ukjent. Mulige forklaringer kan være gjentatte angrep av granrustsopp, mye gammel skog, og mye skog på voksesteder nær kysten og nært skoggrensa, og som dermed er utsatt for sterke klimatiske påkjenninger. Den sterke tørken i 2002 kan ha vært en årsaksfaktor. Et annet eksempel på en sterk klimatisk påkjenning er stormen i januar 1992, som førte til kraftig nålefall og spredt avdøing.

På bjørk var det i 2002 usedvanlig sterke angrep av bjørkerustsopp i fjellskogen (Fig 14). Dette kan forklare mye av den gule misfargingen, og et tidlig løvfall. Det var også angrep av ulike lauvspisende insekter førte til kroneutglisning i 2002.

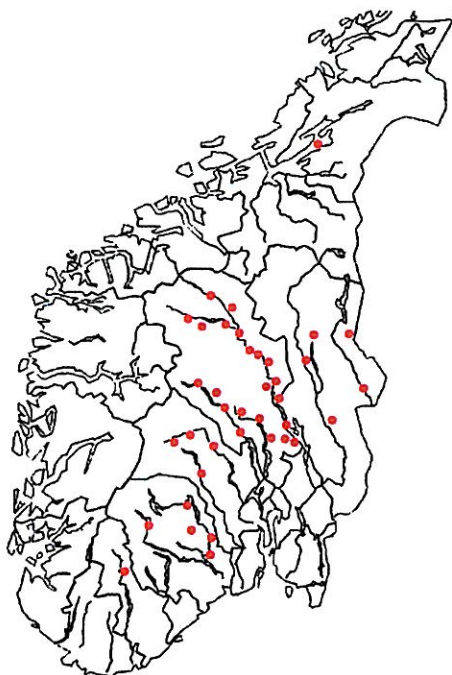


Fig. 14. Oversikt over kommuner med innrapporterte angrep av bjørkerustsopp (*Melampsorium betulinum*) i 2002. Kilde: Skogskader på Internett, <http://www.skogforsk.no/skogskade/default.cfm>  
Overview of municipalities with reported incidents in 2002 of *Melampsorium betulinum*, a rust fungus attacking birch. Source: Skogskader på Internett, <http://www.skogforsk.no/skogskade/default.cfm>

Det geografiske mønsteret i skogens vitalitet, og variasjonene over tid, samsvarer ikke med det geografiske mønsteret en skulle forvente å finne ved skader av luftforurensninger. Norge har et geografisk mønster for tilførsler av luftforurensninger, som er tilnærmet uendret fra år til år; - i hovedsak er mengdene størst i sør. Den avtakende gradienten mot nord er sterkest for tilførsler av sur nedbør, i betydningen forurensninger oppløst i nedbør, sulfat, nitrogenforbindelser og sterk syre ( $H^+$ ). At skogsjorda i det sørligste Norge generelt har lav tålegrense for sur nedbør pga at jorddekke er tynt og i stor grad består av mineraler som forvitrer seint, bidrar også til at en forventer eventuelle effekter først sør i landet.

Klimatiske forhold har betydelig innvirkning også på de vannkjemiske forholdene i skogøkosystemet. Særlig er høye konsentrasjoner av aluminium i stor grad et resultat av sjøsaltilførsler gjennom ionebytteprosesser. Deposisjon av langtransportert svovel med nedbøren har avtatt sterkt siden midten av 1970-tallet, og tilførslene er nå omtrent halvert. Sulfatkonsentrasjonen i jordvannet har avtatt tilsvarende.

Konsentrasjoner av forurensninger i luft og av mulig toksisk aluminium i jordvann på de intensive flatene er generelt lavere enn grenseverdier for skadelige effekter på skog. Men det er fortsatt usikkerhet omkring eventuelle effekter, fordi overvåkingsperioden er kort i et tidsperspektiv for en eventuell jordforsuring, som kan være gradvis tiltakende over tid, og det kan dermed være at effekter kan komme på lengre sikt. Denne tidsforsinkelsen, sammen med at tilførslene av sur nedbør er sterkt redusert de siste 30 årene, bidrar også til at det er usikkert om en eventuell jordforsuring i de mest utsatte områdene fortsatt pågår, eller om den er reversert. I tillegg kan det tenkes at det finnes påvisbare effekter av sur nedbør på følsomme lokaliteter. Når det gjelder ozon er det også usikkerhet, fordi en eventuell effekt på skog ikke er styrt av ozonbelastningen alene, men av et samspill mellom ozonbelastning og værforhold.

Årsakene til variasjonene i skogens vitalitet er usikre, men resultatene av overvåkingen så langt, sammenholdt med registreringer av skogskader, tyder på at skogskadebildet i stor grad er styrt av værforholdene og kan sees som regionale mønstre som endrer seg noe fra år til år. Klimatiske forhold kan gi skader direkte, eller de kan legge grunnlag for sopp- og insektangrep. Soppene granrust (*Chrysomyxa abietis*), furuas knopp- og greintørke (*Gremmeniella abietina*) og bjørkerust har hatt omfattende angrep de siste årene, og disse angrepene er i stor grad klimatisk styrt. En del av forklaringen er at fuktig vær, slik vi har hatt mye av i Sør-Norge de siste årene, legger til rette for spore-spredning og -etablering. Enkelte skadetyper er av kronisk art, og kan forklare vedvarende misfarging og kroneutglisning. I en sveitsisk undersøkelse nylig ble det funnet sterk sammenheng mellom rotkjuke og begge disse kronevariablene (Schmid-Haas 2002). Det var imidlertid nødvendig å undersøke for soppen i røttene, og ikke bare i stubbehøyde.

Det er i OPS ikke funnet tegn på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog (Solberg & Tørseth 1997, Solberg et al. 2002). Nye tålegrenseberegninger for Norge, med forbedrede estimater for forvittringshastighet, tyder også på at sur nedbør, gjennom jordforsuring, ikke ville ha vært noen nevneverdig stressfaktor for skog på sikt (Fig. 15, Larssen & Høgåsen 2003). Dette gjelder også dersom tilførslene av sur nedbør hadde forblitt på det høye nivået det var på 1970-tallet. Tolkningen av dette er at forvitringen av mineralmateriale i skogsjorda er en

langsiktig kilde av basekationer til jordvannet, som er stor nok til å erstatte tapet av basekationer pga sur nedbør og hogst. Det er imidlertid fortsatt usikkerhet, som gjør at effekter ikke definitivt kan utelukkes. Det er særlig usikkerhet knyttet til kriteriet for skader på trær, samt at det kan finnes følsomme lokaliteter som ikke er fanget opp i dagens datasett.

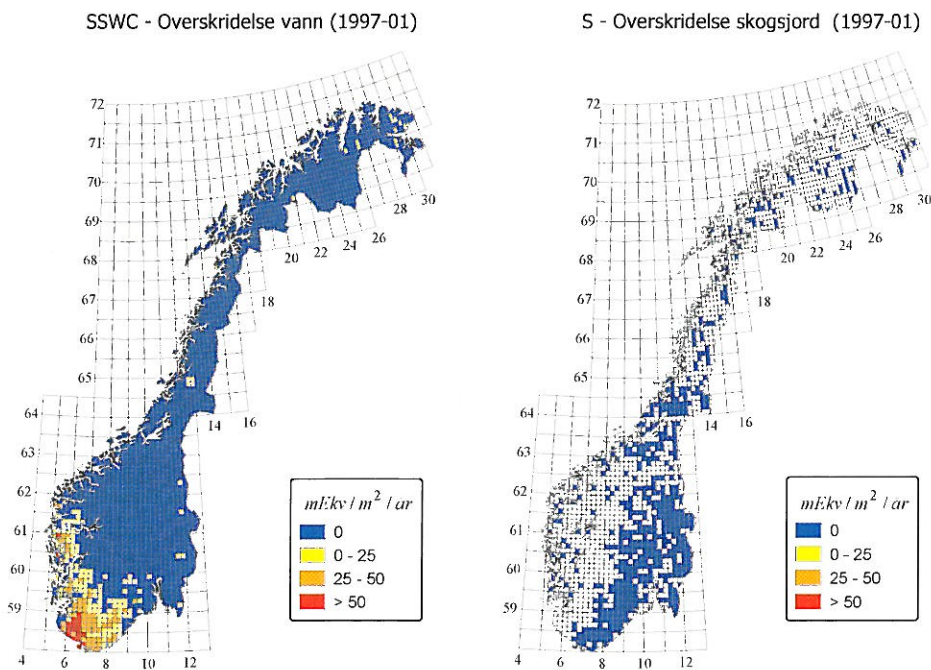


Fig. 15. Overskridelse av tålegrensen for forsuring av overflatevann (venstre) og skogsjord (høyre), fra Larssen & Høgåsen (2003). Overskridelser for skog forekommer nesten ikke, mens det er overskridelser for overflatevann over store områder.

*Exceedance of critical loads for acidification of surface water (left) and forest soil (right), from Larssen & Høgåsen (2003). Exceedance of forest soil is found only in a few cases, while exceedance of surface water is still present over considerable areas.*

## 5. Konklusjon

Det har vært registrert en stabil helsetilstand i norske skoger de siste 3-4 årene, selv om klimatisk styrte soppangrep har hatt usedvanlig stort omfang de siste årene. Trøndelag er den landsdelen som skiller seg ut i negativ retning med konstant lav, og fortsatt avtakende kronetetthet. Skogens helsetilstand, registrert ved kronetetthet, misfarging og avdøying, påvirkes i stor grad av klimatiske forhold, enten direkte som



ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at det påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Det er ikke funnet tegn som tyder på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog.

### **Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2002**

A fairly stable health condition is seen in the forests in Norway during the last 3-4 years. The area of Trøndelag in mid Norway is a region deviating from this overall picture, having low, and constantly decreasing, crown density. Notably also, is the climatically driven fungal diseases that have occurred over extensive areas. Forest health, as seen from annual assessments of crown density, discolouration and mortality, appears to be largely ruled by climatic conditions, either directly by drought, frost and wind, or indirectly by affecting the extent of diseases and pests. We have no findings that could indicate increased forest damage caused by long-range air pollutants.

The Norwegian monitoring programme for forest damage ("OPS") has been running since 1986. The aim is to monitor the vitality of Norwegian forests, and evaluate the influence of long-range air pollutants. The monitoring comprises two extensive and nation-wide sets of monitoring plots; the "national representative plots" being a part of ICP-Forests level I, and the "forest officers plots", 14 "intensive monitoring plots" (ICP-Forests level II); as well as a part of the national network of air pollution monitoring plots.

The stable forest health seen in OPS in the last years continued in 2002, and crown colour even improved, with fewer discoloured trees. Mean crown density increased slightly for Norway spruce, while it remained stable for Scots pine, since 2001. Crown density for birch increased slightly. On forest officers' plots, comprising mainly productive spruce stands, only minor changes were seen since 2001, except in Trøndelag, mid Norway, where a lasting decrease in crown density continued. Mortality of the three species remained at a low level as in previous years.

### **Etterord**

OPS er finansiert av Landbruksdepartementet, Miljøverndepartementet/SFT, og ved egeninnsats fra de utførende institusjonene. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, dvs andre forskere og teknikere ved de deltakende institusjonene, skogoppsynet og lokale stasjonsholdere.

### **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.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsberg, I., Solberg, S., & Aas, W. 2000. Intensive skogovervåkingsflater. Resultater fra 2001. *Intensive forest monitoring plots. Results 2001*. Aktuelt fra skogforskningen 4/02. 20 s.

- Andreassen, K., Solberg, S., Tveito, O.E. & Lystad, S.L. 2003. Regional differences in climatic responses of Norway spruce (*Picea abies* L. Karst) growth in Norway. Manuscript, submitted.
- Anon. 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, ICP Forests. Hamburg/Geneva. Part I-VIII.
- Dahl, E. & Skre, O. 1971. En undersøkelse over virkningen av sur nedbør på produktiviteten i landbruket. p. 27-40 i: Konferens om avsvalling, Publ 1971 (1). Nordforsk, Miljøvårdsverket, Helsingfors.
- Førland, E., 1993. Norwegian National Atlas: Annual precipitation (Map 3.1.1) and Monthly precipitation (Map 3.1.2), DNMI and Norwegian Mapping Authority.
- 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.
- Huyen, G. & Larsson, J. Y. 2003. Landsrepresentativ overvaking av skogens vitalitet i Norge 1989-2001. *National monitoring of forest vitality in Norway 1989-2002*. NIJOS rapport 1/2003:1-65.
- Larsen, T & Høgåsen, T. 2003. Tålegrenser og overskridelser av tålegrenser i Norge. Naturens tålegrenser. Fagrapport nr 116. NIVA rapport LNR 4722-2003, 1-24.
- Palmer, W.C., 1965: Meteorological drought. U.S. Weather Bureau, Res.Pap. No 45, 58 pp.
- Schmid-Haas, P. 2002. Zur Waldinventur gehört die Überwachung der Vitalität. Schweiz. Z. Forstwes. 153(2): 68-75.
- Solberg, S. 1999. Forest health monitoring: Evaluation of methods, trends and causes based on a Norwegian nationwide set of monitoring plots. Dr.agric thesis. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 33 s. Annexes.
- Solberg, S. 2002. Summer drought, - a driver for crown condition and mortality of Norway spruce in Norway. Forest pathology. Accepted
- Solberg, S. & Tørseth, K. 1997. Crown condition of Norway spruce in relation to S and N deposition and soil properties in Southeast Norway. Environmental Pollution 96/1: 19-27.
- Solberg, S., Kvindesland, S., Aamlid, D. & Venn, K. 2002. Crown condition and needle chemistry of Norway spruce in relation to critical loads of acidity in South-East Norway. Water, Air, and Soil Pollution. 140: 157-171.
- Tveito, O.E., Førland, E.J., Heino, R., Hanssen-Bauer, I., Alexandersson, H., Dahlström, B., Drebs, A. Kern-Hansen, C., Jönsson, T., Vaarby-Laursen, E., Westman, Y., 2000. Nordic Temperature Maps, DNMI Report 09/00 KLIMA.
- 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. 1. 1995. Skogskadesituasjonen i Norge. Status 1994. Rapp. Skogforsk 23/95:1-19.
- Aamlid, D., Solheim, H. & Venn, K. 1991. Skogskader. Veiledning i overvåking av skogskader. Norsk institutt for skogforskning, Ås. 53 pp.
- Aas, W., Solberg, S., Berg, T., Manø, S. and Yttri K.E. (2003). Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2002. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 23/2003 SFT Rapport 877/2003. 162s.