

skog+
landskap

Forskning fra Skog og landskap 7/08

OVERVÅKINGSPROGRAM FOR SKOGSKADER. ÅRSRAPPORT 2007

Norwegian monitoring programme for
forest damage. Annual report 2007

Kjell Andreassen, Volkmar Timmermann,
Nicholas Clarke, Halvor Solheim 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:

September 2008

Trykk:

07 Gruppen AS

Opplag:

1000

Bestilling:

Norsk institutt for skog og landskap

Postboks 115, 1431 Ås

Telefon: 64 94 80 00

Telefaks: 64 94 80 01

www.skogoglandskap.no

ISBN 978-82-311-0060-7

ISSN 1890-1662

Omslagsfoto:

Rød furubarveps spiser alle eldre nåler ved sterke angrep på furu, og i ekstreme tilfeller går larvene også løs på årets nåler. De små egglarvene klarer ikke å ete hele nålen og det blir stående igjen en midtstreng som tørker og faller av. Larvene sitter i tette klynger på skuddene.

Foto: Svein Solberg.

Forskning fra Skog og landskap - 7/08

**OVERVÅKINGSPROGRAM FOR SKOGSKADER.
ÅRSRAPPORT 2007**

Norwegian monitoring programme for forest damage.
Annual report 2007

Kjell Andreassen, Volkmar Timmermann, Nicholas Clarke, Halvor Solheim
og Wenche Aas

INNHOOLD

Sammendrag	3
Summary	4
1. Innledning	5
2. Materiale og metoder	7
3. Resultater	9
3.1 Trærnes kronetilstand	9
3.2 Spesielle skader i 2007	13
3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger	15
3.4 Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog	16
3.5 Kjemisk analyse av barnåler	17
4. Diskusjon	19
5. Tilstanden i norsk skog sammenlignet med andre land i Europa	21
6. Konklusjon – skogtilstanden	22
Etterord	23
Litteratur	24

SAMMENDRAG

Andreassen, K., Timmermann, V., Clarke, N., Solheim, H. & Aas, W. 2008. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2007. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2007*. Forskning fra Skog og landskap. 07/08: 1-24.

I 2007 var hele 20 % av alle bjørketrær angrepet og skadet av insekter der fjellbjørkemåleren alene sto for 16 %. Hos furu var det færre insektangrep sammenlignet med fjoråret, men fortsatt var vel 2 % av furutrærne angrepet av furubarveps. Antall nye toppbrekk, vindfall og andre snø- og vindrelaterte skader var omtrent på samme nivå som gjennomsnittet i overvåkingsperioden.

Helsetilstanden til trær, registrert ved kronetetthet, misfarging og avdøying, påvirkes i stor grad direkte av klimatiske forhold som tørke, frost og vind, eller indirekte ved at klima påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Langtransporterte luftforurensninger kan komme i tillegg til eller virke sammen med klimatiske forhold.

Kronetettheten utviklet seg negativt på de landsrepresentative flatene for treslagene gran, furu og bjørk. Det var likevel store regionale forskjeller, og som kom tydeligst frem på de regionale flatene. Også i 2007 ble det registrert størst nedgang i kronetetthet for gran i Oppland, Hedmark og i Agderfylkene.

Kronefargen utviklet seg negativt for gran med flere misfargede grantrær i 2007. For furu og bjørk ble det derimot registrert færre misfargede trær i Norge. Det er de eldste trærne som er mest utsatt for misfarging.

Avdøyingen hos gran og furu var ca 0,2 % på de landsrepresentative flatene og 0,6 % på de regionale flatene. Hos bjørk derimot ble avdøyingen bortimot fordoblet fra fjoråret og var nå på 1,8 % i 2007. Dette har sannsynligvis sammenheng med de store insektskadene hos bjørk i 2006 og 2007. Det er de eldste trærne som er mest utsatt og har høyest dødelighet. Denne avdøyingen hos skogstrær må betraktes som normal.

Nøkkelord: Skogens helsetilstand, overvåking, skogskader

SUMMARY

Andreassen, K., Timmermann, V., Clarke, N., Solheim, H. & Aas, W. 2008. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2007. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2007*. Forskning fra Skog og landskap. 07/08: 1-24.

In 2007 20 % of birch trees were attacked by insects of which 16 % by the autumnal moth (*Epirrita autumnata*). The insect attacks on Scots pine were reduced in 2007 compared with the previous year; however, 2 % of the pine trees were attacked by the pine sawfly (*Neodiprion sertifer*). The amount of new top breakage, windfall, and other wind and snow related damage was at about the same level as throughout the entire forest monitoring period.

Forest health, monitored as crown density, discolouration and mortality, is also affected by climatic conditions such as drought, frost and wind, either directly or indirectly through their effect on fungal and insect attacks. Long-range transboundary air pollution might also affect forest condition, either alone or in combination with climatic conditions.

In general, crown density decreased in Norway for Norway spruce, Scots pine and birch at the level 1 plots. However, we identified large regional variations, especially at the regional plots. The largest decrease in crown densities in 2007 was observed in the counties of Agder, Hedmark and Oppland.

The crown colour developed negatively for Norway spruce, with more discoloured trees in 2007. In Scots pine and birch forest, fewer discoloured trees were observed in Norway. The discolouration is most frequently observed among the oldest trees.

The mortality was 0.2 % in Norway spruce and Scots pine forest on the national representative plots and 0.6 % on the regional plots. Birch mortality was 1.8 %. The oldest trees had the highest mortality rate; however, this mortality has to be considered as normal.

Key words: Forest health, monitoring, forest damage

1. INNLEDNING

I begynnelsen av 1980-tallet 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 voksesteder ville bli redusert med 1,5 prosent på grunn av sur nedbørs utvasking av kalsium fra jordsmonnet. Rundt 1980 fikk rapporter om «Skogdøden», eller de «nye skogskadene» i Mellom-Europa, mye oppmerksomhet. Det ble hevdet at disse skadene var utbredt og akselerende. 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 denne oppfatningen hadde det norske SNSF-programmet (Sur nedbørs virkning på skog og fisk) vist at skader på skog i Norge forårsaket av sur nedbør var lite sannsynlig, men at man ikke kunne utelukke langtidseffekter, som magnesiummangel på grunn av jordforsuring (Abrahamsen et al. 1993).

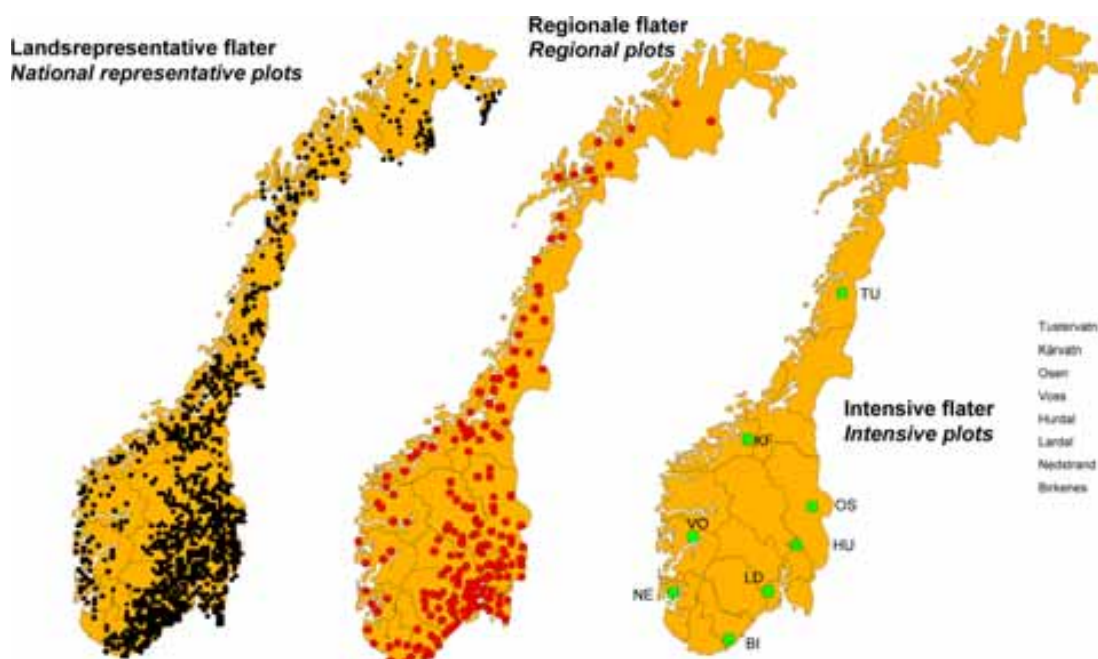
I begynnelsen av 1980-tallet satte de fleste europeiske land i gang skogskadeovervåking med hensikt å få en oversikt over skadene og følge utviklingen over tid. Arbeidet ble underlagt FN's konvensjon om langtransporterte, grenseoverskridende luftforurensninger, og ble organisert i programmet ICP Forests (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests). I Norge er det Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) som på oppdrag av myndighetene

utfører skogovervåkingen, som del av det internasjonale samarbeidet i ICP Forests. OPS ble etablert i 1984/1985 og kom i drift med egne observasjoner fra 1986. Formålet til OPS er å klarlegge skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid og belyse i hvilken grad langtransporterte luftforurensninger fører til skogskader i Norge. Norsk institutt for skog og landskap koordinerer og leder arbeidet med skogovervåkingen på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet og Statens forurensningstilsyn (SFT). I tillegg deltar Norsk institutt for luftforskning (NILU), samt Fylkesmannens landbruksavdelinger og skogbrukssjefene i landets kommuner. Metodene for observasjoner og målinger er koordinert av det europeiske programmet, og registreringsmetodikken er dermed den samme over hele Europa (Tabell1).

Det er tre aktuelle hovedhypoteser for hvordan skog i Norge kan skades av langtransporterte luftforurensninger:

- direkte skader av ozon eller svoveldioksid (i Pasvik) i luft
- indirekte ved aluminiumforgiftning som følge av jordforsuring
- indirekte ved magnesiummangel som følge av jordforsuring

Formålet med denne rapporten er å gi en samlet fremstilling av resultatene fra OPS til og med 2007. For mer detaljert informasjon vises det til rapporter fra de utøvende institutter, se litteraturlisten.



Figur 1. De tre settene av overvåkingsflater i 2007; fra venstre: landsrepresentative flater, regionale flater og intensive flater.

Tabell 1. Observasjoner innen OPS i 2007 jevnført med internasjonale anbefalinger

Flatetype	Landsrepresentative flater – Level I (1671 flater)	Intensive flater – Level II (8 flater)	Regionale flater (499 flater)	ICP Forests
Flatestørrelse	250 m ²	2500 m ²	Variabel (gjennomsnittlig 700 m ²)	Level I har fire klustre av 4 trær i et 16x16 km nett. Level II: min 2500 m ² i homogen skog.
Kronetilstand	Alle flater, vurdert én gang årlig	Alle flater, vurdert én gang årlig	Alle flater, vurdert én gang årlig	Alle flater, vurdert én gang årlig
Tilvekst	Alle flater, målt hvert femte år	Alle flater, målt hvert femte år	Alle flater, målt hvert femte år	Alle Level II flater. Ikke med på Level I
Jordkjemi	Alle flater, én gang	Alle flater, minst én gang	Alle flater på Sør-Østlandet én gang	Alle flater
Barnålkjemi	45 flater, én gang	Alle flater, annet hvert år	Alle flater på Sør-Østlandet én gang	Alle flater på Level II annet hvert år
Nedbør i skog	*	Alle flater, kontinuerlig.	*	Noen flater (****), kontinuerlig
Jordvann i skog	*	Alle flater, kontinuerlig i vekstsesongen	*	Noen flater, kontinuerlig
Vegetasjon	*	Alle flater, hvert femte år	*	Alle flater, hvert femte år
Strøfall	*	15års tidsserie. Avsluttet i 2002	*	Noen flater, valgfri
Meteorologi **	*	**	*	Noen flater, kontinuerlig
Luftkjemi	*	***	*	Noen flater, kontinuerlig
Fenologi **	*	**	*	Noen flater, valgfritt

* kun Level II

*** Norge måler luftkjemi i SFT's «sur nedbør program» (NILU).

** kun delvis på én flate i Norge

**** Med noen flater menes omtrent 10% av totalt antall Level II flater i hvert land

2. MATERIALE OG METODER

Overvåkingen i OPS omfatter registreringer på tre sett av overvåkingsflater i skog (Fig. 1), samt at OPS inngår i den nasjonale overvåkingen av tilførsler av langtransporterte luftforurensninger. Metodene i skogovervåkingen har fulgt de europeiske anbefalingene som er nedfelt i håndboken; *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests* (UNECE/EC 2007a). Luftforurensningsprogrammet følger EMEP-manualen (EMEP 2001). Enighet om og bruk av felles metoder er grunnleggende for internasjonal overvåking, og helt essensielt for å kunne tolke resultatene i internasjonal sammenheng.

Grunnleggende registrering på alle overvåkingsflater som inngår i programmet, og som er obligatorisk for å delta i det europeiske programmet (ICP Forests), er observasjoner av trærnes kronetilstand ved visuell kronebedømmelse, det vil si registrering av krone-tetthet, kronefarge, skader og andre parametre.

Antall flater i Norge som observasjonene har vært utført på, har variert. I de senere år har både antall landsrepresentative og intensive flater blitt redusert. I tillegg er prøvetakingshyppigheten redusert, og det utføres færre observasjoner pr. flate. Fra og med 2008 innstilles skogovervåkingen på det regionale flatesettet helt.

Landsrepresentative flater (LF, Level 1) er et landsdekkende flatesett og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP Forests Level I-flater (Hysten & Larsson 2008). LF driftes av Norsk institutt for skog og landskap. Fra 1989 til 2000 ble kronetilstandsregistreringer utført årlig for alle gran- og furutrær som stod på flater i et 9x9 km rutenett i hele landets skogareal. Overvåkingen av bjørk foregikk på flater i et 18x18 km nett fra 1992 til 2001. Fra og med 2001 består den landsrepresentative skogovervåkingen for gran- og furuskog (fra 2002 for bjørkeskog) av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. I tillegg kommer registreringer av krone-tetthet og kronefarge på et utvalg av gran- og furutrærne i Landskogtakseringens flatenett (3x3 km). Utvalget av flater er foretatt slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid. Flatene har en fast størrelse på 250 m². De første registreringene ble utført av Landsskogtakseringen i 1984. Tilvekst registreres periodisk. Antall flater og trær som oppsøkes varierer noe fra år til år. I 2007 ble 1671 flater med 9161 trær oppsøkt.

Regionale flater (RF), tidligere kalt *skogoppsynets overvåkingsflater* (SF), er et landsdekkende nettverk med flatesett i 172 skogbrukssjefdistrikter, som ble opprettet i 1988. Årlige kronetilstandsregistreringer og tilvekstmålinger hvert femte år utføres av skogbrukssjefene ved de kommunale landbrukskontorer i samarbeid med Fylkesmannens landbruksavdelinger, mens Skog og landskap har ansvaret for metodikk og rapportering (Timmermann 2008). Hvert flatesett består av en flate i hver av 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). Flatene, som er på gjennomsnittlig 700 m², er subjektivt utvalgt, hovedsakelig i produktive granbestand. I 2007 ble det registrert kronetilstand på 499 flater og 26582 trær, og av disse hadde 12453 trær på 298 flater komplette registreringer for hvert år gjennom den 20 år lange overvåkingsperioden. 2007 var den 20. og siste feltsesongen; overvåkingen på det regionale flatesettet er nå innstilt.

Intensive flater (IF, Level 2), driftes av Skog og landskap, og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP Forests Level II-flater (Andreassen et al. 2008). Den intensive overvåkingen skjer på fast definerte flater på ca 2500 kvadratmeter, i homogen skog. Flatene ble etablert i nesten alle fylker i perioden 1986–1989. I 2007 var åtte av opprinnelig 17 intensivt overvåkede flater i drift. På disse flatene inngår et større og mer avansert registrerings- og måleprogram enn på de andre overvåkingsflatene for å fremskaffe mange ulike typer data som skal kunne gi en mer omfattende og detaljert informasjon om skogøkosystemet. Disse dataene er også viktige i det internasjonale samarbeidet der data fra Level II flatene gir grunnlag for vurderinger av skogøkosystemet på europeisk nivå. Kronevurdering og jordanalyser er obligatorisk. I tillegg utføres analyser av kjemisk innhold i luft, nedbør, jordvann og barnåler, samt av skogsvegetasjonen. Enkelte registreringer utføres årlig eller med flere års mellomrom, mens noen målinger foretas kontinuerlig eller med bare en til to ukers mellomrom (Tabell1). Når disse målingene vurderes sammen, kan mulige effekter av luftforurensninger avdekkes. Målinger og observasjoner av strøfall, fenologi og meteorologi inngår også i det europeiske programmet, men for tiden ikke i OPS.

Målinger i det nasjonale overvåkningsprogrammet for forurensningsutvikling i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på seks stasjoner i Norge (Aas et al. 2007). OPS inngår i dette programmet, og mange av stasjonene ligger i nærheten av de intensive overvåkingsflatene.

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), samt på programmets nettsider: <http://www.skogoglandskap.no/temaer/ops>

3. RESULTATER

3.1 Trærnes kronetilstand

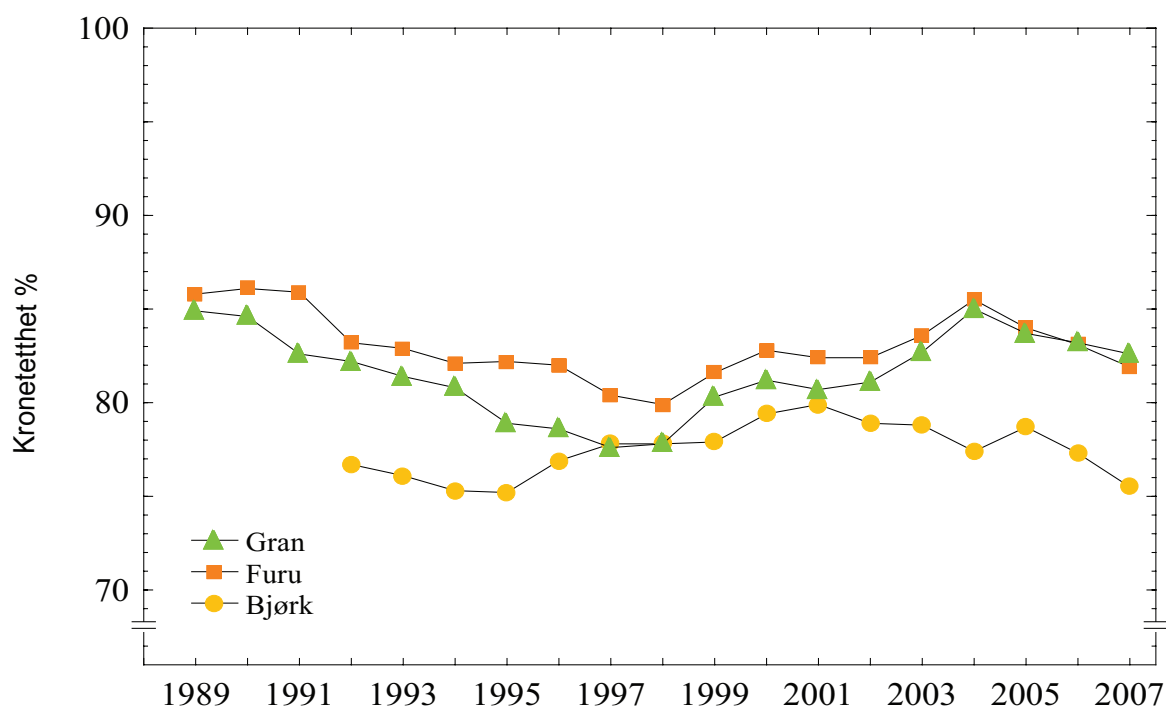
Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2007 viser at skogens helsetilstand, landet sett under ett, er stabil, til tross for en liten nedgang i kronetetthet på de fleste overvåkingsflatene.

I den landsrepresentative overvåkingen (Hysten & Larsson 2008) ble 0,6 % av alle oppsøkte trær i 2007 registrert som nye døde, 0,2 % av trærne hadde stammebrenn, 0,1 % hadde tørrtopp, 0,1 % var vindfelt og 0,9 % var avvirket. Kronetilstandsregistreringer ble utført på alle levende trær på flata som tilfredsstilte kravene til overvåkingstrær; i alt 3979 gran-, 2967 furu- og 2215 bjørketrær på til sammen 1671 flater.

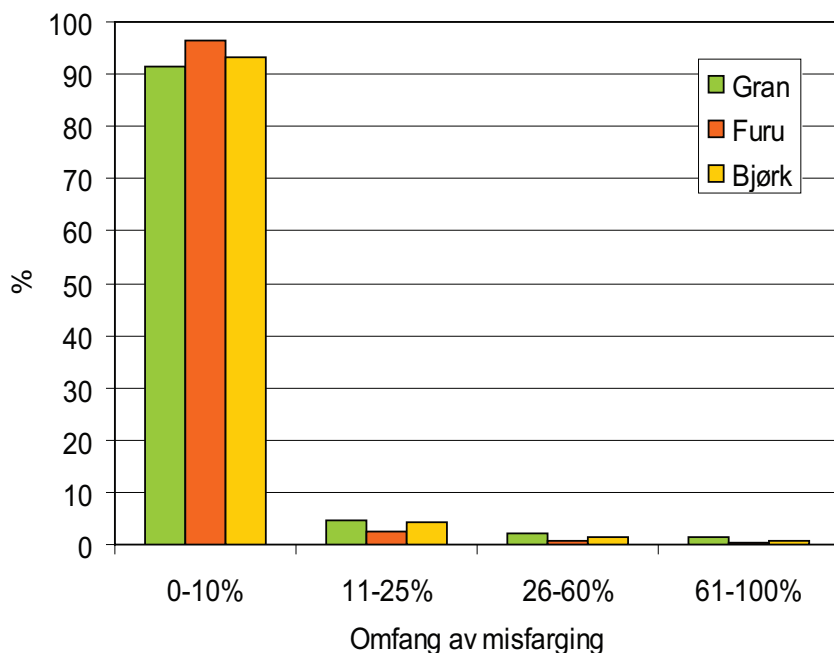
Gjennomsnittlig kronetetthet for gran var 82,6 %, for furu 81,9 % og for bjørk 75,5 % på de landsrepresentative flatene (Fig. 2). For gran og furu representerte dette en reduksjon på henholdsvis 0,7 og 1,3 %, og for bjørk en reduksjon på 1,8 % sammenlignet med kronetettheten i 2006. Fra 1989 til 1998 var det en årlig nedgang i kronetetthet for gran og furu. I perioden fra 1998 til 2004 var det en økning av kronetetthet for gran og furu, mens det i de tre siste årene igjen var en nedgang. For bjørk derimot avtok kronetettheten fra 2001 og frem til 2007, med unntak av en liten oppgang i 2005 (Fig. 2).

Andelen trær med fulltette kroner var for gran 50,6 %, furu 31,6 % og for bjørk 22,3 %. Dette representerer en nedgang for gran på 0,5 % og en økning for furu på 0,4 % sammenlignet med resultatene for 2006, mens bjørka med 10,7 % hadde en betydelig større nedgang i andelen trær med fulltette kroner.

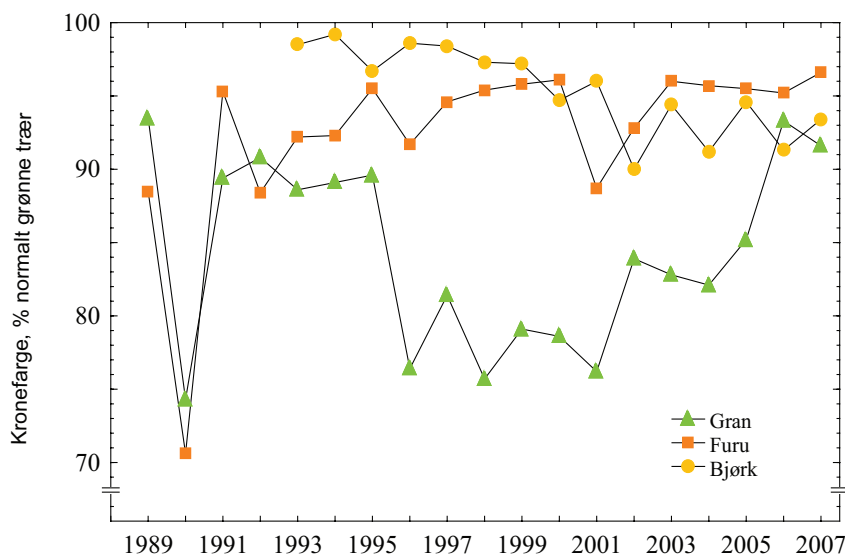
Andelen grantrær med normal, grønn kronefarge (prosentandel trær med 90 % grønne barnåler) gikk ned noe fra 2006, og var på 92 % i 2007 (Fig. 3). Dette er likevel den nest høyeste andelen som er registrert under hele overvåkingsperioden. Utviklingen av kronefarge over tid viser at for gran har andelen trær med normal kronefarge økt kraftig siden 2001 på landsrepresentative flatene (Fig. 4). Det er som tidligere hovedsakelig eldre grantrær som er mest misfarget. Hos furu økte andelen trær med normal grønn farge til 97 % i 2007. Også for bjørk var det en økning i andelen trær med normal grønn kronefarge til 93 % (Fig. 3). Økningen var størst for trærne over 60 år (92 % normalt grønne trær i 2007 mot 84 % året før), mens bjørk under 60 år hadde samme andel normalt grønne trær som i 2006 (94 %).



Figur 2. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for gran, furu og bjørk på de landsrepresentative flatene 1989-2007.



Figur 3. Omfang av kronemisfarging for gran, furu og bjørk på de landsrepresentative flatene i 2007.



Figur 4. Utvikling av kronefarge for gran, furu og bjørk (prosentandel normalt grønne trær) på de landsrepresentative flatene.

Det ble registrert få skader i den landsrepresentative overvåkingen på gran og furu i 2007. 1,4 % av de undersøkte grantrærne var angrepet av granrust, mens 0,5 % hadde skader forårsaket av snø. 2,2 % av furutrærne var skadd av furubarveps (*Neodiprion sertifer*), mens 0,6 % var skadet av snø. Hos bjørk derimot hadde mer enn en fjerdedel av trærne skader: 16 % av trærne var skadet av fjellbjørkemåler (*Epirrita autumnata*), 4,1 % av andre insekter og 3,2 % av bjørkerustsopp (*Melampsorium betulinum*). Snøskader ble registrert hos

1,8 % og frostskaider hos 1,3 % av de undersøkte bjørketrærne. Det kan være betydelige lokale forskjeller i angrep av skadegjørere. Dødeligheten var lav for gran og furu (hhv 0,3 og 0,1 %), mens den nesten fordoblet seg for bjørk fra 1 % i 2006 til 1,8 % i 2007. Samlet for alle treslagene var dødeligheten 0,6 % i 2007.

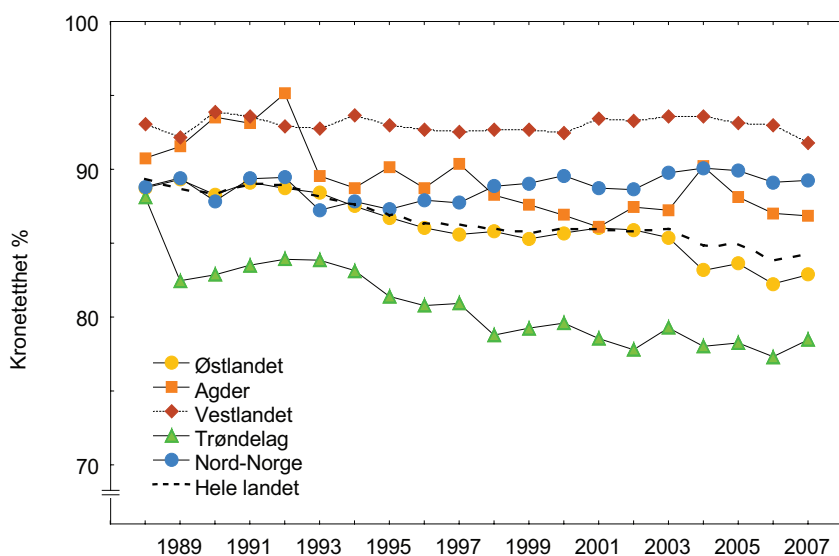
På de regionale overvåkingsflater (Timmermann 2008) ble det i 2007 registrert 31147 trær fordelt på 499 overvåkingsflater, dvs. gjennomsnittlig 62 trær pr. flate. Av disse egnet 26582 seg til kronebedømmelse (24588 gran- og 1994 furutrær). 12453 av de bedømte trærne har vært overvåket hvert år siden prosjektets start i 1988.

Gjennomsnittlig krone tetthet for gran var 83,8 % i 2007. Det var ingen signifikant endring fra året før på landsbasis på de regionale flatene i motsetning til den generelle nedgangen som ble observert på Level 1- flatene. Regionalt var

det imidlertid betydelige forskjeller og de fleste endringene på fylkesnivå var signifikante på de regionale flatene (Tabell 2). Flere av fylkene på Østlandet opplevde igjen en nedgang i krone tetthet. Også i Agder fortsatte krone tetthet å synke i 2007 og lå på det laveste nivået siden 2001, men fortsatt over landsgjennomsnittet (Fig. 5). Krone tetthet på Vestlandet er fortsatt den høyeste i landet, men var i 2007 på det laveste nivået siden oppstarten av prosjektet i 1988. I Trøndelag økte krone tetthet fra 2006 til 2007, men den var fortsatt betydelig lavere

Tabell 2. Kronetetthet for gran i 2007 i prosent på de regionale flatene (endringene siden 2006 i parentes, parvise års data). Signifikante endringer ($p < 0,05$) siden 2006 er merket med stjerne.

Fylke	III	IV	Flatetype V	Ekstrem	Alle
Østfold	85,8 (-1,2*)	86,3 (-1,6*)	83,0 (-0,9)	77,4 (-0,2)	83,1 (-1,0*)
Akershus/Oslo	87,7 (-1,0)	85,7 (0,8)	82,6 (0,3)	76,2 (-1,0)	83,7 (-0,1)
Hedmark	86,2 (-0,5*)	73,6 (-2,0*)	81,8 (0,2)	76,6 (-0,9*)	80,4 (-0,8*)
Oppland	89,3 (2,7*)	78,0 (2,6*)	74,3 (3,2*)	63,9 (1,5*)	77,1 (2,6*)
Buskerud	89,2 (0,9*)	84,0 (-0,6)	84,9 (1,1*)	76,0 (0)	84,8 (0,4*)
Vestfold	94,2 (-0,8*)	90,6 (-0,7*)	84,8 (-1,8*)	74,7 (-7,0*)	88,9 (-1,6*)
Telemark	89,8 (0,5)	87,8 (-0,5)	84,5 (-1,3*)	78,3 (0,2)	85,2 (-0,1*)
Aust-Agder	94,1 (-0,4)	87,6 (-0,7*)	92,0 (-2,5*)	79,3 (-1,4*)	87,1 (-1,2*)
Vest-Agder	90,1 (-0,1)	86,3 (-0,7*)	82,1 (-1,9*)	81,0 (1,0*)	85,9 (-0,3)
Rogaland	95,4 (-1,5*)	88,1 (-6,2*)	93,4 (-2,4)	92,4 (-1,0)	92,4 (-2,7*)
Hordaland	93,8 (1,0*)	92,9 (0,9*)	86,3 (-3,5*)	87,4 (-0,6)	90,7 (-0,1)
Sogn og Fjordane	92,4 (-0,9)	96,9 (-0,1)	96,2 (0,2)	91,6 (0,2)	94,3 (-0,3)
Møre og Romsdal	92,3 (-0,6*)	90,9 (-0,4)	85,4 (-1,6*)	79,8 (-0,1)	88,4 (-0,6*)
Sør-Trøndelag	89,8 (2,6*)	83,8 (0,5)	81,2 (4,5*)	67,1 (0,9)	80,8 (2,0*)
Nord-Trøndelag	83,7 (-1,6*)	81,3 (-1,6*)	75,5 (1,4*)	66,9 (-1,0*)	76,5 (-1,0*)
Nordland	90,6 (0,3)	86,9 (1,3*)	79,9 (-0,9*)	78,7 (-0,1)	85,8 (0,6*)
Troms	91,9 (-0,6*)	92,0 (0)	93,9 (-0,6)	81,5 (0,3)	89,4 (-0,2*)
Gjennomsnitt	89,6 (0,1)	85,0 (-0,1)	82,4 (0,5*)	75,4 (-0,2)	83,8 (0,1)



Figur 5. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for gran på de regionale flatene (gjennomgående datasett).

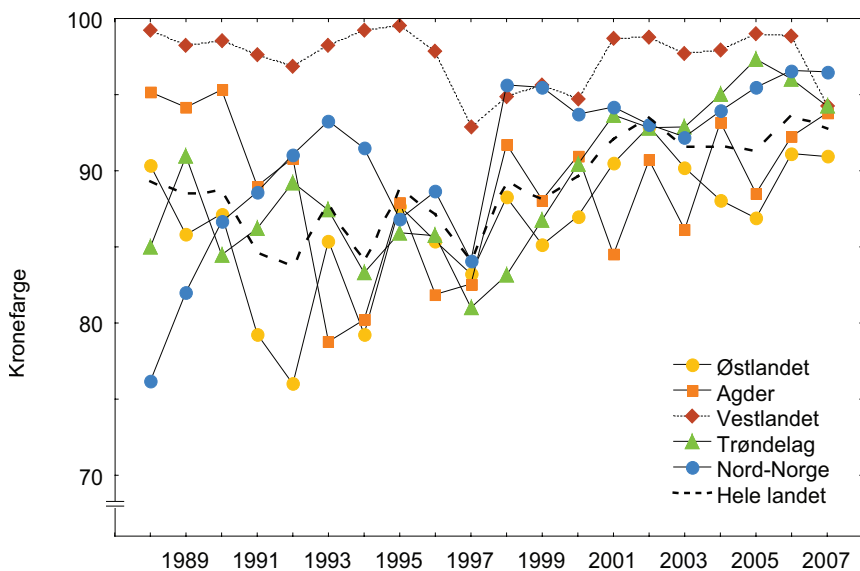
her enn i de øvrige landsdelene. Siden 1998 har kronetetthet i Nord-Norge vært den nest høyeste i landet, og den økte fra 2006 til 2007. Lavest kronetetthet av alle fylker hadde Nord-Trøndelag og Oppland, begge under 80 %. Også i Hedmark og Sør-Trøndelag preges grankronene av lavere tetthet enn i resten av landet. Regionene Trøndelag og innlandsfylkene Hedmark og Oppland er dermed fortsatt noen av områdene i Europa som karakteriseres ved lav kronetetthet (UNECE/EC 2007b). Forskjel-

lene i kronetetthet for gran mellom flatetyperne har forandret seg lite det siste året (Tabell 2). Den gamle skogen på ekstremflatene hadde fortsatt lav kronetetthet (75,4 %), mens ungskogen i hogstklasse III hadde gjennomgående høy kronetetthet (89,6 %). Forskjellene mellom flatetyperne har vært stabile, med en nesten parallell utvikling under hele overvåkingsperioden.

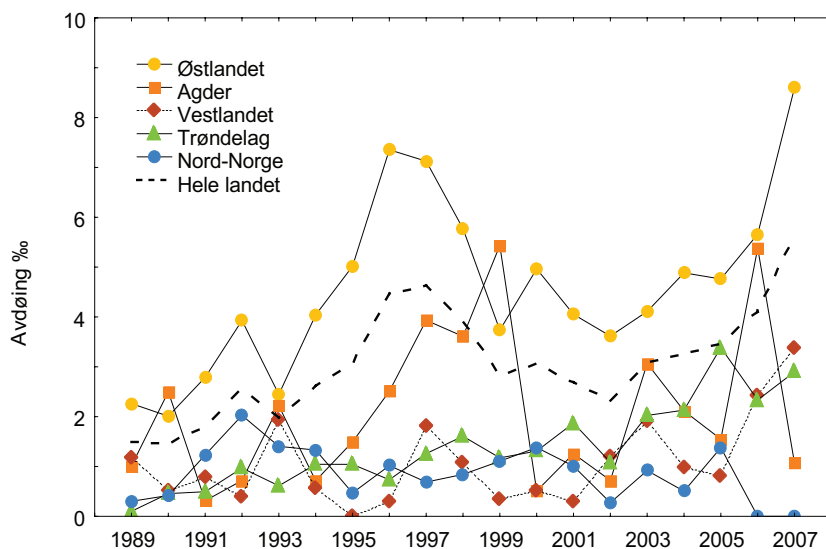
Gjennomsnittlig kronetetthet for furu i det

regionale flatesettet har sunket jevnt siden midten av 1990-tallet, og var i 2007 så lav som 72,8 %. Dette er klart lavere enn gjennomsnittet for furu i Europa for øvrig (UNECE/EC 2007b). Det er særlig furutrærne i Finnmark som preges av lav kronetetthet (60,4 % i 2007).

Det var generelt lite misfarging hos gran i hele landet: Til tross for en svak nedgang fra 2006, hadde 92 % av grantrærne normal, grønn farge i 2007.



Figur 6. Utvikling av kronefarge (prosentandel grønne trær) for gran på de regionale flatene (gjennomsnittlige datasett).



Figur 7. Utvikling av avdøying (promille av ikke undertrykte grantrær uten toppbrekk) for gran på de regionale flatene (parvise års data).

Kronefarge forbedret seg på granflatene i Agder, mens misfargingen økte i alle andre landsdeler (Fig. 6). Likevel var andelen trær med normal, grønn farge over 90 % både i Agder, på Vestlandet, i Trøndelag og i Nord-Norge, med unntak av noen flater. Østlandet hadde fortsatt lavest andel normalt grønne trær av alle landsdeler. Vestfold og Hedmark hadde mest misfarging på gran av alle fylker i 2007. Av flatetyperne var det som tidligere ekstremflatene som hadde mest misfarging på gran, og størst omfang av misfarging var det på ekstremflatene i Buskerud og Vestfold. Over 90 % av grantrærne har hatt normal grønn farge siden 2000, mens det på

1990-tallet var betydelig mer misfarging og større variasjon mellom årene enn hva det har vært de siste årene.

Det var i hovedtrekk lite misfarging hos furu over hele landet i 2007, og andelen furutrær med normal, grønn farge var høyere enn i 2006.

Det ble innrapportert skader på 1,3 % av trærne i 2007, som er noe mindre enn året før. De hyppigste skadeårsakene som ble angitt av skogbrukssjefene var klimatisk betinget (0,6 %), mens sopp og insekter sto for 0,5 % av skadene. For gran var avdøingen 0,5 % landet sett under ett i 2007, og dette er høyere enn gjennomsnittet for hele den 20-årige overvåkingsperioden. For furu var avdøingen 0,6 %. Avdøying tiltok på Østlandet på Vestlandet og i Trøndelag, mens den avtok i Agder og var lik null i Nord-Norge (Fig. 7). Aldri tidligere i løpet av overvåkingsperioden har det blitt observert

like høy avdøying på Østlandet som i 2007 (Fig. 7).

På de intensive flatene (Andreassen et al. 2008) var det ingen signifikant endring i gjennomsnittlig kronetetthet for gran fra 2006 til 2007 (Tabell 3). På flata i Lardal var det en signifikant økning i kronetetthet, mens Voss i vest og Tustervatn i nord hadde en signifikant nedgang i kronetetthet. Det var flata i Nedstrand som hadde høyest kronetetthet (85 %), sammen med Birkenes (83,9 %), mens Tustervatn og Voss hadde lavest (hhv. 72,2 og 74,2 %), som i tidligere år. Forskjellene mellom flatene økte igjen i 2007, og det var mer enn 10 % som skilte flata med

Tabell 3. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på Level 2 flatene i 2007 og endringer fra 2006 i parentes (*=signifikante endringer). Gjennomsnittstall for granflatene. Antall bedømte trær pr. flate (totalantallet i parentes).

Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge	Trær bedømt (totalt)
BI=Birkenes	Gran	83,9 (-0,6)	100 (4)	51 (170)
HU=Hurdal	Gran	81,2 (0,1)	86 (-8*)	70 (94)
LD=Lardal	Gran	82,7 (1,8*)	98 (13*)	60 (122)
NE=Nedstrand	Gran	85,0 (0,6)	100 (2)	52 (139)
OS=Osen	Gran	82,9 (0,3)	100 (8*)	128 (332)
TU=Tustervatn	Gran	72,2 (-1,4*)	100 (17*)	68 (141)
VO=Voss	Gran	74,2 (-3,6*)	92 (15*)	65 (146)
KF=Kårvatn	Furu	83,7 (3,6*)	100 (21*)	68 (127)
OS=Osen	Furu	88,2 (3,3*)	99 (13*)	67 (79)
Gj.snitt	Gran	80,3 (-0,4)	97 (7*)	71 (163)
Totalt	Gran+furu			629 (1350)

høyest kronetetthet fra den med lavest. Alle flatene hadde kronetetthet lavere enn eller lik 85 %, og gjennomsnittet for alle granflatene lå på 80,3 % i 2007.

Misfargingen minsket signifikant fra 2006 til 2007 på nesten alle flater, med unntak av Hurdal som hadde en økning, men også mest misfarging av alle flater (Tabell 3). Nesten alle grantrærne var friskt grønne i 2007, og gjennomsnittsverdien for alle granflatene (97 %) er sammen med 2002 den høyeste som er registrert siden prosjektstarten. Siden 2001 har andelen normalt grønne grantrær vært høy, over eller rundt 90 %, mens 1990-tallet var preget av store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging.

3.2 Spesielle skader i 2007

Denne lista er utarbeidet etter rapportene innsendt til «Skogskader på Internett» og befaringer. Se også <http://www.skogoglandskap.no/temaer/skogskader> for aktuelle skogskader.

Grantørke. Mange steder på Østlandet ble det i 2007 observert toppskranting og avdøying av gran i yngre produksjonsskog i hogstklasse 3 og 4. Tørken i juli året før kombinert med barkbilleangrep og honningsopp er trolig årsaken da klimatiske og biologiske skadegjørere stresser og svekker trærne slik at de blir ytterligere utsatt for annen skranting og mortalitet.

Bjørkeskranting. Mange steder på Østlandet har bjørka skrantet over flere år, også i 2007. Somrene 2005 og 2006 hadde begge varme og tørre perioder i juli, noe som kan ha svekket bjørketrærne. I 2007 ble det i tillegg observert klimatiske vinterskader på bjørk og enkelte andre treslag. Utpå ettersommeren

forverret inntrykket av skrantende bjørk seg ved at to soppsjukdommer i varierende grad angrep bladene; bjørkerustsoppen (*Melampsorium betulinum*) og en bladflekksopp (*Pyrenopeziza betulicola*). Begge soppene fører til at bladene blir gule og faller av for tidlig. Bjørkerustangrepene var særlig omfattende i Telemark.

Knopp- og skuddavdøying hos ask. Våren 2007 var aska uvanlig sen med skuddskytingen, og mange knopper og skudd var skadd. Dette ble observert langs kysten fra Rogaland til svenskegrensen. Undersøkelser enkelte steder kunne tyde på at også ask var utsatt for vinterfrostskafer. Skadene var mest typisk på frittstående større trær, hvor øvre del av krona og den ytterste delen på eksponerte grener var sterkest rammet. Undersøkelser i enkelte lokaliteter kunne ikke påvise den aggressive askeskuddsjuken som skadeårsak, men slike angrep kan likevel ha opptrådt sammen med vinter-skaden i enkelte områder.

Heggspinnmøll (*Yponomeuta evonymella*). For andre året på rad var det mange spøkelsesaktige heggetrær å se med treet innhyllet i spinn, særlig på Østlandet og i Trøndelag. Insektet spinner et karakteristisk tett nett rundt heggen og spiser opp de grønne bladene. Ved sterke angrep kan heggen bli fullstendig ribbet for blader, men vanligvis skyter trærne nye blader når angrepet er over, og om høsten kan heggetrærne se helt friske ut igjen. På denne måten overlever heggen som regel, men ved kraftige angrep flere år på rad kan trærne dø. Det så svært dramatisk ut i juni måned da angrepene var som sterkest, men utover sommeren kom det nye blader så heggen tok ikke særlig stor skade av angrepene. Slike angrep opptrer gjerne med noen års mellomrom. Forrige gang det var store angrep på Østlandet var på midten av 1990-tallet.

Bladbiller. I 2007 var det en del angrep av forskjellige bladbiller. Flere steder på Vestlandet var det betydelige angrep av stripet orebladbiller (*Galerucella lineola*) på or, hvor hele lisider dominert av or kunne være angrepet. I tillegg var det mye angrep

av pilebladbiller (*Phratora vitellinae*) på selje i Trøndelag.



Figur 8. Hegg dekket av spinn fra heggspinnmøll får et spøkelsesaktig utseende. Under silkespinnet er larvene beskyttet og spiser opp de grønne bladene. Foto: Dan Aamlid.

3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger

I 2007 ble svovel og nitrogenforbindelser i luft målt på seks 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. Prøver ble tatt døgnetlig eller ukentlig (Søgne). Detaljer om tilførselsprogrammet finnes i Aas et al (2007).

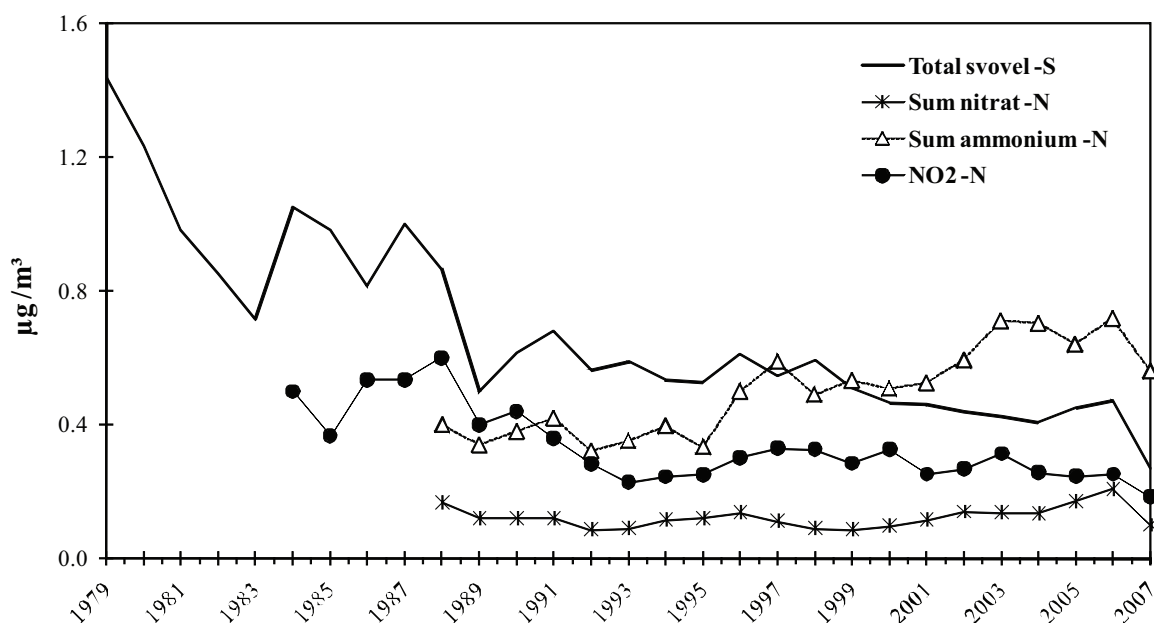
Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid var høyest langs kysten i Sør-Norge og i Finnmark, representert med Søgne på 0,21 $\mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$ og Karasjok med 0,19 $\mu\text{g S}\cdot\text{m}^{-3}$. Stasjonen Karasjok er ikke tilknyttet OPS programmet, men er representativ for regionen. Sulfatkonsentrasjonen er høyest i Sør-Norge. De høyeste døgnmiddelverdier, årsmiddel- og prosentkonsentrasjonene av NO_2 observeres på stasjonene i Sør- og Øst-Norge. Høyeste årsmiddelverdier for «sum nitrat» hadde Søgne med 0,23. «Sum ammonium» var høyest på Tustervatn, men denne stasjonen er noe påvirket av lokal landbruksaktivitet. Årstidsvariasjonen av «sum nitrat» (HNO_3+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). Bidraget av tørravsett svovel til den

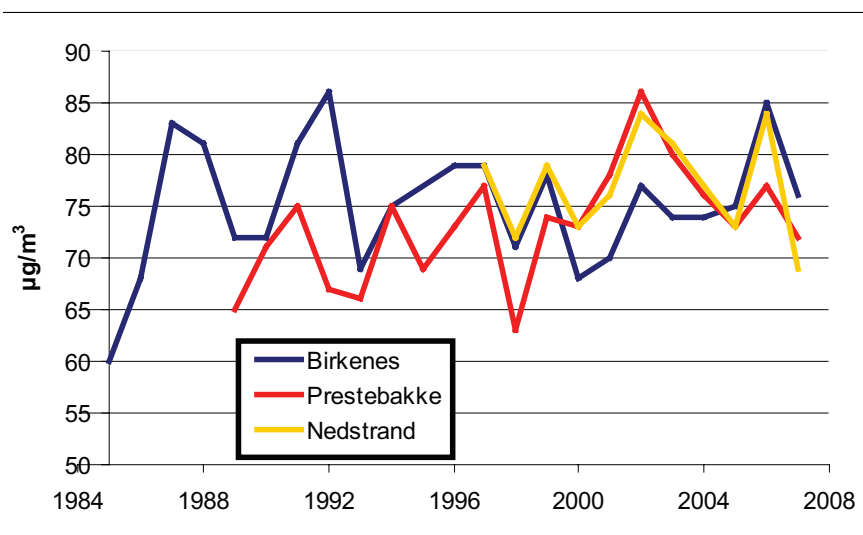
totale avsetning var 12–27 % om sommeren og 5–11 % om vinteren i alle landsdeler unntatt Finnmark. I Finnmark er tørravsetningsbidraget meget høyt på grunn av høye luftkonsentrasjoner og lite nedbør. På Karasjok er det hhv. 31 % tørravsetning om sommeren og 40 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.

Endringer i luftens innhold av svovel- og nitrogenforbindelser samsvarer med rapporterte endringer i utslipp i Europa (EMEP 2007). Reduksjonene er for svoveldioksid med 1980 som referanseår beregnet til å være mellom 82 % og 99 % (69–87 % fra 1990), og for sulfat mellom 71 % og 78 % (49–56 % fra 1990) på fastlands-Norge. Årsmiddelkonsentrasjonen av summen ammonium+ammoniakk i luft viser ingen entydig tendens siden målingene startet i mellom 1986 og 1989. Det er både positive og negative trender mye på grunn av påvirkning fra lokale landbrukskilder. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO_2 på flere av stasjonene (Fig. 9).

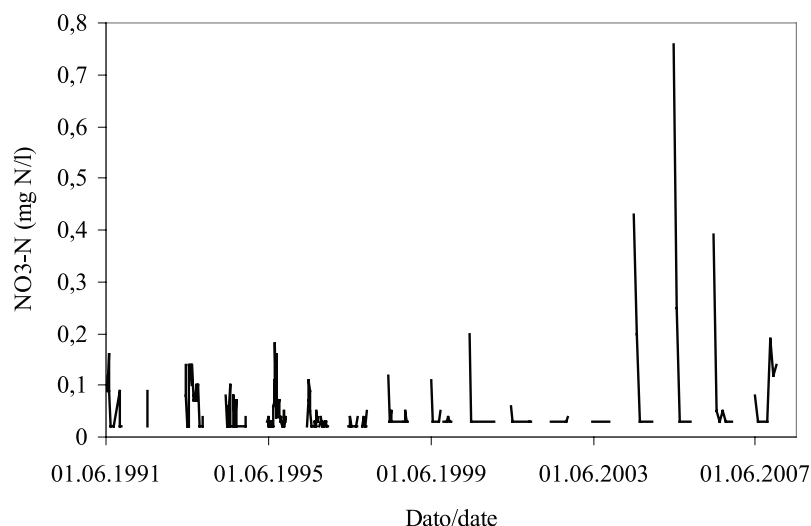
I 2007 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV monitor på åtte OPS flater, inklusive Prestebakke som ikke lenger har skogobservasjoner. Norske anbefalte luftkvalitetskriterier for beskyttelse av plantevekst er de samme som tålegrensene fastsatt av ECE (1996) og EUs ozondirektiv (EU 2002). Tålegrensene skal reflektere vegetasjonens vekstsesong. Grensever-



Figur 9. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$), oksidert nitrogen (HNO_3+NO_3), redusert nitrogen ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) og NO_2 på fire norske bakgrunnstasjoner (Birkesen, Kårvatn, Tustervatn og Karasjok), 1979 til 2007



Figur 10. Middeltkonsentrasjon av ozon for sju timer (kl 09-16) i vekstsesongen (1. april - 1. okt.) fra 1985 til 2007



Figur 11. Endringer over tid i nitratkonsentrasjoner ved 40 cm jorddybde på Lardal.

dien på $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ som 7-timers middel for kl. 09–16 i vekstsesongen (april-september) ble overskredet i hele landet i 2007. Middelerdien var størst på Birkenes ($76 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Figur 10 viser 7-timers middelerdien for tre stasjoner i perioden 1985–2007. 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 for beskyttelse av vegetasjon er basert på parameteren AOT40, som betegner summen av ozonverdiene som overstiger 40 ppb gjennom vekstsesongen. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer, ble ikke overskredet på noen av målestasjonene i 2007. Høyest var verdien på Prestebakke med 2462 ppb-timer. Grenseverdien på 10.000 ppb-timer for skog ble heller ikke overskredet på noen stasjoner i 2007.

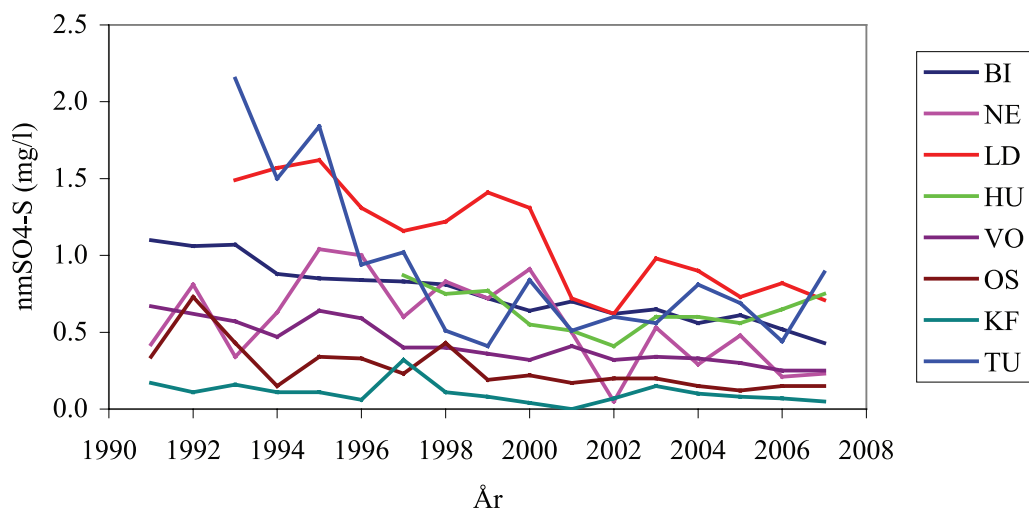
3.4 Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Nedbør i skog. Langtidstrenden for nedbør i skog er positiv med mindre tilførsel av forsurende stoffer Tilførselen av forsurende stoffer til Norge er, i tillegg til utslipp og vindretning, imidlertid også avhengig av nedbørsmengde. Mye av de variasjonene vi har sett i resultatene de siste årene kan derfor tilskrives meteorologiske forhold. I frittfallende nedbør er pH fortsatt lavest på flatene sør i landet. Dette gjelder ikke kronedrypp der det regionale mønsteret for pH er vanskelig å tyde. Konsentrasjoner og deponisjon av nitrat (NO_3), ammonium (NH_4) og antropogent sulfat (SO_4) var høyest sør i landet i både frittfallende nedbør og i kronedrypp. Tilførsel av antropogent sulfat og uorganiske nitrogenforbindelser har generelt

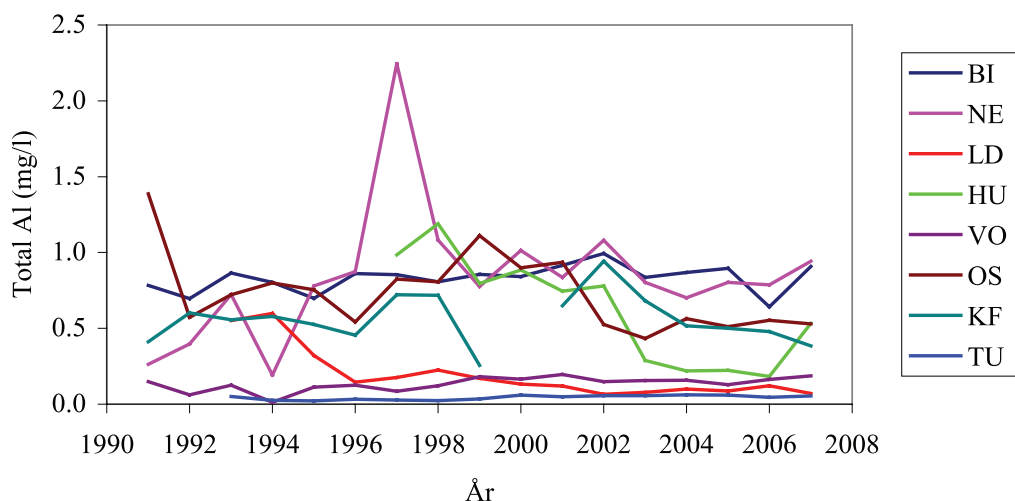
vist en svak nedgang de siste 7–8 årene.

Jordvann. Jordvannet samles inn hver uke i den frost- og telefrie perioden av året. For de kjemiske analysene blir disse prøvene slått sammen slik at de representerer en fire-ukers periode. pH i jordvann var i 2007 som i andre år generelt lavest på flatene i Sør-Norge, og høyest i Nord-Norge. Om dette skyldes sur nedbør eller indikerer et naturlig surere jordsmonn sør i landet, er vanskelig å si med få intensive flater og relativt kort tidsserie.

Gjennomsnittskonsentrasjoner av nitrat i jordvann var nær deteksjonsgrensen på alle flater unntatt Lardal. Etter flere år med unormalt høye nitratkonsentrasjoner på Lardal om våren, virker konsentrasjoner å være på vei tilbake til mer normale nivåer (Fig. 11).



Figur 12. Langtidstrender i ikke-marint $\text{SO}_4\text{-S}$ i jordvann fra 15 cm-sjiktet. Koder for flatenavn i Tabell 3.



Figur 13. Langtidstrender for konsentrasjon av totalt aluminium i jordvann fra 15 cm-sjiktet. Høye verdier på Nedstrand i 1997 skyldes høye sjøsaltkonsentrasjoner. Koder for flatenavn i Tabell 3..

Konsentrasjoner av ikke-marint sulfat varierte betydelig, men det er fortsatt en avtagende tendens (Fig. 12). Konsentrasjoner av både totalt og labilt aluminium (et estimat på de giftige Al-forbindelsene) var i 2007 godt under hva som regnes som toksiske grenser, unntatt på Nedstrand i januar/februar. Her skyldes de relativt høye aluminiumkonsentrasjoner høy saltdeposisjon i forbindelse med vinterstormer (jmf. Lange et al. 2006). Langtidstrender i aluminiumkonsentrasjoner er vist i Figur 13.

3.5 Kjemisk analyse av barnåler

I 2007 ble det tatt nåleprøver for kjemisk analyse av de samme prøvetrærne på de intensive flatene som har vært benyttet annethvert år siden 1995. Årets

analyse er dermed den sjuende i denne tidsserien. Konsentrasjonen av makronæringsstoffene i årets barnåler har forandret seg lite siden forrige nåleanalyse i 2005 (Tabell 4, endringer fra 2005 i parentes). Konsentrasjonen av kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), fosfor (P) og svovel (S) i barnålene lå i området for normal eller optimal næringskonsentrasjon på alle flater, med unntak av Hurdal som hadde en P-verdi rundt mangelgrensa. Selv om konsentrasjonen av nitrogen (N) lå under grensen for næringsmangel (jmf. definisjonen i UNECE/EC 2000), er imidlertid nitrogenmangel normalt i boreale barskoger. Nitrogen er den viktigste minimumsfaktoren for bartrærers tilvekst her i landet. Det fremgår av Tabell 4 at flatene lengst sør og vest i landet, Lardal, Birkenes og Nedstrand, hadde

det høyeste nitrogen- og svovelinnholdet i nålene. Lardal hadde høyere konsentrasjon av nitrogen i barnålene enn Nedstrand, og nesten like høy konsentrasjon av svovel som Birkenes. Det var likevel bare Birkenes og Nedstrand, som er mest utsatt for langtransporterte forurensinger, som hadde svovelverdier rundt optimumsgrensa. Isolert sett var også fosforkonsentrasjonene lave på noen flater, men

likevel på et tilstrekkelig nivå i forhold til de lave nitrogenkonsentrasjonene (Brække 1994, Hüttl 1991 og Stefan et al. 1997). De målte verdiene av makronæringsstoffer i barnåler i 2007 ligger innenfor normalen for eldre barskog i Norge, og noe av svingningene fra år til år kan forklares ut fra klimatiske forhold (Hüttl 1991).

Tabell 4. Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i mg/g tørrstoff i årets grannåler 2007 (endringer fra 2005 i parentes). Gj.snitt: Gjennomsnittet for alle flatene. Stdav: Standardavvik. Normalen: Området mellom mangel- og optimumsgrense med normale/tilstrekkelige konsentrasjoner av makronæringsstoffer for gran (beregnet etter Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997), *: Brække (1994)).

Flate	Ca	K	Mg	N	P	S
BI	3,1 (0,4)	7,8 (-0,3)	1,2 (-0,2)	14,2 (0,9)	1,6 (0,1)	0,89 (0)
HU	3,2 (0,6)	5,3 (0,3)	0,8 (-0,2)	12,1 (1,4)	1,2 (0)	0,74 (0,06)
LD	3,7 (0,9)	7,7 (-0,2)	1,2 (0,1)	13,3 (1,7)	1,5 (0,2)	0,87 (0,06)
NE	3,2 (-0,6)	6,3 (-1,4)	1,2 (-0,2)	13,0 (-0,6)	1,3 (-0,1)	0,90 (-0,02)
OS	5,4 (2)	6,5 (-0,9)	1,2 (0,1)	12,7 (1,8)	1,8 (-0,1)	0,79 (0,03)
VO	4,0 (1,2)	5,7 (-1,1)	0,8 (0)	12,2 (1,1)	1,3 (0)	0,83 (-0,01)
Gj.snitt	3,8 (0,7)	6,6 (-0,6)	1,1 (-0,1)	12,9 (1)	1,5 (0)	0,84 (0,02)
Stdav	1,4	1,2	0,3	1,1	0,3	0,08
Normalen	1,4 - 3,2	4,5 - 7,3	0,7 - 1,1	13,0 - 17,0	1,2 - 1,8	0,70 - 0,90*

4. DISKUSJON

Bjørk hadde for andre år på rad store insektskader og faktisk var hvert femte bjørketre angrepet av insekter i 2007. Hos furu derimot er de store angrepene av furubarveps som vi hadde i 2006 blitt halvert, og det var få skader på gran i 2007. Omfanget av skogskader i Norge synes likevel ikke å være unormalt stort. I noen år har imidlertid innsekt- og soppangrep hatt usedvanlig stort omfang på skogstrær her i landet.

De siste fire årene har det vært en svak nedgang i gjennomsnittelig kronetetthet i Norge. Imidlertid har det vært regionale forskjeller i tilstand og utvikling, der kronetetthet for gran i særlig det indre Østlandet og i Agderfylkene har blitt dårligere med glissnere kroner. Trøndelag er likevel den regionen som har mest glissen gran i Norge, men her ser det ut til at kronetettheten har stabilisert seg etter tusenårsskiftet. Helsetilstanden må likevel sies å være tilfredsstillende i norsk skog selv om det har vært en del regionale variasjoner og variasjoner over tid. Skogens tilstand vurdert ved kronetetthet, kronefarge, skader og mortalitet, har ikke endret seg vesentlig gjennom overvåkingsperioden. Kronebedømmelse er imidlertid subjektiv og gir en del usikkerhet. Basert på analyser av kontrollregistreringer av observasjoner synes metoden likevel å gi en god beskrivelse av trærnes kronetilstand og utvikling over tid (Solberg 1999). Nedgang i kronetetthet og mye misfarging for gran, som er påvist i Agderfylkene og i Hedmark/Oppland i 2007, ble også observert på Sør- og Østlandet i perioden 1989–97. En sannsynlig årsak til dårlig kronetetthet og mye misfarging på nittitallet var tørkesomrene i disse områdene i 1989, 1991, 1992, 1994 og til dels i 1997. Disse somrene ble etterfulgt av en iøynefallende misfarging og påfølgende avdøying 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 2004). Avdøyingen var også gjennomgående høyere på Sør- og Østlandet i denne perioden. At tørke er en stressfaktor i denne landsdelen viser også den sterke sammenhengen mellom tørkestress i juni og redusert tilvekst (Andreassen et al. 2006). Lavest kronetetthet finner vi i landsdelen Trøndelag. Årsakene til dette kan være gjentatte angrep av granrustsopp, mye gammel skog, og mye skog på voksesteder nær kysten og nær skog-grensa, som dermed er utsatt for sterke klimatiske påkjenninger.

Dødeligheten for de registrerte treslagene var omtrent som i tidligere år. Generelt fører de fleste typer stress og skader, inkludert skader hvor luftforurensninger kan ha virket predisponerende, til redusert kronetetthet og/eller misfarging.

Det geografiske mønsteret i skogens kronetetthet, omfang av misfarging og variasjonene over tid, samsvarer ikke med mønsteret en skulle forvente å finne ved skader av langtransporterte luftforurensninger i Norge. Her i landet har det geografisk mønster av luftforurensninger i hovedsak vist størst tilførsler lengst sør. Denne avtakende tilførselen (deposisjon) mot nord er tydeligst for sur nedbør som for eksempel forurensninger oppløst i nedbør, ikke-marint sulfat, uorganiske nitrogenforbindelser og syre (H^+). Det er også en forventning om at skadelige effekter først kommer lengst sør i landet med lavere tålegrense for skogsjord siden jorddekket her er tynt og i stor grad består av mineraler som forvitrer seint.

Klimatiske forhold har betydelig innvirkning også på de vannkjemiske forholdene i skogøkosystemet. Særlig er høye konsentrasjoner av aluminium i stor grad et resultat av sjøsalttilførsler gjennom *ionebytteprosesser* (Lange et al. 2006). Tilførsel av langtransportert svovel med nedbør har avtatt mye siden midten av 1970-tallet, og målinger viser mer enn halvering siden midten av 1980 årene for svovelforbindelser (SO_2 og SO_4^{2-}). Sulfatkonsentrasjonen i jordvannet har avtatt tilsvarende.

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 skadegjørere i 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. De store angrepene på bjørk og furu vi har hatt de siste årene av bjørkemåler (*Epirrita autumnata*) og furubarveps (*Neodiprion sertifer*) kan være initiert av klimatiske forhold enten direkte ved oppformering av insektene eller indirekte ved en gradvis svekkelse av trærnes motstandskraft. Soppene granrust (*Chrysomyxa abietis*), furuas knopp- og greintørke (*Gremmeniella abietina*) og bjørkerust (*Melampsorium betulinum*) har hatt omfattende angrep de siste årene, og disse angrepene er i stor grad klimatisk styrt (Solheim 2001, 2002, Solheim & Skrøppa 2005). En del av forklaringen er at fuktig vær, slik vi har hatt mye av i Sør-Norge de siste årene, legger til rette for

sporespredning og -etablering. Enkelte skadetyper er av kronisk art, og kan forklare vedvarende misfarging og kroneutglisning. I mellomeuropa ble det funnet en sterk sammenheng mellom angrep av rotkjuke (*Heterobasidion*) og begge disse kronevariablene (Schmid-Haas 2002). Rotkjuke er svært vanlig i norske granskoger. Huse et al. (1994) undersøkte råteforekomsten i granskog og fant at rundt 20 % av grantrærne var angrepet av rotkjuke.

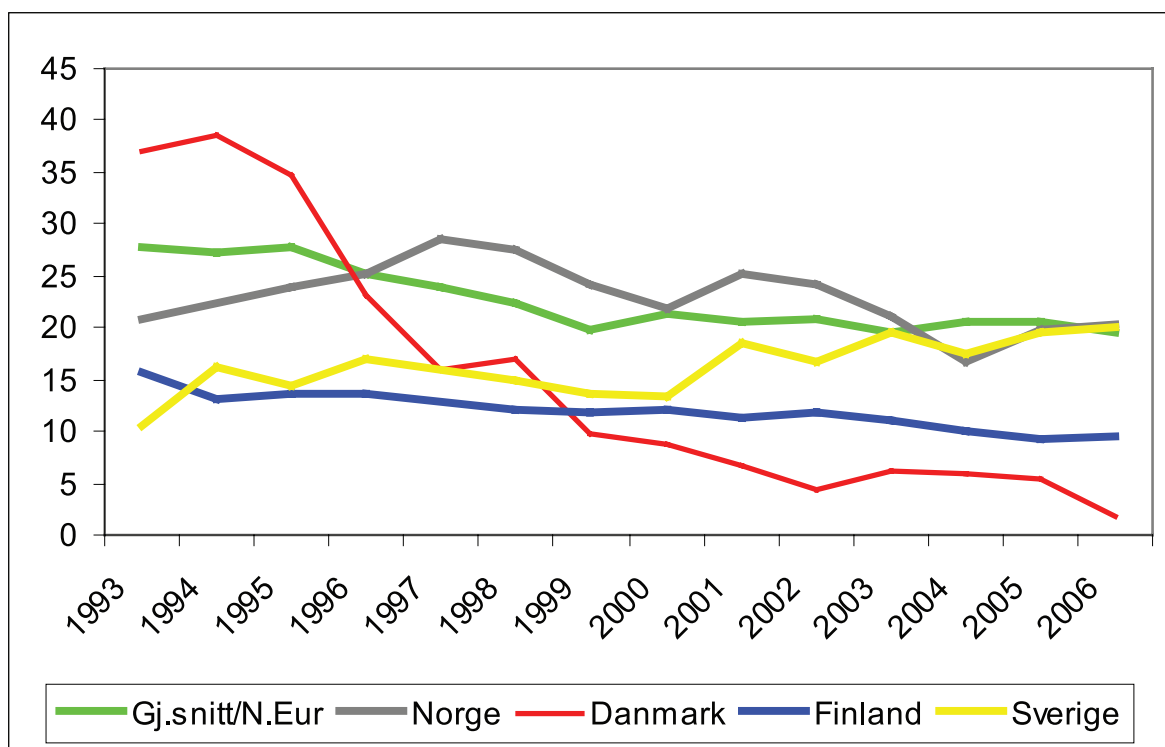
Det er i OPS ikke funnet tegn på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog (Solberg & Tørseth 1997, Solberg et al. 2002). Nye tålegrenseberegninger for Norge, med forbedrede

estimer for forvittringshastighet, tyder også på at sur nedbør, gjennom jordforsuring, ikke vil være noen nevneverdig stressfaktor for skog på sikt (Larssen & Høgåsen 2003). Dette forklares igjen av at forvitringen av mineralmateriale i skogsjorda er en langsiktig kilde av basekationer til jordvannet, som normalt er stort nok til å erstatte tapet av basekationer etter sur nedbør og hogst. Det er imidlertid fortsatt usikkerhet knyttet til kriterier for skader på trær, samspill mellom variasjon i klima og luftforurensning, samt at det kan finnes følsomme lokaliteter som ikke er fanget opp i dagens datasett.

5. TILSTANDEN I NORSK SKOG SAMMENLIGNET MED ANDRE LAND I EUROPA

I løpet av de siste årene har kronetilstanden for furu i Europa endret seg noe i positiv retning, mens det for gran ikke har vært noen spesiell trend. Utviklingen i den norske skogtilstanden tilsvarer derfor den utviklingen som har funnet sted i europeiske land Norge kan sammenlignes med (Fig. 14). Den euro-

peiske rapporten fra ICP Forests peker på flere mulige årsaker til forbedringen som er observert. Det legges spesielt vekt på innvirkninger ulike værforhold har på skog. De europeiske rapportene kan leses på <http://www.icp-forests.org/Reports.htm>



Figur 14. Andel bartrær med 25-100% utglisning i sammenlignbare land i Nord-Europa, Norge, Danmark, Sverige og Finland. (Data fra www.icp-forests.org)

6. KONKLUSJON – SKOGTILSTANDEN

Kronetettheten har på landsbasis avtatt noe i 2007 for gran, furu og bjørk, og med nedgang i siste fireårsperiode ser det derfor ut til at vi er inne i en ny nedgangsperiode. Det var i tillegg en god del insektskader på furu, og særlig på bjørk, i fjor. Skogtilstanden i Norge må likevel karakteriseres som stabil, selv om det forekommer perioder med endringer. Luftforurensninger og ugunstige værforhold kan virke både sammen eller hver for seg og føre til en svekking av trærnes helsetilstand – enten direkte, eller indirekte ved at ulike naturlige skadegjørere oppformeres til skadelige mengder. Etter en stabil periode for skogtrærnes kronetilstand fra slutten av 1990-tallet til begynnelsen av 2000-tallet, har kronetetthet for både gran, furu og bjørk avtatt igjen de siste årene, landet sett under ett. Nedgangen i kronetetthet var størst i Hedmark, Oppland og i Agderfylkene. Kronefargen har i gjennomsnitt bedret seg noe de siste tre årene, med en økende

andel trær med normal grønn farge. Kronetilstanden er betinget av en rekke faktorer og ulike stresspåvirkninger, slik som aldring, sykdommer (eksempelvis ulike sopper), vekstbetingelser og klimastress (tørke og frost). Når trær skranter eller blir sjuke, skyldes dette ofte et samspill av slike naturlige påvirkninger. De variasjonene vi har sett de siste årene, skyldes ofte sopp- og insektskader som igjen er betinget av klimatiske forhold. Tilførsler av luftforurensninger kan komme i tillegg eller i samspill med disse påvirkningene. Bidraget fra forurensningene er vanskelig å fastslå fordi denne påvirkningen hittil har vært svært liten i forhold til de andre påvirkningsfaktorene. Resultater fra skogøkologiske undersøkelser viser at det er betydelige variasjoner fra år til år i enkelte målinger. Disse variasjonene er likevel trolig innenfor det som er vanlig i boreal barskog.

ETTERORD

OPS er finansiert av Landbruks- og matdepartementet, Miljøverndepartementet/SFT. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, inklusive andre forskere og teknikere ved de deltakende institusjonene, kommunale skogbrukssjefer og lokale observatører og 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 s.
- Andreassen, K., Clarke, N., Røsbjerg, I., Timmermann, V., Aas, W. 2008. Intensiv skogovervåking i 2007. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2007. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*. Forskning fra Skog og landskap 05/08: 1-22.
- Andreassen, K., Solberg, S., Tveito, O.E. & 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.
- Brække, F.H. 1994. Diagnostiske grenseverdier for nærings-elementer i gran- og furunåler. *Aktuelt fra skogforskningen* 15/94: 1-11.
- Dahl, E. & Skre, O. 1971. En undersøkelse over virkningen av sur nedbør på produktiviteten i landbruket. p. 27-40 i: Konferens om avsvainng, Publ 1971 (1). Nordforsk, Miljøvårdsverket, Helsingfors.
- 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.
- EMEP 2001 EMEP manual for sampling and chemical analysis. Revised 2001. EMEP/CCC Report 1/95. URL: <http://www.nilu.no/projects/ccc/manual/index.html>.
- EMEP 2007. Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe in 2006. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status report 1/2007.
- EU 2002. Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relation to ozone in ambient air. *Official Journal of the European Communities*, L 067, 09/03/2002, 14-30.
- 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.
- Huse, K., Solheim, H. & Venn, K. 1994. Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. (Summary: *Stump inventory of root and butt rots in Norway spruce cut in 1992*). Rapp. Skogforsk 23/94: 1-26.
- Hüttl, R.F. 1991. Die Blattanalyse als Monitoring-Instrument im Waldökosystem. In: *Proceedings from IUFRO and ICP-Forests Workshop on monitoring*, Prachatic, CSFR. 139-147.
- Hyllen, G. & Larsson, J. Y. 2008. Helsetilstanden i norske skoger. Resultater fra landsrepresentativ overvåking 1988-2007. *The condition of Norwegian forests. Results from national surveillance 1988-2007*. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 05/08. 34 s + vedlegg.
- ICP Forests 2007. Manual on methods 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-XI. <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>
- Lange, H., Solberg, S., & Clarke, N. 2006. Aluminum dynamics in forest soil waters in Norway. *Science of the Total Environment* 367: 942-957.
- Larssen, T. & Høgåsen, T. 2003. Tålegrenser og overskridelser av tålegrenser i Norge. *Naturens tålegrenser*. Fagrapport nr 116. NIVA rapport LNR 4722-2003, 1-24.
- Schmid-Haas, P. 2002. Zur Waldinventur gehört die Überwachung der Vitalität. *Schweiz. Z. Forstwes.* 153(2): 68-75.
- SFT (2008). Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. *Atmosfærisk tilførsel 2007*. Aas, W., Solberg, S., Manø, S. og Yttri, K.E. SFT rapport 1033/2007. NILU OR 29/2008.
- 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. 2004. Summer drought, - a driver for crown condition and mortality of Norway spruce in Norway. *Forest Pathology* 34: 93-104.
- 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.
- 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.
- Solheim, H. 2001. Mye brun furu i Sørøst-Norge i år. In: Woxholtt, S. (ed). *Kontaktkonferansen mellom skogbruket og skogforskningen i Telemark og Aust-Agder*. Drangedal 19. - 21. september 2001. Aktuelt fra Skogforskningen 6/01: 9-11.
- Solheim, H. 2002. Vil klimaendring gi mer soppkader. *Aktuelt fra skogforskningen* 3/02: 4-7.
- Solheim, H. & Skrøppa, T. 2005. Store angrep av granrust på Østlandet. *Skogeieren* 92 (5): 16-17.
- Stefan, K. A. Fürst, R. Hacker and U. Bartels, 1997. Forest Foliar Condition in Europe. Results of large-scale foliar chemistry surveys (survey 1995 and data from previous years). EC-UN/ECE, 1997, Brussels, Geneva, 207 pp.
- Timmermann, V. 2008. Kronetilstandsregistreringer på de regionale skogovervåkingsflater. *Resultater 2007*. Forskning fra Skog og landskap 02/08. 26 s.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe - European Commission) 2000. Intensive Monitoring of Forest Ecosystems in Europe, 2000 Technical Report. EC, UN/ECE 2000, Brussels, Geneva. ISSN 1020-6078. 191 pp.
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe - European Commission) 2007a. Manual on methods 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/Geneve. Part I-XI. <http://www.icp-forests.org/Manual.htm>
- UNECE/EC (United Nations Economic Commission for Europe - European Commission) 2007b. Forest Condition in Europe 2007 Technical Report of ICP Forests, Work report of the Institute for World Forestry 2007 / 1, Hamburg. ISSN 1020-3729. 98 pp. + annekser.
- 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, T. 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 s.
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. and Yttri K.E. 2007. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. *Atmosfærisk tilførsel 2006*. Kjeller, Norsk institutt for luftforskning, NILU OR 22/2007 SFT Rapport 985/2006. 160s.

Forfatterinstruks for Forskning fra Skog og landskap

- Manus skrives i Word 12 punkt skrift med 1 ½ linjeavstand, ren tekst; uten bruk av stiltyper i word.
 - » Forord
 - » Sammendrag
 - » Innledning
 - » Materiale og metode
 - » Resultat
 - » Konklusjon/diskusjon
 - » Litteratur
- Titler skal identifiseres ved hjelp av nummerering; 1., 1.1., 1.2., 2., 2.1., osv.
- Avsnitt markeres med dobbel linjeavstand.
- Latinske navn skal skrives i kursiv.
- Som desimalskille i tall skal det brukes komma på norsk og punktum på engelsk.
- Alle tabeller og talloppsett som skrives i Word, skal være med tabellfunksjonen (ikke bruk tabulator), og plasseres i teksten der det skal stå.
- Alle tabeller, figurer og bilder som er laget i andre programmer enn Word, skal vedlegges i sitt originale filformat. Velg gode størrelser i fontene så figurene beholder sin lesbarhet når de skaleres/nedfotograferes.
- Merk i manuset hvor tabeller/bilder/figurer i annet format enn Word skal inn. Skriv også inn tabell/bilde/figuratekst her.
- Strektykkelsen i figurer og grafer må ikke være mindre enn 0,11 mm, det vil si $\frac{3}{4}$ punkt.
- Tenk lesbarhet i grafer. Farger ser fint ut på skjermen, men er vanskelig lesbart i svart/hvit gjengivelse.
- Redaktøren tar standpunkt til om manuskriptet er kvalifisert for utgivelse i serien.

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

tf.: +47 64 94 80 00
faks: +47 64 94 80 01

nett: www.skogoglandskap.no

REGIONKONTOR
NORD-NORGE

adr.: Skogbrukets hus
NO-9325 Bardufoss

REGIONKONTOR
MIDT-NORGE

adr.: Statens hus
NO-7734 Steinkjer

REGIONKONTOR
VEST-NORGE

adr.: Fanaflaten 4
NO-5244 Fana

NORSK
GENRESSURSENTER

adr.: Pb 115
NO-1431 Ås

