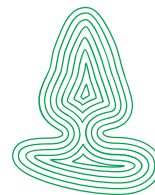


Rapport

fra Skog og landskap

18/2012



skog+
landskap

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

OVERVÅKINGSPROGRAM FOR SKOGSKADER.

Årsrapport 2011

Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2011.

Kjell Andreassen¹, Volkmar Timmermann¹, Nicholas Clarke¹, Halvor Solheim¹, Wenche Aas².

1 Norsk institutt for skog og landskap

2 Norsk institutt for luftforskning (NILU)



Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2011

Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2011

Kjell Andreassen¹⁾, Volkmar Timmermann¹⁾, Nicholas Clarke¹⁾, Halvor Solheim¹⁾,
Wenche Aas²⁾

¹⁾ Norsk Institutt for Skog og Landskap

²⁾ Norsk institutt for luftforskning (NILU)

ISBN 978-82-311-0172-7

ISSN 1891-7933

Omslagsfoto: Toppskranting i hogstklasse 3 og 4 i gran. Skrantingen fører vanligvis til at trær dør og er observert mange steder i Sørøst-Norge. Foto Svein Solberg.

Norsk institutt for skog og landskap, Pb 115, NO-1431 Ås

SAMMENDRAG

Andreassen, K., Timmermann, V., Clarke, N., Solheim, H. & Aas, W. 2012. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2011. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2011*. Rapport fra Skog og landskap. 18/12: IV, 24 s.

I 2011 var det en nedgang i helsetilstanden hos bartrær, og hos gran ble det observert en del toppskranting og avdøying i hogstklasse 3 og 4. Vi registrerte få insekt- og soppskader på gran der 1 % av trærne var angrepet, mens 1,2 % av furutrærne hadde slike biotiske skader. Antall abiotiske skader (stort sett snø- og vindrelaterte) hos bartrærne var omtrent på samme nivå som tidligere i overvåkingsperioden (1,7 og 1,2 % for hhv. gran og furu). Av treslagene gran, furu og bjørk er det fortsatt bjørk som er mest utsatt for skader: 10,6 % av bjørketrærne var angrepet og skadet av insekter, hovedsakelig av fjellbjørkemåleren, mens 14,2 % av bjørketrærne var angrepet av bjørkerustsopp eller andre sopper og 3,5 % hadde skader med abiotiske årsaker.

Det ble registrert en nedgang i kronetetthet for treslagene gran, furu og bjørk i 2011 i den landsrepresentative overvåkingen, og særlig bjørk hadde lav gjennomsnittlig kronetetthet. 2011 var det første året med synkende kronetetthet etter tre sesonger på rad med en tydelig bedring for de tre overvåkede treslagene. Tilsvarende ble det observert økt misfarging hos alle treslagene. Det er de eldste trærne som er mest utsatt for kroneutglisning og misfarging. Helsetilstanden til trær, registrert ved kronetetthet, misfarging og skader, påvirkes i stor grad direkte av værforhold som tørke, frost og vind, eller indirekte ved at været påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Langtransporterte luftforurensninger kan komme i tillegg til eller virke sammen med klimatiske forhold.

Askeskuddbeger, *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, fortsatte også i 2011 sine angrep på Sørlandet og Østlandet. Denne soppen er årsaken til askeskuddsyke og ble påvist i Norge første gang i 2008. I 2010 ble den også registrert i Rogaland og i 2011 er den observert i de fleste kommunene i dette fylket. I 2011 ble sykdommen også påvist i enkelte kommuner i Hordaland og Sogn og Fjordane. Noen steder har sykdommen vært til stede over flere år. Mattilsynet har i en forskrift lagt ned forbud mot flytting av planter, formeringsmateriale og trevirke av ask ut av denne sonen for å hindre videre spredning av askeskuddsyke til Vestlandet og Trøndelag. Mengden av granbarkbiller (*Ips typographus*) har avtatt de fleste steder i 2011, men i Sør-Trøndelag har den derimot økt. Rødbandsyke (*Mycosphaerella pini*) på furu, ble første gang påvist i 2009 i Troms, men er nå også påvist i Sør-Norge, og har der antagelig spredd seg fra Sverige. Angrepene av rødbandsyke var likevel ubetydelige i 2011. I 2011 ble det også observert en del toppskranting og avdøying av gran i hogstklasse 3-4 i Sørøst-Norge. Disse symptomene hos gran har fått fellesbetegnelsen "grantørke" og årsakene undersøkes i et forskningsprosjekt.

Konsentrasjon og avsetning av sterk syre, sulfat, nitrat og ammonium i nedbør i 2011 er relativt lik eller noe høyere enn i 2010. Sulfat i nedbør i Norge har avtatt med 61-88 % fra 1980 til 2011, og i Sør-Norge har nitrat- og ammoniumkonsentrasjon i nedbør blitt redusert med hhv. 25-45 % og 45-63 % i samme tidsperiode. Endringene er i samsvar med de rapporterte endringer i utslipp i Europa.

Analyser av makronæringsstoffer i barnåler viste at konsentrasjonen hadde forandret seg relativt lite i perioden 2009-2011. Konsentrasjonen av kalsium, kalium og magnesium i barnålene lå, med ett unntak, i området for normal eller optimal næringskonsentrasjon på alle flater i 2011, mens konsentrasjonen av fosfor var lav på noen flater. Nitrogen er vanligvis det viktigste vekstbegrensende næringsstoffet i boreale barskoger, og kun på flata lengst sør i landet (Birkenes) var konsentrasjonen av nitrogen i barnåler innenfor området for tilstrekkelig næringskonsentrasjon. På alle de andre flatene var nitrogenkonsentrasjonen under en

mangelgrense der veksten blir dårligere. Birkenes på Sørlandet, som er mest utsatt for langtransporterte forurensinger, hadde også i 2011, som i tidligere år, de høyeste svovelverdier i barnålene av alle overvåkingsflater. Konsentrasjonen av S i barnåler i Birkenes har hatt en jevn økning siden 2001.

Nøkkelord: Skogens helsetilstand, overvåking, skogskader

INNHold

Sammendrag	ii
Innhold.....	iv
1. Innledning	1
2. Materiale og metoder	2
3. Resultater	4
3.1 Trærnes kronetilstand	4
3.2 Spesielle skader i 2011	10
3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger	13
3.4 Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog	15
3.5 Kjemisk analyse av barnåler	17
3.1 Nedbør og kronedrypp	3
4. Diskusjon	18
Etterord.....	21
Litteratur	21

1. INNLEDNING

På 1980-tallet var det utbredt bekymring for skader av langtransporterte luftforurensninger på skog. Dahl & Skre (1971) framsatte en hypotese om at tilveksten på enkelte følsomme voksesteder i norsk skog ville bli betydelig redusert 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 (Spiecker et al. 1996). Det ble hevdet at disse 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 (Spiecker et al. 1996). I motsetning til denne oppfatningen hadde det norske forskningsprogrammet "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).

På 1980-tallet satte de fleste europeiske land i gang skogskadeovervåking for å få en oversikt over skadene og følge utviklingen over tid. Arbeidet ble underlagt FNs 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 beskrive skadeomfanget på norsk skog, vise utviklingstendenser over tid og vurdere 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. I tillegg deltar Norsk institutt for luftforskning (NILU). Metodene for observasjoner og målinger er koordinert av det europeiske programmet, og registreringsmetodikken er dermed sammenlignbar over hele Europa (Tabell 1).

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

- direkte skader av ozon eller svoveldioksid i luft
- indirekte ved magnesiummangel som følge av jordforsuring

I denne rapporten gir vi en samlet fremstilling av resultatene fra OPS til og med 2011. For mer detaljert informasjon vises det til tidligere rapporter (Andreassen et al. 2012, Timmermann et al. 2012, Aas et al. 2012).

Tabell 1. Observasjoner innen OPS i 2011 jevnført med internasjonale anbefalinger

Flatetype	Landsrepresentative flater – Level I (ca 500 flater)	Intensive flater – Level II (6 flater)	ICP Forests (ca 6000 Level I og 500 Level II flater)
Flatestørrelse	250 m ²	2500 m ²	Level I: varierende størrelser i et 16x16 km nett. Level II: min 2500 m ² i homogen skog.
Kronetilstand	Alle flater, årlig	Alle flater, årlig	Alle flater, årlig
Tilvekst	Alle flater, hvert femte år	Alle flater, hvert femte år	Alle Level II flater hvert femte år
Jordkjemi	Alle flater, én gang	Alle flater, minst én gang	Alle Level II flater hvert 10. år
Barnålkjemi	45 flater, én gang	Alle flater, annet hvert år	Alle Level II flater annet hvert år
Nedbør (i og utenfor flata)	*	Alle flater, kontinuerlig.	Alle Level II flater, kontinuerlig
Jordvann	*	Alle flater, kontinuerlig i vekstsesongen	Noen flater, kontinuerlig ****
Vegetasjon	*	Alle flater, hvert femte år	Alle Level II flater, hvert femte år
Strøfall	*	15 års tidsserie. Avsluttet i 2011	Noen flater, kontinuerlig ****
Meteorologi	*	**	Noen flater, kontinuerlig ****
Luftkjemi	*	Noen flater, kontinuerlig ***	Noen flater, kontinuerlig ****
Fenologi	-	-	Noen flater, kontinuerlig/hver uke ****
Ozonskader	-	-	Noen flater, årlig ****

* Kun Level II

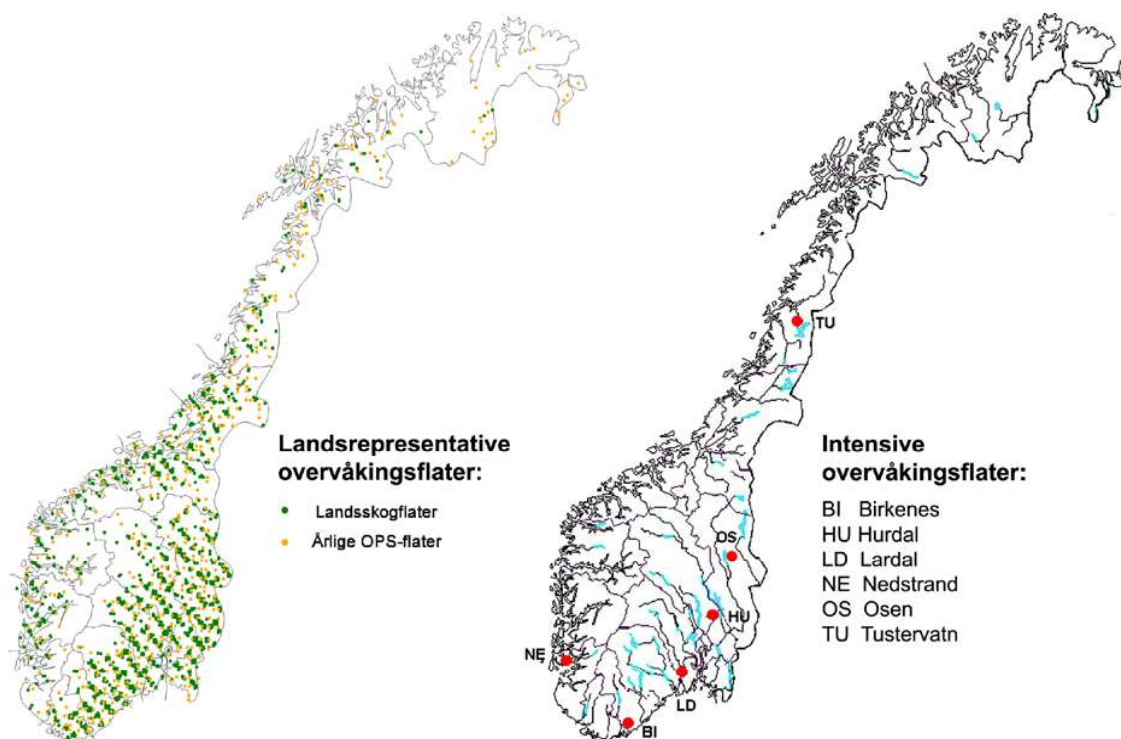
** Kun på én flate i Norge

*** NILU måler luftkjemi i Klif's "Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør"

**** Level II Core plots: Omtrent 10 % av totalt antall Level II flater i hvert land

2. MATERIALE OG METODER

Overvåkingen i OPS omfatter registreringer på to 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 ICP Forests manualen (UNECE 2012a). Overvåkingsprogram for langtransporterte luftforurensninger 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.



Figur 1. De to settene av overvåkingsflater i 2011; landsrepresentative flater til venstre og intensive flater til høyre

Grunnleggende registrering på alle overvåkingsflater som inngår i programmet, og som er obligatorisk for å delta i det europeiske programmet (ICP Forests), er trærnes kronetilstand ved visuell kronetettbedømmelse, det vil si registrering av kronetetthet, kronefarge (i form av misfarging), skader som sår, toppbrekk, dieback, insekt- og soppskader og abiotiske skader, samt en del andre parametre som beskriver hvert enkelt tres morfologiske egenskaper.

Antall flater i Norge som vi utfører registreringer på, har variert. I de senere år har antall intensive flater blitt redusert. I tillegg er prøvetakingshyppigheten redusert, og det utføres færre observasjoner pr. flate. Skogovervåkingen på det regionale flatesettet ble innstilt i 2008.

Landsrepresentative flater (LF, Level 1) er et landsdekkende flatesett og inngår i den europeiske overvåkingen, ICP Forests Level I flater (Timmermann et al. 2012). Fra 1989 til 2000 ble årlige kronetilstandsregistreringer utført 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 2001 har den nasjonale overvåkingen av gran- og furuskog bestått av detaljerte kroneregistreringer for alle trær på et utvalg av flatene i 9x9 km nettet. Dette utvalget er tilpasset standardnettet til ICP Forests (16x16 km, som tilsvarer en flate pr. 256 km²). I 2002 ble også bjørkeskogen innlemmet i dette registreringsopplegget. I tillegg til disse årlig oppsøkte Level I flatene, kommer registreringer av kronetetthet og kronefarge på gran og furu i Landsskogtakseringens flatenett (3x3 km) med femårige omdrev. Utvalget av flater er slik at tidsserier kan presenteres, og gjør det derfor mulig å sammenligne resultater over tid. Flatene har en fast størrelse på 250 m². Tilvekst registreres hvert femte år i forbindelse med Landsskogtakseringen. Antall flater og trær som oppsøkes varierer noe fra år til år på grunn av avvirkning, vindfelling og at nye flater opprettes når kravene til en prøveflate blir oppfylt (Landsskogtakseringen 2011). I 2011 ble 498 årlige Level I flater og 1276 landsskogflater med totalt 10119 trær oppsøkt. Kronetilstandsregistreringer

ble utført på alle levende trær på flatene som tilfredsstilte kravene til overvåkingstrær; i alt 4488gran-, 3103furu- og 2377bjørketrær.

Intensive flater (IF, Level 2) inngår i den europeiske overvåkingen, ICP Forests Level 2-flater (Andreassen et al. 2012). 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 2011 var seks av opprinnelig 17 intensivt overvåkede flater i drift. På disse flatene inngår et større registrerings- og måleprogram enn på de andre overvåkingsflatene. 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 (Tabell 1), mens noen målinger foretas kontinuerlig eller med bare en til to ukers mellomrom i henhold til metodene beskrevet i ICP Forests-manualen (UNECE 2012a). Når disse målingene vurderes sammen, kan vi identifisere mulige effekter av luftforurensninger. Målinger og observasjoner av strøfall, fenologi og meteorologi inngår også i det europeiske programmet, men for tiden ikke i OPS. Driften på overvåkingsflatene i Voss og Kårvatn ble innstilt i 2011. I Voss ble det likevel utført en sluttrevisjon av kronetilstand og nålekjemi i forbindelse med oppryddingen på flata, som er inkludert i denne rapporten.

Målinger av forurensning i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU) på seks stasjoner i Norge (Aas et al. 2012). 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>

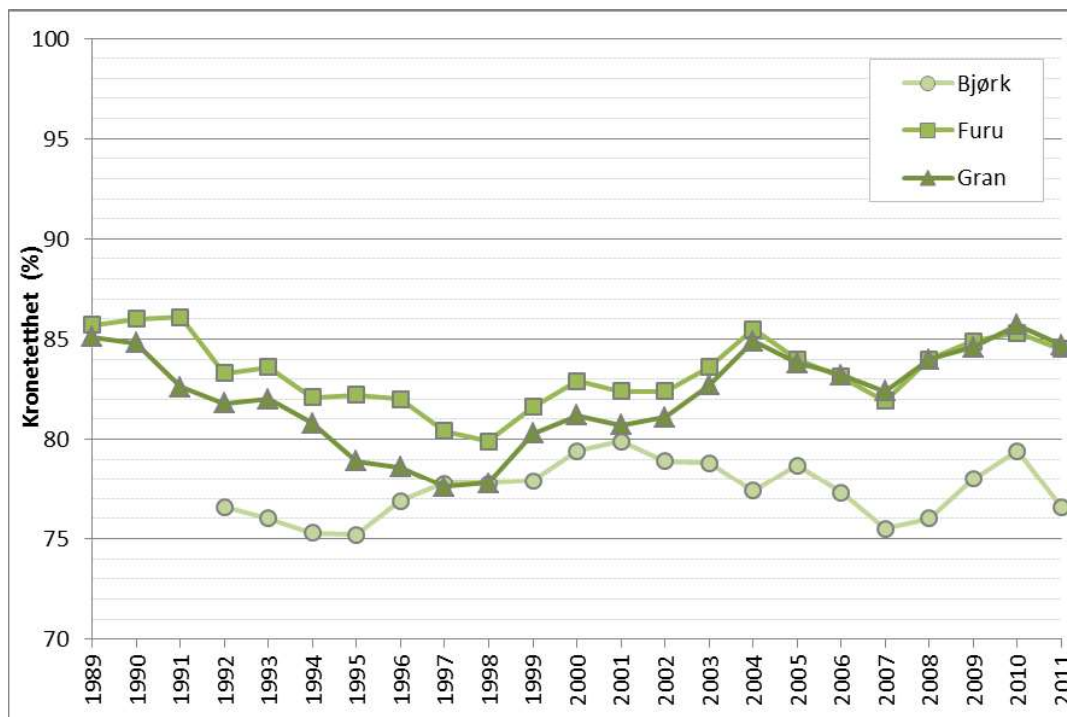
3. RESULTATER

3.1 Trærnes kronetilstand

Resultatene fra skogovervåkingen i Norge i 2011 viser at skogens helsetilstand, målt i form av kronetetthet, kronefarge og skader, har forverret seg noe. Hos både gran, furu og bjørk ble det i 2011 registrert en nedgang i kronetetthet i forhold til året før. Dette er første året med synkende kronetetthet etter tre sesonger på rad med en tydelig bedring for de tre overvåkede treslagene. Nedgangen i bjørkas kronetetthet i 2011 var den største i hele overvåkingsperioden fra et år til et annet. I tillegg ble det observert økt misfarging hos alle treslagene i 2011. Det ble registrert relativt få biotiske og abiotiske skader på gran og furu, mens nesten en tredjedel av bjørketrærne skadet.

I den landsrepresentative overvåkingen (Timmermann et al. 2012) ble gjennomsnittlig kronetetthet registrert til 84,7 % for gran, 84,5 % for furu og 76,6 % for bjørk i 2011 (Fig. 2). Dette representerte en nedgang på henholdsvis 1 % for gran, 0,8 % for furu og 2,8 % for bjørk sammenlignet med året før. Som forventet har eldre trær generelt lavere kronetetthet enn yngre trær. Særlig gjelder dette for gran der trærne over 60 år har rundt 20 % lavere kronetetthet enn de yngre trærne. På 1990-tallet fram til 1998 var det en nedgang i kronetetthet for gran og furu, mens det i perioden 1998 til 2004 var en økning. Fra 2004 til 2007 avtok kronetetthet igjen, før den i perioden fram til 2010 økte hos både gran og furu. Utviklingen har vært omtrent likt for disse to treslagene over hele overvåkingsperioden. Begge hadde lavest kronetetthet i 1997/98. Hos bjørk har kronetettheten hatt en positiv

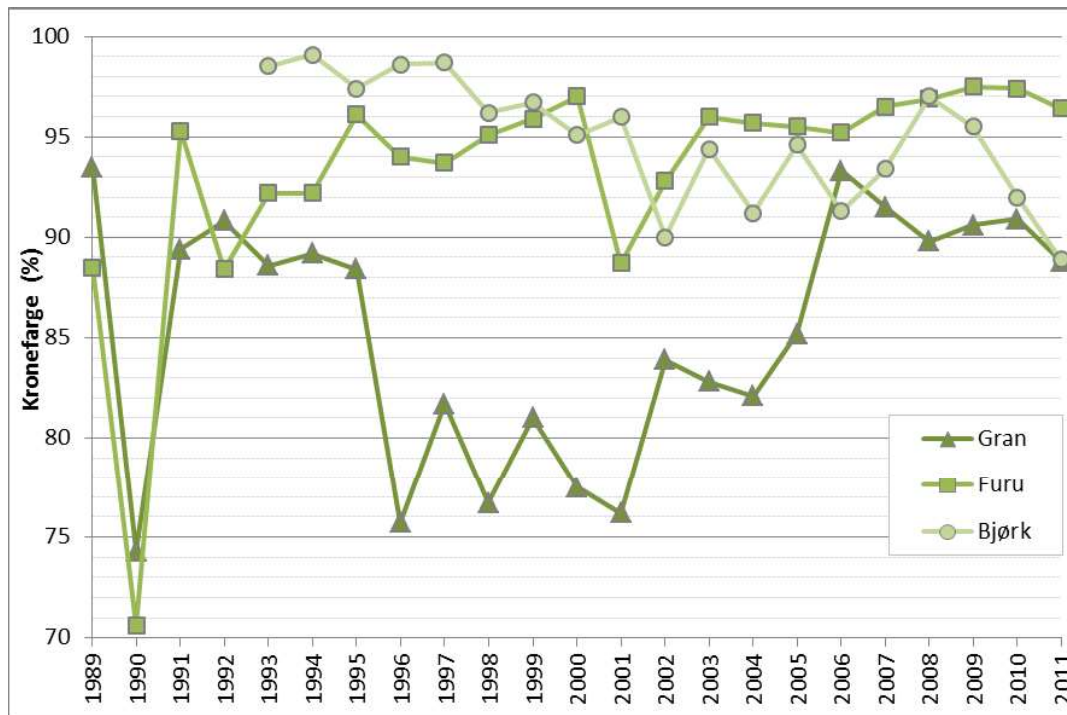
utvikling i perioden 1994 til 2001, mens den etter dette har hatt en synkende tendens fram til 2007, da bjørk hadde den nest laveste kronetettheten i hele overvåkingsperioden. Til tross for en økning fra 2007 til 2010, har bjørk etter den kraftige nedgangen i 2011 igjen lav gjennomsnittlig kronetetthet. Nedgangen i bjørkas kronetetthet i 2011 var den største i hele overvåkingsperioden fra et år til et annet.



Figur 2. Utvikling av gjennomsnittlig kronetetthet for gran, furu og bjørk fram til 2011 på de landsrepresentative flatene.

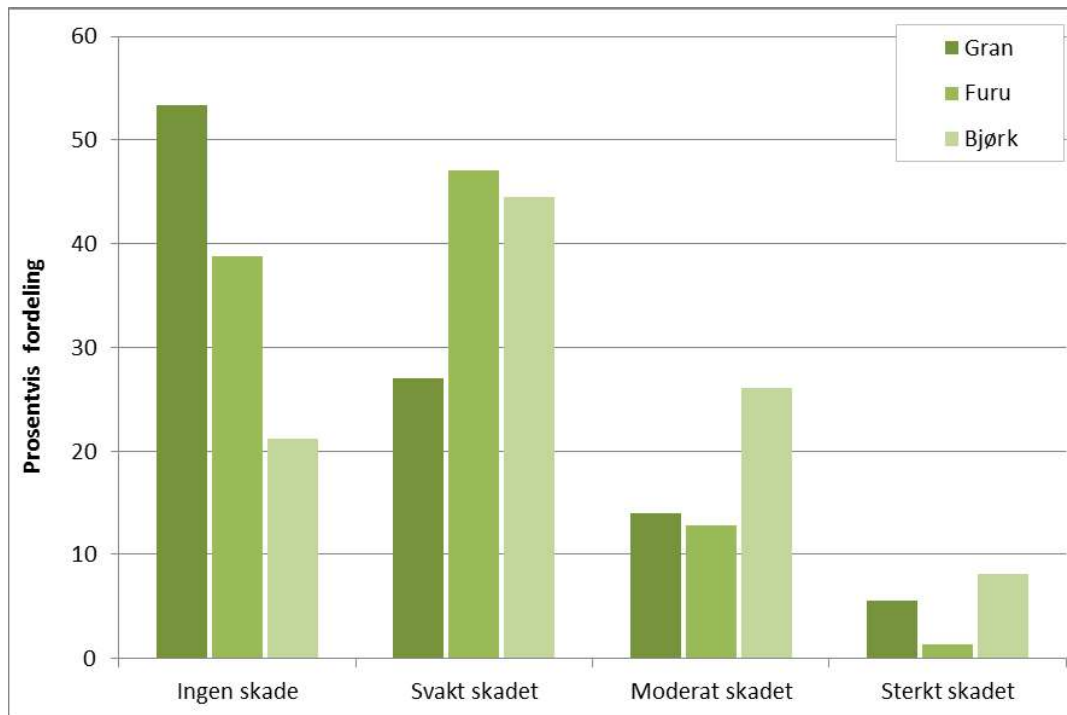
Andelen trær med fulltete kroner i 2011 var for gran 53,7 %, for furu 39 % og for bjørk bare 21,5 %. Dette representerer en nedgang for alle de observerte treslagene sammenlignet med året før. Andelen trær med sterkt redusert kronetetthet (<40 %) økte for gran til 3,6 %, for furu til 1,1 % og for bjørk til 5,2 %.

Det ble registrert økt misfarging hos alle de overvåkede treslagene i 2011 (Fig. 3). Andelen grantrær med normal, grønn kronefarge (prosentandel trær med ≥ 90 % grønne barnåler) gikk ned fra 2010, og var på 88,8 % i 2011 (-2,1 %). Utviklingen av kronefarge over tid viser at for gran har andelen trær med normal kronefarge økt kraftig siden 1996 på de landsrepresentative flatene. Det er som tidligere hovedsakelig eldre grantrær som er mest misfarget. Hos furu var andelen trær med normal grønn farge fortsatt høy med 96,4 %, til tross for en nedgang i forhold til fra året før (-1 %). 88,9 % av bjørketrærne var normalt grønne i 2011 (-3,1 %). Dette var det tredje året på rad med økende misfarging hos bjørk, og selv om andelen misfargete bjørketrær fortsatt er lav, har den i overvåkingsperioden aldri vært høyere enn i 2011.



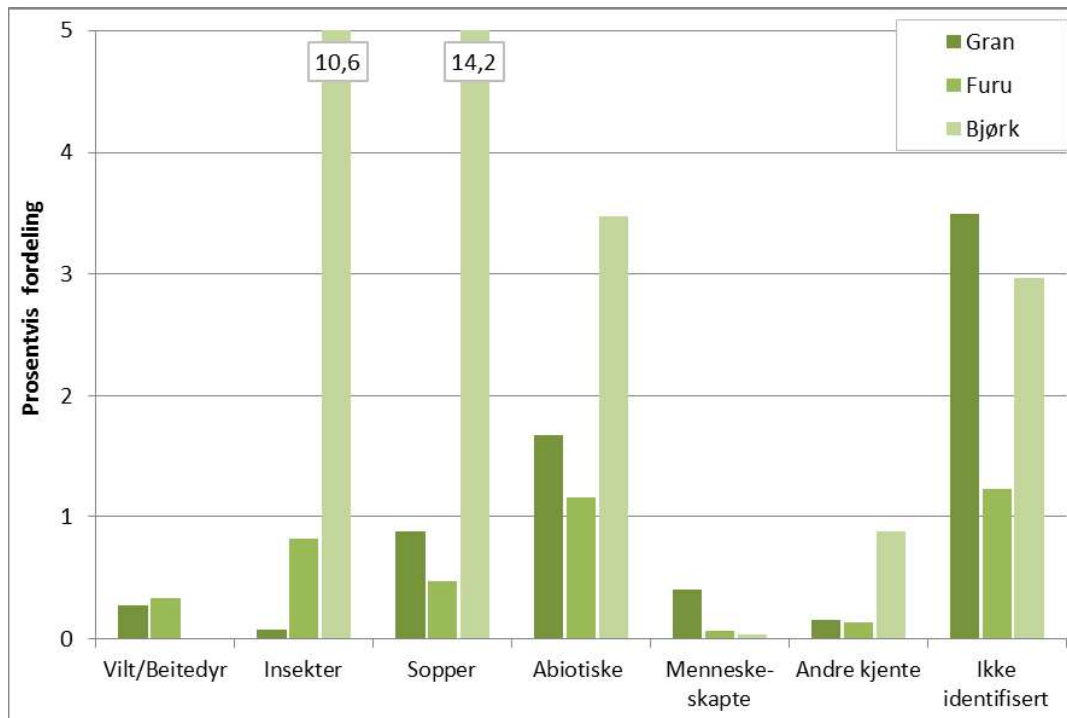
Figur 3. Utvikling av kronefarge for gran, furu og bjørk fram til 2011 på de landsrepresentative flatene. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging)

Omfanget av misfarging og kroneutglisning kombineres til vitalitetsklasser, som er et uttrykk for det samlede skadeomfanget hos et tre. I 2011 ble det hos alle treslagene registrert en økning i andelen trær med slike kroneskader. I 2011 hadde 53,4 % av grantrærne "ingen skade" (Fig. 4), en nedgang på 4,5 % i forhold til i 2010, mens 5,5 % falt i klassen "sterkt skadet". Hos furu var 38,8 % av trærne "ikke skadet", 1,8 % lavere enn året før, men bare 1,3 % "sterkt skadet". Det var for det meste bartrær eldre enn 60 år som hadde kroneskader. Hos bjørk hadde kun 21,3 % av trærne "ingen skade" i 2011, en nedgang på 8,2 %, mens 8,1 % var "sterkt skadet". Bjørk har dermed fortsatt en vesentlig høyere grad av skader i form av misfarging og utglisning i krona enn gran og furu, selv om de fleste bjørketrær med kroneskader falt i vitalitetsklassen "svakt skadet". Hos bjørk er det mindre forskjeller mht. kroneskader mellom yngre og eldre trær enn hos bartrærne.

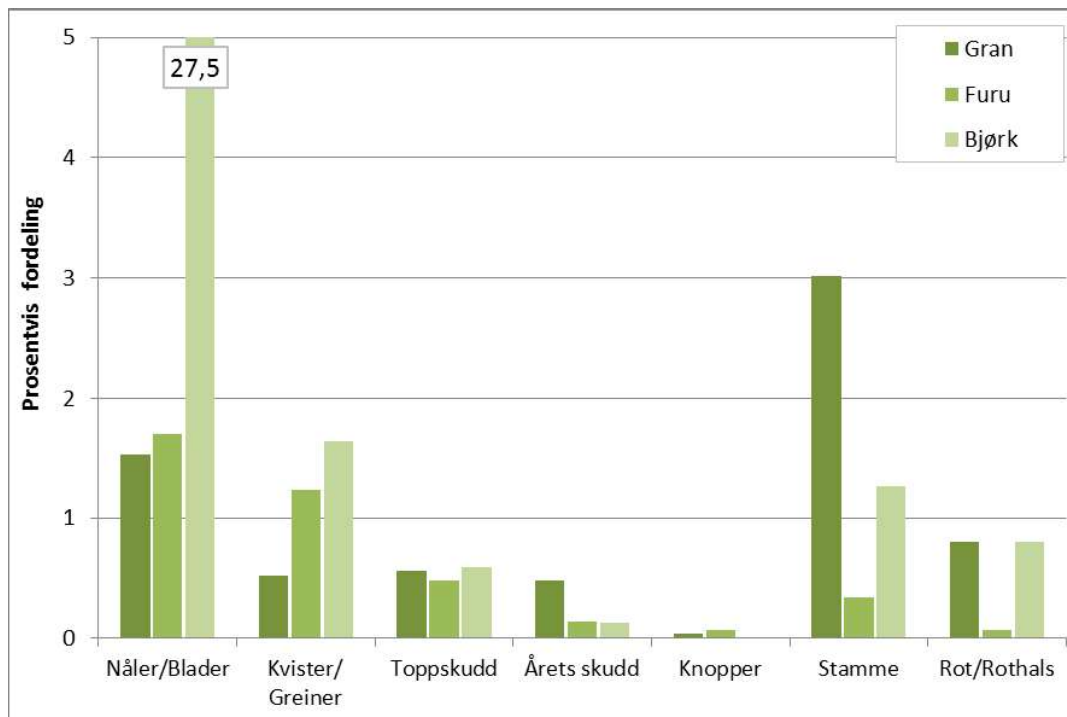


Figur 4. Fordeling av andelen gran-, furu- og bjørketrær på vitalitetsklassene i 2011.

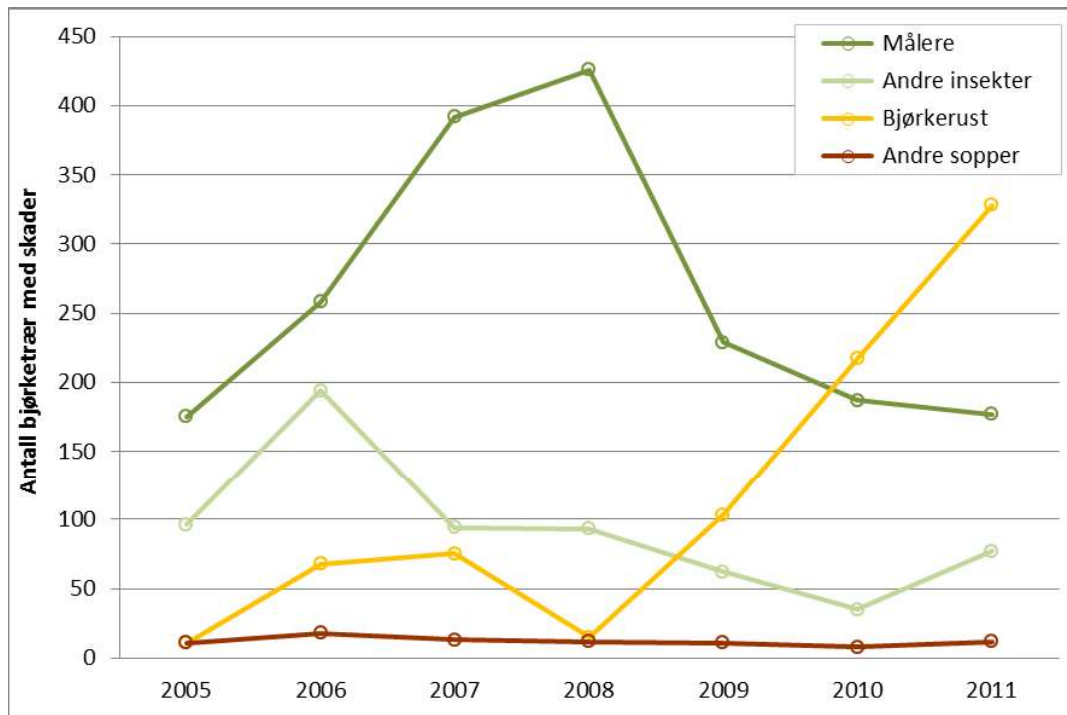
Det ble registrert få biotiske og abiotiske skader på gran og furu i 2011. 7 % av grantrærne og 4,2 % av furutrærne hadde en eller annen form for skade, for det meste med abiotiske årsaker som snø, tørke og vind (hhv. 1,7 og 1,2 % av gran- og furutrærne hadde slike skader, Fig. 5). Få sopp- og insektskader ble registrert på bartrærne. På grantrærne var det først og fremst nåler (1,5 %) og stamme (3 %) som hadde skader, hos furu nåler (1,7 %) og kvister/greiner (1,2 %) (Fig. 6). Hos bjørk var 32,2 % av trærne skadet, 10,6 % av målere eller andre insekter, og 14,2 % av bjørkerustsopp eller andre sopper. Skader med abiotiske årsaker ble registrert hos 3,5 % av de undersøkte bjørketrærne. I forhold til toppårene 2007-08 var det fremdeles en nedgang i antall målerskader på bjørk i 2011, mens skader forårsaket av bjørkerustsopp fortsatte å øke (Fig. 7). 27,5 % av bladene hos bjørk var skadet, 1,6 % av greinene/kvistene, og 1,3 % av bjørkene hadde skader på stammen. Utenom hogde trær, hadde 37 trær dødd av naturlige årsaker på de oppsøkte flatene siden forrige registrering.



Figur 5. Prosentvis fordeling av skadeårsaker i 2011.



Figur 6. Deler av trærne som hadde flest skader i 2011.



Figur 7. Utvikling i antall insekt- og soppskader på bjørk 2005-2011.

På de intensive flatene (Andreassen et al. 2012) var det en signifikant økning i gjennomsnittlig kronetetthet for gran på 2,5 % fra 2010 til 2011 (Tabell 2). Gjennomsnittlig kronetetthet for gran i 2011 lå på 82,8 %. Voss hadde den største, signifikante økningen i kronetetthet fra året før med 8,3 %. Det var flatene i Nedstrand og Osen som hadde høyest kronetetthet i 2011 med hhv 90,2 og 87,3 %, mens Tustervatn hadde lavest med 73,4 %. Kronetetthet på flatene i Voss og Tustervatn har i hele overvåkingsperioden ligget under gjennomsnittet, og særlig Tustervatn har hatt gjennomgående lav kronetetthet. Forskjellen mellom flatene med høyest kronetetthet (Nedstrand) og den med lavest (Tustervatn) var 16,8 %. Kronetetthet hos furu i 2011 endret seg ikke i Osen (Tabell 2). Blant furutrærne på Osen-flata har kronetettheten vært relativt stabil siden 1994 og har holdt seg mellom 85 og 90 % i denne perioden.

Andelen grantrær med normal grønn kronefarge økte med 3 % i gjennomsnitt for alle flatene fra 2010 til 82 % i 2011 (Tabell 2). Andelen misfargete grantrær (trær med mer enn 10 % misfarging) økte signifikant på flatene i Birkenes og Lardal fra 2010 til 2011, mens andelen avtok signifikant i Hurdal og Tustervatn. På de andre flatene var det mindre endringer. I Hurdal ble det registrert misfarging på mer enn halvparten av trærne, i Lardal på 1/3-del av trærne og i Tustervatn på mer enn 1/4-del. I Birkenes, som hadde mye misfarging året før, var så å si alle trær normalt grønne i 2011. Også på de andre flatene var det lite misfarging, og nesten alle grantrærne her ble bedømt som friskt grønne (maks. 10 % misfarging). Med unntak av perioden 2009-2011, har andelen normalt grønne grantrær på de intensive overvåkingsflatene generelt vært høy siden 1999, over eller rundt 90 %, mens 1990-tallet var preget av store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging, sannsynligvis relatert til tørkeperioder som forekom hyppig i 1990-åra. Det var signifikant økende misfarging på furutrærne i Osen i 2011. Det har vært store svingninger i kronefarge for furu gjennom overvåkingsperioden, særlig på midten av 1990-tallet. I de aller fleste årene av overvåkingsperioden har andelen normalt grønne furutrær likevel ligget på eller nær 100 %.

Tabell 2. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på Level 2 flatene i 2011 og endringer fra 2010 i parentes (*=signifikante endringer). Gjennomsnittstall (Gj.snitt) for granflatene. Antall bedømte trær pr. flate (totalantallet i parentes) og sum treantall for alle flatene.

Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge	Trær bedømt (totalt)
BI	Gran	84,0 (0,9)	98 (43*)	54 (149)
NE	Gran	90,2 (6,9*)	100 (2)	49 (119)
LD	Gran	83,4 (2,3*)	66 (18*)	58 (102)
HU	Gran	80,4 (-1,1)	47 (-32*)	62 (74)
VO	Gran	81,1 (8,3*)	97 (8)	61 (126)
OS	Gran	87,3 (2)	97 (-1)	66 (322)
OS	Furu	89,3 (0)	82 (-12*)	67 (69)
TU	Gran	73,4 (-1,9)	72 (-19*)	67 (121)
Gj.snitt	Gran	82,8 (2,5*)	82 (3)	484 (1082)

Av de 484 trær som ble kronebedømt på de intensive overvåkingsflatene i 2011, hadde 64 trær en kronetetthet lavere enn 75 % og 13 trær hadde mer enn 25 % misfarging. De fleste av trærne med lav kronetetthet stod på flata i Tustervatn, som hadde lavest gjennomsnittlig kronetetthet av alle overvåkingsflater i 2011. Nesten ¾ -deler av trærne på flata i Tustervatn og 1/5-del av trærne i Lardal hadde "dieback"-symptomer med avdøing av små og store kvister i krona. Det ble ellers registrert få skader på overvåkingsflatene.

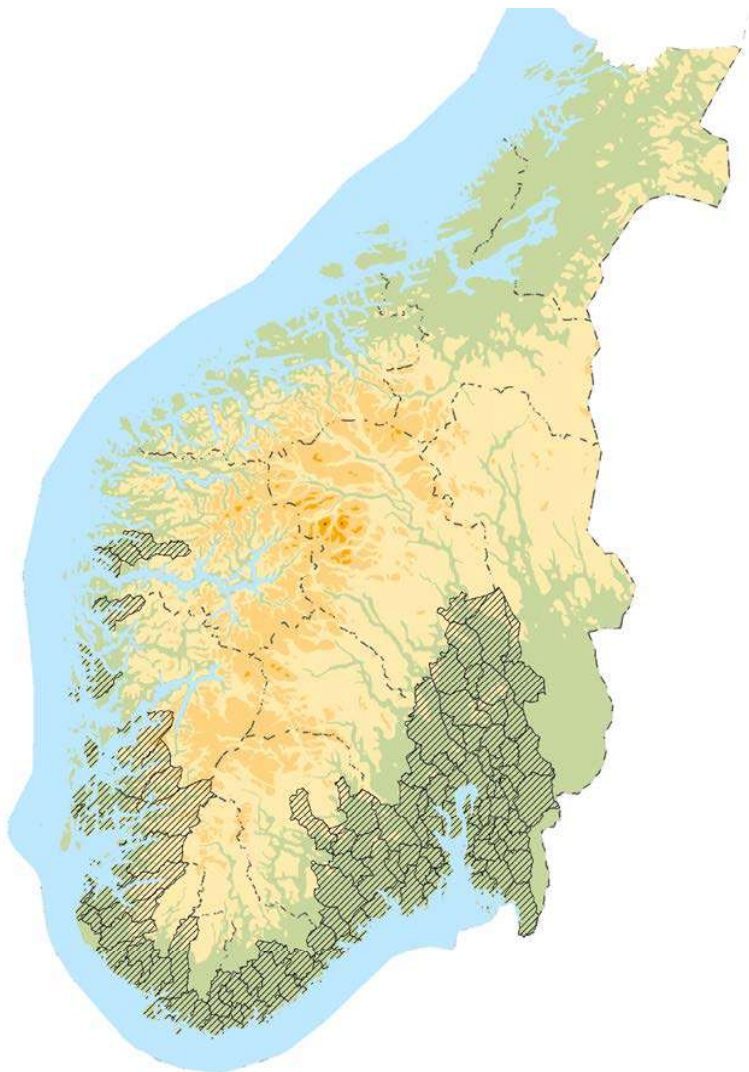
3.2 Spesielle skader i 2011

Denne lista er utarbeidet etter rapportene innsendt til "Skogskader på Internett" og befaringer.



Figur 8. Sterkt angrepne asketrær i Vindafjord. Foto: Halvor Solheim.

Askeskuddsyke. Askeskuddsyke, forårsaket av askeskuddbeger *Hymenoscyphus pseudoalbidus* (*Chalara fraxinea*), ble først oppdaget i Norge i 2008 og var da spredd over store deler av Sørlandet og Østlandet. Fram til og med 2010 ble sykdommens spredning fulgt i Rogaland, hvor den i løpet av en 2 års periode så ut til å spre seg ca 30 km hvert år. På høsten i 2010 ble imidlertid en mistenkelig prøve funnet i Ryfylke. Undersøkelser i Ryfylke i 2011 viste at sjukdommen må ha vært tilstede i Ryfylke i flere år så en antar at det har vært en egen introduksjon der. Særlig et bestand i Vindafjord var sterkt rammet (Fig. 8) og hadde mange eldre infeksjoner. Også på Askøy i Hordaland ble det funnet eldre skader så en egen introduksjon kan også ha funnet sted i Bergensområdet. I 2011 ble askeskuddsyke registrert i de fleste kommuner i Rogaland, i mange kommuner i Hordaland og i 3 kommuner nord for Sognefjorden, Fjaler, Gulen og Hyllestad (Solheim 2012b). Figur 9 viser kjent utbredelse av askeskuddsyke fram til og med 2011.



Figur 9. Utbredelse av askeskuddsyke i 2011: Kartet viser kommuner hvor sykdommen er registrert til og med 2011.

Bjørkerust (*Melampsorium betulinum*). Det har i 2011 vært nokså omfattende angrep i fjellstrøk fra Hallingdal til Dovrefjell, og Nord-Østerdal. I tillegg var det en del angrep på Fosen-halvøya.

Granbarkbille (*Ips typographus*). Også i 2011 var det en nedgang i fellefangstene. Mange fylker hadde en markert nedgang. Eneste fylket med en relativt stor økning var Sør-Trøndelag, men heller ikke her var fangstene særlig høye. Nedgangen kan trolig settes i sammenheng med ugunstig vær for billenes sverming. Barkbillenivået var i 2011 middels høyt (Økland et al. 2011).

Granrust (*Chrysomyxa abietis*). Det ble registrert forholds mye granrustangrep i sørøstlige deler av Norge og på Nord-Vestlandet. Det var sterkest angrep i skoger fra 250 til 600 moh.

Grantørke. Den pågående grantørken på sørøstlandet (Andreassen et al. 2011) ser ut til å fortsette. Nytt i 2011 er en lignende toptørke i gran i litt høyereliggende skoger (300-550 moh) i de samme områdene. Også denne skaden rammet sterkest i Vestfold, men er også rapportert fra Akershus, Buskerud og Telemark. Årsaken til denne skaden er foreløpig ukjent.



Figur 10. Typisk skadebilde når lokkrustsoppen angriper granskudd. Foto: Halvor Solheim

Lokkrust (*Thekopsora areolata*). Denne rustsoppen vertsveksler mellom gran og hegg. På gran infiseres som oftest blomsten og soppen utvikler seg i konglene med det resultat at det ikke produseres frø. På gran kan soppen også infisere skudd i god vekst, og da særlig toppskuddet. Angrepne skudd får gjerne en karakteristisk krumming (Fig. 10). I 2011 ble det registrert angrepne grantopper over store deler av Sør-Norge. I granbestand med mye hegg kunne opp mot 50 % av trærne ha slike angrep.

Rødbandsyke. Denne sykdommen på furunåler (Fig.11) ble første gang registrert i Norge i 2009 i Troms (Solheim & Vuorinen 2011, Solheim 2012a). I 2011 ble det gjort flere nye funn av rødbandsoppa (*Mycosphaerella pini*) som er årsak til sykdommen. Den ble funnet på flere steder i kommuner med tidligere funn, men også i noen nye kommuner i Vestfold og Telemark (Solheim 2012a). Selv om soppa gjør mye skade i enkelte land var det bare ubetydelige angrep i 2011 i Norge. I et bestand i Troms var det imidlertid nokså sterke angrep på enkelte små trær.



Figur 11. Furunål angrepet av rødbandsoppa. Merk de typiske røde bandene. Foto: Halvor Solheim

3.3 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger

I 2011 ble svovel- og nitrogenforbindelser i luft målt på fem stasjoner på fastlands-Norge, hvorav fire 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 (Andøya).

Årsmiddelkonsentrasjonene av svoveldioksid og sulfat i luft var høyest på Birkenes i Sør-Norge med hhv. 0,11 og 0,33 $\mu\text{g S/m}^3$ (Tabell 3). Høyeste årsmiddelverdier for "sum nitrat" og for ammonium hadde hhv. Birkenes med 0,27 $\mu\text{g N/m}^3$ og Hurdal med 0,41 $\mu\text{g N/m}^3$. Hurdal har også det høyest NO_2 -nivå med årsmiddel på 0,79 $\mu\text{g N/m}^3$. 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 13–33 % om sommeren og 7–19 % om vinteren. Tørravsetningen for

nitrogenkomponenter bidrar for det meste relativt mer til totalavsetningen enn hva som er tilfelle for svovelforbindelser, især om sommeren.

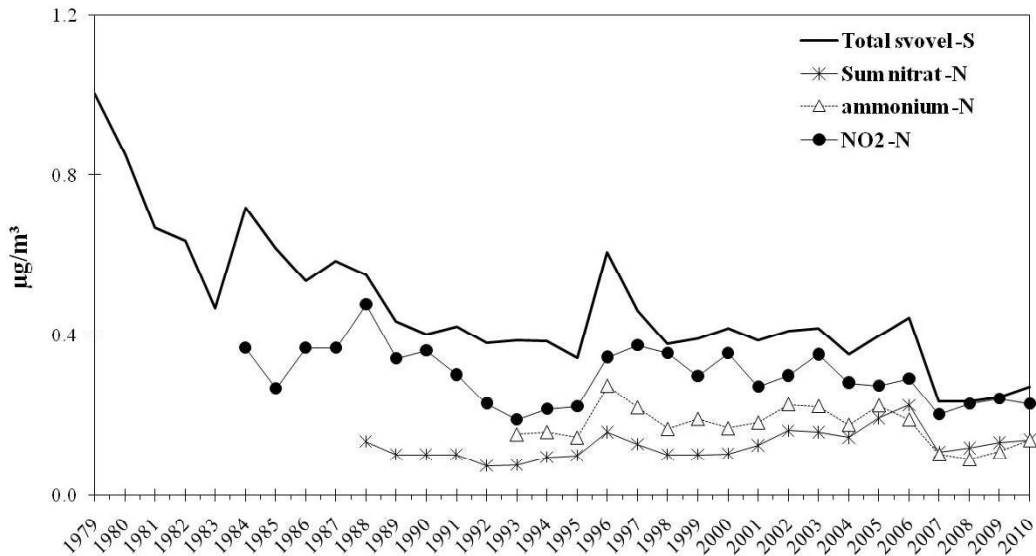
Årsmiddelkonsentrasjonene i 2011 var generelt en del høyere for nitrogenkomponentene i luft sammenlignet med foregående år (Fig. 12). For svovel var nivået relativt likt foregående år. I et lengre tidsperspektiv har reduksjonene for svoveldioksid med 1980 som referanseår, blitt beregnet til å være mellom 89 og 97 % (78-95 % fra 1990), og for sulfat mellom 77 og 81 % (59-65 % fra 1990) på fastlands-Norge. Årsmiddelkonsentrasjonen av ammonium viser en signifikant reduksjon på 50 % siden 1993. Summen nitrat+salpetersyre i luft viser ingen entydig tendens. Det er både positive og negative trender. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO₂; en reduksjon på 30-74 % på de tre fastlandsstasjonene.

I 2011 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV monitor på syv stasjoner på fastlandet. Målingene av bakkenært ozon i Norge i 2011 viste generelt lave verdier. Dog noe høyre enn det rekordlave året i 2010. I 2011 var det relativt varmt vær og lite nedbør i april, men utover sommeren mer vått. Ozonnivåene i 2011 gjenspeiler dette værslaget, med høye konsentrasjoner i april og generelt lave nivåer deretter. Også i Europa for øvrig, var 2011 et år med lave ozonnivåer. Den høyeste maksimumsverdien i 2011 ble registrert på Birkenes med 168 µg/m³, og dernest på Hurdal (151 µg/m³) og Prestebakke (149 µg/m³), dvs godt under terskelverdien for informasjon til befolkningen på 180 µg/m³. Ozonnivåene fra år til år er i stor grad styrt av værforholdene, og ozonepisoder her til lands henger sammen med høytrykk i sør/sørøst med transport av varme luftmasser inn til landet.

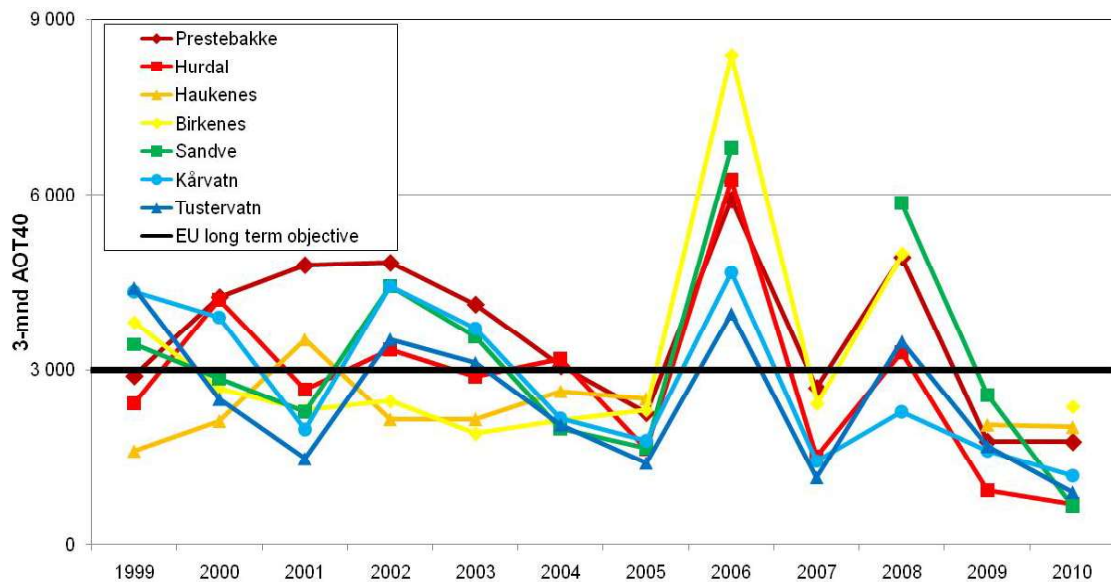
Grenseverdien for beskyttelse av vegetasjon er basert på parameteren AOT40, som betegner summen av ozonverdiene som overstiger 40 ppb gjennom vekstsesongen. Pga. revisjoner i manualen har grenseverdien på skog blitt redusert fra 10 000 ppb-timer til 5000 ppb-timer (april-september). Denne ble i 2011 overskredet på Birkenes og Haukenes. Høyest var verdien på Birkenes med 6541 ppb-timer. Reduksjonen i grenseverdi for skog kan vise seg å få en del betydning for antall overskridelser i Norge. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer (mai-august), ble ikke overskredet på noen av stasjonene i 2011. Høyest var verdien på Birkenes med 1776 ppb-timer. EU-direktivets målverdi ("target value") på 9000 ppb-timer, er i dag oppfylt ved alle de norske stasjonene. Verdier over langtidsmålet ("long-term objective") på 3000 ppb-timer har imidlertid forekommet i mange av de siste ti årene, Figur 13. Vi gjør oppmerksom på at AOT-verdiene vist i Figur 13 refererer til tremåneders perioden mai-juli (som er angitt i EU direktivet), uten noen "nordisk tilpasning". Med en såkalt nordisk tilpasning, dvs. med beregningsperioden 15. mai til 15. august, ville AOT-verdiene blitt noe lavere i og med at ozonivået generelt er lavere i august enn i mai i Norge.

Tabell 3. Årsmiddelkonsentrasjoner av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner, 2011.

STASJON	Årsmiddelkonsentrasjoner										
	SO ₂ µg-S/m ³	SO ₄ ²⁻ µg-S/m ³	NO ₂ µg-N/m ³	sum NO ₃ µg-N/m ³	NO ₃ µg-N/m ³	NH ₄ µg-N/m ³	Mg µg/m ³	Ca µg/m ³	K µg/m ³	Cl µg/m ³	Na µg/m ³
Birkenes II	0,11	0,33	0,43	0,37	0,27	0,32	0,08	0,04	0,08	0,53	0,53
Hurdal	0,10	0,26	0,79	0,34	0,25	0,41	0,03	0,04	0,08	0,1	0,19
Kårvatn	0,07	0,13	0,26	0,17	0,12	0,15	0,03	0,03	0,05	0,24	0,21
Tustervatn	0,08	0,13	0,14	0,27	0,19	0,23	0,03	0,03	0,05	0,32	0,25
Andøya	0,05	0,17	-	0,06	0,04	0,04	0,09	0,04	0,04	1,13	0,75



Figur 12. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$), sum nitrat (HNO_3+NO_3), sum ammonium ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) og nitrogendioksid (NO_2) på fire norske bakgrunnsstasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn, Karasjok/Jergul).



Figur 13. Tremåneders AOT-verdi for eksponering av ozon (1. mai – 1. august) for årene 1999-2011. EUs langtidsmål på 3000 pbb-timer er markert i figuren.

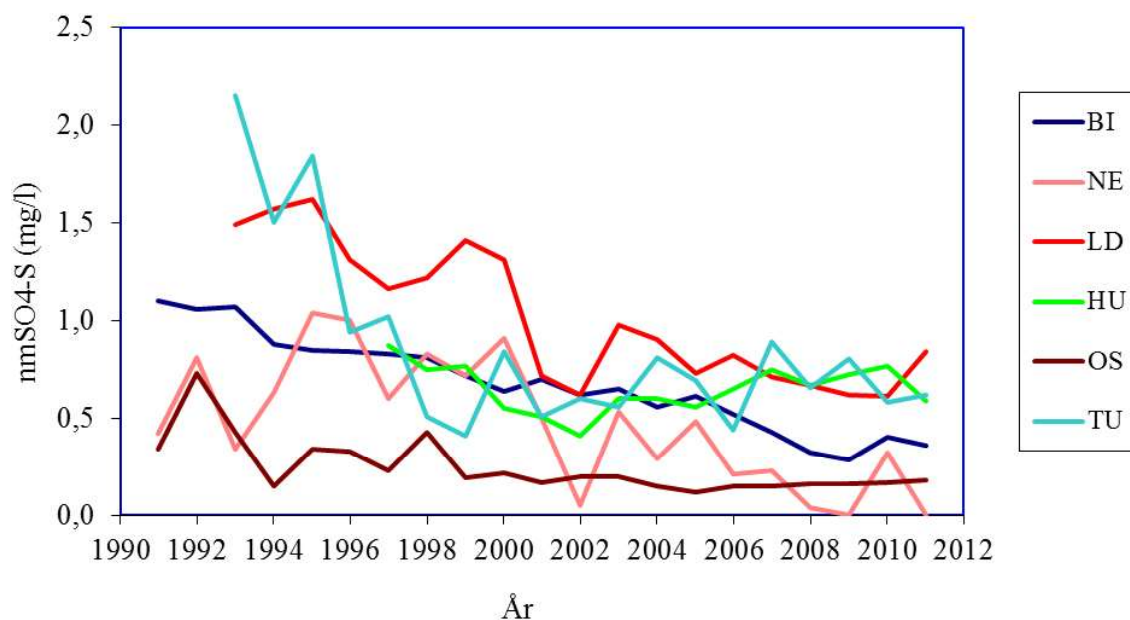
3.4 Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Nedbør i skog. Langtidstrenden for konsentrasjoner av forurensende stoffer i nedbør i skog er positiv, med redusert tilførsel siden 1990. Tilførselen av forurensende stoffer til Norge er, i tillegg til utslipp og vindretning, imidlertid også avhengig av nedbørsmengde. Mye av de variasjonene vi har sett i resultatene kan derfor tilskrives meteorologiske forhold. Av seks overvåkingsflater, hadde Tustervatn i Nord-Norge de laveste konsentrasjonene av antropogent sulfat og uorganiske nitrogenforbindelser i nedbør og kronedrypp i 2011. Deposisjon av uorganisk nitrogen var lavest på Osen, sannsynligvis fordi nedbørsmengden var lavest der. Disse resultatene er sammenlignbare med tidligere år. I 2011 var det høy

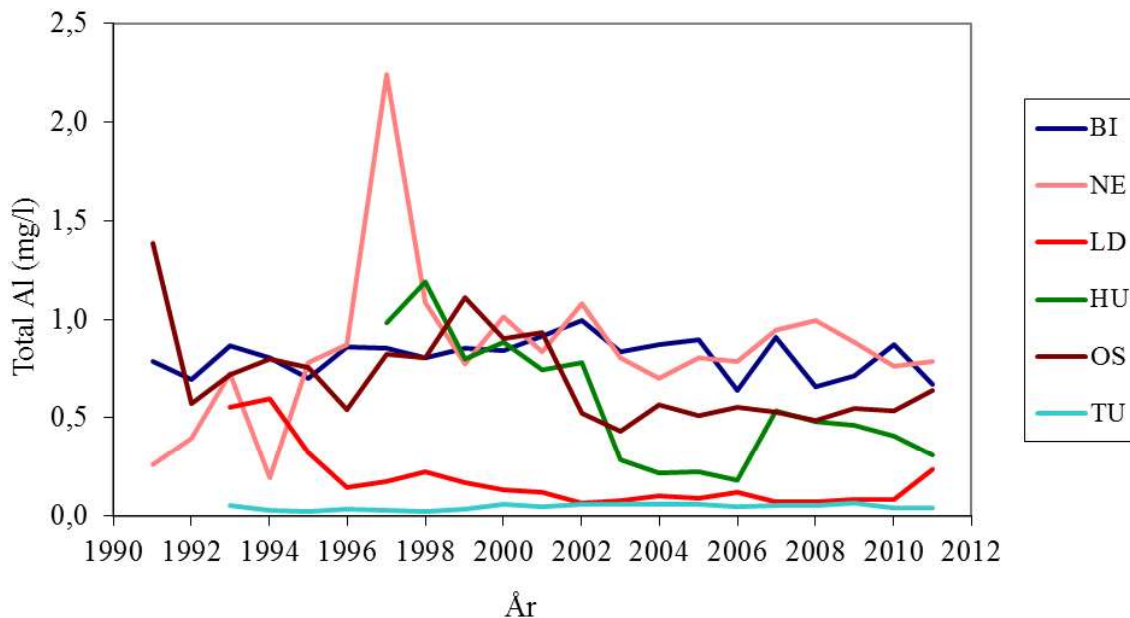
nedbør på flere av flatene, og det har bidratt til økt deposisjon, for eksempel av uorganisk nitrogen.

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 høyest ved Tustervatn i Nord-Norge.

Konsentrasjoner av ikke-marint sulfat i jordvann varierte innen et normalt konsentrasjonsområde, og den tidligere avtagende trenden synes å ha flatet ut (Fig. 14). Konsentrasjoner av potensielt toksiske aluminiumforbindelser var stort sett under grenseverdier for skader på grantrær, selv om temporære høyere aluminiumkonsentrasjoner kan ha forekommet som et resultat av sjøsalttilførsel etter stormer. Langtidstrender i totalkonsentrasjoner av aluminium er vist i Figur 15: Konsentrasjonene synes å være stabile.



Figur 14. Langtidstrender i ikke-marint SO4-S i jordvann fra 15 cm-sjiktet. Koder for flatenavn i Figur 1.



Figur 15. Langtidstrender for totalkonsentrasjon av aluminium i jordvann fra 15 cm-sjiktet. Høy verdi på Nedstrand (NE) i 1997 skyldes høye sjøsaltkonsentrasjoner. Koder for flatenavn i Figur 1.

3.5 Kjemisk analyse av barnåler

I 2011 ble det tatt nåleprøver for kjemisk analyse av de samme trærne på de intensive flatene som har vært benyttet annethvert år siden 1995. Årets analyse er dermed den niende i denne tidsserien. Det ble ikke tatt nåleprøver fra Nedstrand i 2011.

Analysene i 2011 viste at konsentrasjonen av makronæringsstoffene i årets barnåler hadde forandret seg relativt lite i forhold til 2009, og at de målte verdiene, med noen unntak, lå innenfor normalen for eldre barskog i Norge. (Tabell 4). Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i området mellom mangel- og optimumsgrense anses for å være normale eller tilstrekkelige for gran. Næringsmangel defineres her som elementinnhold i nåler som sammenlignet med normale forhold fører til dårligere vekst, mens konsentrasjoner over optimumsgrensa ikke lenger fører til bedre vekst (UNECE 2000). Ved særlig lave konsentrasjoner får vi synlige mangelsymptomer. Mangel- og optimumsgrenser i tabellene og figurene er beregnet etter Aamlid et al. (1991), Brække (1994), Hüttl (1991) og Stefan et al. (1997).

Konsentrasjonen av kalsium (Ca), kalium (K) og magnesium (Mg) i barnålene lå i området for normal eller optimal næringskonsentrasjon i nålene fra alle flater bortsett fra Hurdal, som hadde lave verdier for K i barnålene. Konsentrasjonen av fosfor (P) var lav på flatene i Birkenes, Hurdal og Voss (Tabell 4).

Konsentrasjonen av N i barnålene økte i Hurdal, Voss og Tustervatn, men var bare i Birkenes i området for tilstrekkelig næringskonsentrasjon. På alle de andre flatene lå N-konsentrasjonen under mangelgrensa (Tabell 4). N-mangel er imidlertid normal i boreale barskoger, hvor dette er det vanligste vekstbegrensende næringsstoffet (Binkley & Högberg 1997). Flata på Sørlandet (Birkenes) hadde som tidligere den høyeste konsentrasjonen av N

i barnålene, mens de nordligste flatene, Osen og Tustervatn, hadde lavest innhold av N i barnålene.

Birkenes på Sørlandet, som er mest utsatt for langtransporterte forurensinger, hadde, som tidligere år, de høyeste svovel (S) -verdier i barnålene av alle overvåkingsflater (Tabell 4). Til tross for en generell reduksjon i svoveldeposisjonen gjennom nedbøren, har konsentrasjonen av S i barnålene i Birkenes hatt en økende tendens siden 2001. Innholdet av S i barnålene økte på alle de sørlige flatene (BI, LD, HU) fra 2009 til 2010, mens det gikk ned på de nordligste flatene, Osen og Tustervatn. Konsentrasjonen av S var også lavest på disse to flatene (Tabell 4). Konsentrasjonen i barnåler av både N og S avtar med økende breddegrad (Andreassen et al. 2012).

For å oppnå god trehelse er det også avgjørende at næringsstoffenes konsentrasjon i barnålene står i et balansert forhold til hverandre. For høy eller for lav konsentrasjon av ett næringsstoff i forhold til andre næringsstoffer kan føre til næringsubalanse og over tid til næringsmangel (Kjønaas & Stuanes 2008). Så selv om barnålenes P-konsentrasjoner var lave på noen av flatene, var de likevel på et tilstrekkelig nivå i forhold til de lave N-konsentrasjonene, med unntak av Osen. Denne flata, som har hatt de høyeste konsentrasjonene av Ca og P av alle flater i nesten alle år siden 1995, hadde lave verdier for forholdet mellom N og P og til en viss grad også mellom N og Ca, noe som indikerer at det er for lite nitrogen på denne flata i forhold til disse næringsstoffene. De andre makronæringsstoffene fantes i tilstrekkelige konsentrasjoner i forhold til N på alle flater.

Konsentrasjonen av næringsstoffer kan variere fra år til år. Temperatur og nedbør påvirker næringsstoffenes tilgjengelighet i jordvannet, og dette kan forklare noe av svingningene i næringsstoffenes konsentrasjon i barnålene mellom årene (Hüttl 1991).

Tabell 4. Konsentrasjoner av makronæringsstoffer i mg/g tørrstoff i årets barnåler 2011 (endringer fra 2009 i parentes.). Gj.snitt: Gjennomsnittet for granflatene. Normal: Området mellom mangel- og optimumsgrense med normale/tilstrekkelige konsentrasjoner av makronæringsstoffer for gran.

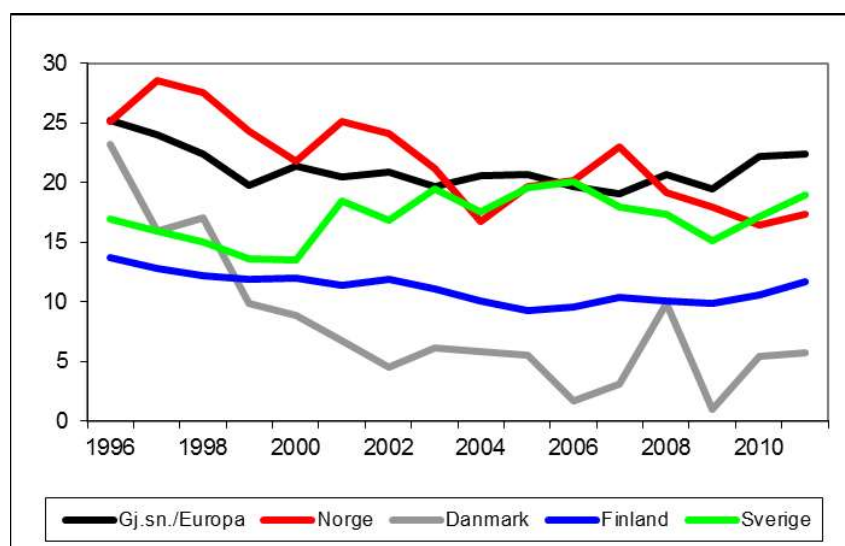
Flate	Ca	K	Mg	N	P	S
BI	3,6 (0,5)	7,1 (-0,3)	1,4 (0,1)	13,5 (-0,2)	1,2 (-0,1)	0,91 (0,02)
LD	3,7 (-0,2)	7,7 (1,1)	1,2 (-0,1)	12,9 (-0,2)	1,4 (0)	0,83 (0,06)
HU	3,3 (0,2)	4,2 (-0,8)	1,0 (0)	12,0 (0,4)	1,2 (0)	0,71 (0,03)
VO	4,0 (0,4)	5,5 (-0,6)	1,0 (0,1)	11,9 (0,4)	1,2 (-0,1)	0,80 (0)
OS	4,5 (0,4)	7,1 (-0,2)	1,1 (0,1)	10,9 (-0,3)	1,7 (-0,2)	0,70 (-0,05)
TU	2,4 (0,4)	7,2 (-0,8)	1,2 (0,3)	11,4 (0,8)	1,3 (0)	0,65 (-0,06)
Gj.snitt	3,6 (0,3)	6,5 (-0,3)	1,2 (0,1)	12,1 (0,1)	1,3 (-0,1)	0,77 (0)
Normal	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

I Norge har mange lauvtrearter fortsatt betydelige skader, som for eksempel hos bjørk og ask. Mengden skadet bjørk er høyt med ca. 32 % skadde bjørketrær. Her er det både insekt-, sopp- og abiotiske skader, men det er særlig fjellbjørkemåleren (*Epirrita autumnata*) og andre målere og bjørkerustsopp (*Melampsorium betulinum*) som er hovedproblemet hos bjørk (Timmermann et al. 2012). Hos furu var det ingen store angrep av furubarveps (*Neodiprion sertifer*) i 2011 som vi har hatt de siste åra. I gran var det relativt lite skader i 2011, og omfanget av skogskader er ikke unormalt stort, selv om det i noen år har vært betydelige innsekt- og soppangrep i Norge. Barskogen ser ut til å greie seg bra landet sett under ett, men andelen trær med kroneskader er betydelig høyere i Norge og Sverige enn i Danmark

og Finland (Fig. 16). Sammenlignet med resten av Nord- og Mellom-Europa er tilstanden i Norge likevel ikke dårligere.

Det har i 2011 vært en tydelig nedgang i gjennomsnittlig kronetetthet i Norge for gran, furu og bjørk etter noen år med økning. Imidlertid er det betydelige regionale forskjeller i tilstand og utvikling. Selv om det er en del regionale variasjoner og variasjoner over tid, må helsetilstanden i norsk skog likevel sies å være tilfredsstillende sammenlignet med det skadenivået vi hadde på 1990-tallet. Skogens tilstand vurdert ved kronetetthet, kronefarge, skader og mortalitet, har ikke endret seg vesentlig gjennom overvåkingsperioden. Kronebedømmelse er imidlertid en subjektiv metode 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). En sannsynlig årsak til lav kronetetthet og mye misfarging på Sør- og Østlandet på 1990-tallet var de hyppige tørkesommene i disse områdene i dette tiåret (Solberg 2004). Disse somrene 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 2004). Avdøingen 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).



Figur 16. Andel bartrær med kroneskader (mer enn 25 % utglisning) i Norge, Danmark, Finland, Sverige og i sammenlignbare land i Nord- og Mellom-Europa. (UNECE 2012b og data fra www.icp-forests.org)

I Europa er det en høyere andel bartrær med skader (mer enn 25 % utglisning) enn det vi finner i Norge og i Sverige. (Fig. 16). ICP Forests (UNECE 2012b) peker på flere mulige årsaker til en dårligere utvikling i Europa, og det legges særlig vekt på de innvirkninger ulike værforhold har på skog.

Askeskuddbeger (*Hymenoscyphus pseudoalbidus*) fortsatte også i 2011 sine herjinger og spredning på Sør-, Vest- og Østlandet. Askeskuddbeger forårsaker skuddavdøing (askeskuddsyken) og mortalitet hos ask. Dersom denne sykdommen fortsetter angrepene eller brer seg til andre landsdeler, kan dette drepe mange trær. I mange land i Nord-Europa har sykdommen gjort store skader og drept mange asketrær (Kowalski 2006, Schumacher et al. 2007, Thomsen et al. 2007, Halmschlager & Kirisits 2008, Solheim 2009, Timmermann et al. 2011). Mattilsynet har i en forskrift lagt ned forbud mot flytting av planter, formeringsmateriale og trevirke av ask ut av karantenesonen der askeskuddsyken er påvist for å hindre videre spredning av askeskuddbeger til Vestlandet og Trøndelag. Mengden av

granbarkbiller (*Ips typographus*) har avtatt de fleste steder i landet i 2011, men i Sør-Trøndelag har den derimot økt. Rødbandsyke (*Mycosphaerella pini*), som opptrer på furu, ble første gang påvist i 2009 i Troms. Den er nå påvist også i Sør-Norge, og den har antagelig spredd seg fra Sverige. I 2011 ble det også observert en del toppskranting og avdying av gran i hogstklasse 3-4 i Sørøst-Norge. Disse symptomene hos gran har fått fellesbetegnelsen "grantørke" og årsakene vil bli nøyere undersøkt i et større forskningsprosjekt.

Klimatiske forhold har betydelig innvirkning på de vannkjemiske forholdene i skogøkosystemet. Tilførsel av langtransportert svovel med nedbør har avtatt mye siden midten av 1970-tallet, og målinger viser mer enn halvering av svovelforbindelser (SO_2 og SO_4^{2-}) siden midten av 1980-årene (Aas et al. 2012). Sulfatkonsentrasjonen i jordvannet har avtatt tilsvarende, men de siste årene ser det ut til at den avtagende trenden i konsentrasjonen av ikke-marint (antropogent) sulfat har flatet ut (Fig. 14). Analyser av makronæringsstoffer i barnåler viser at den sørligste landsdelen fortsatt har høyest konsentrasjon av nitrogen og svovel i barnålene, og at det fins en tydelig nord-sør gradient for nitrogen- og svovelinnhold i barnåler der konsentrasjonene avtar med økende breddegrad. Konsentrasjonen av S i barnålene i Birkenes på Sørlandet har imidlertid hatt en relativt jevn økning helt siden 2001. Årsakene til variasjonene i skogens vitalitet er usikre, men resultatene av overvåkingen så langt, sammenholdt med registreringer av skogskader, tyder på at skogskadebildet er mye styrt av værforholdene og skadegjørere i regionale mønstre som endrer seg noe fra år til år (Solberg 2004, Solberg & Dalen 2007). Eventuelle skadelige effekter av langtransporterte forurensninger er betydelig mindre og vanskelige å påvise. På Sørlandet er det påvist en tilvekstøkning forårsaket av nitrogendeposisjon (Solberg et al 2004), og en slik økning forstyrrer en eventuell tilvekstreduksjon forårsaket av svovelholdige forurensninger som er påvist i eksperimenter (Abrahamsen et al. 1993).

Klimatiske forhold kan gi skader direkte, eller de kan legge grunnlag for sopp- og insektangrep. De store angrepene vi har hatt de siste årene av fjellbjørkemåler på bjørk, og for noen få år siden av furubarveps på furu, kan være initiert av klimatiske forhold enten direkte ved oppformering av insektene eller indirekte ved en gradvis svekkelse av trærnes motstandskraft (Krokene 2007, Solberg & Dalen 2007). For eksempel ser det ut til at det store angrepet av furubarveps vi hadde for noen få år siden i enkelte distrikter på Østlandet nå er over. Soppene granrust (*Chrysomyxa abietis*), furuas knopp- og greintørke (*Gremmeniella abietina*) og bjørkerust har hatt betydelige angrep de siste årene, og er i stor grad klimatisk styrt (Solheim 2001, 2008, 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 av noen arter, mens tørt vær tilrettelegger for sporespredning av andre arter igjen (Solheim 1990, 2008). Etablering av sopp begunstiges hovedsakelig av fuktig vær. Enkelte skadetyper er av kronisk art, og kan forklare vedvarende misfarging og kroneutglisning ved at trærne svekkes over tid når de først har fått for eksempel en råteskade. I Mellom-Europa ble det funnet en sterk sammenheng mellom angrep av rotkjuke (*Heterobasidion*) og kronetetthet og kronefarge (Schmid-Haas 2002). Rotkjuke er svært vanlig i norske granskoger, og i en undersøkelse i Norge ble det påvist at 20 % av grantrærne hadde råteforekomster og var angrepet av rotkjuke (Huse et al. 1994).

Det geografiske mønsteret i skogens kronetetthet, omfang av misfarging og variasjonene over tid (Timmermann et al. 2012), samsvarer ikke med mønsteret en skulle forvente å finne ved skader av langtransporterte luftforurensninger i Norge. Her i landet har det geografiske mønster av luftforurensninger i hovedsak vist størst tilførsler lengst sør (Aas et al. 2012). Denne avtakende tilførselen (deposisjon) mot nord er tydeligst for sure forbindelser i nedbør som for eksempel ikke-marint sulfat, uorganiske nitrogenforbindelser og syre (H^+). I tillegg til mest forurensning sør i landet er det også en forventning om at skadelige effekter først kommer i sør med lavere tålegrense for skogsjord siden jorddekket her er tynt og i stor grad består av mineraler som forvitrer seint (Abrahamsen et al. 1994). Det er i OPS ikke funnet

tegn på at langtransporterte luftforurensninger har ført til skader på skog (Solberg & Tørseth 1997, Solberg 1999, Solberg et al. 2002, Solberg et al. 2004). Tålegrenseberegninger for Norge tyder også på at sur nedbør, gjennom jordforsuring, ikke vil være noen stressfaktor for skog, heller ikke på lang sikt (Larssen & Høgåsen 2003). Dette forklares 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. I kystnære områder kommer i tillegg tilførsel av bl.a. magnesium i sjøsalter. 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. Det kan også forekomme normalt kortvarige episoder med uvanlig høye konsentrasjoner av toksiske aluminiumforbindelser, for eksempel i forbindelse med stormer.

ETTERORD

OPS er finansiert av Landbruks- og matdepartementet. Vi takker alle som har bidratt med sitt arbeid for å muliggjøre denne rapporten, inklusive andre forskere, teknikere og feltarbeidere ved de deltakende institusjonene, og lokale observatører og stasjonsholdere.

LITTERATUR

- Abrahamsen, G., Stuanes, A.O. & Tveite, B. 1994. (Eds.) Long-term experiments with acid rain in Norwegian forest ecosystems. *Ecological Studies* 104. 342 s.
- Andreassen, K., Clarke, N., & Timmermann, V. 2012. Intensiv skogovervåking i 2011. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. *Intensive forest monitoring in 2011. Results from ICP Forests Level 2 plots in Norway*. Rapport fra Skog og landskap.
- Andreassen, K., Timmermann, V., Clarke, N., Solheim, H., Røeberg, I. & Aas, W. 2011. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2010. *Norwegian monitoring programme for forest damage. Annual report 2010*. Rapport fra Skog og landskap. 18/2011, 23 s.
- 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.
- Dahl, E. & Skre, O. 1971. En undersøkelse over virkningen av sur nedbør på produktiviteten i landbruket. p. 27-40 i: Konferens om avsvavling, Publ 1971 (1). Nordforsk, Miljøvårdsverket, Helsingfors.
- 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 2009. Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe in 2008. Norwegian Meteorological Institute, EMEP Status report 1/2009.
- 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.
- Falkengren-Grerup, U. & Schöttelndreier, M. 2004. Vascular plants as indicators of nitrogen enrichments in soils. *Plant Ecology* 172, 51-62.

- Halmschlager, E. & Kirisits, T. 2008: First record of the ash dieback pathogen *Chalara fraxinea* on *Fraxinus excelsior* in Austria. *New Disease Reports*, Volume 17. In: <http://www.bspp.org.uk/ndr/july2008/2008-25.asp> (08.04.2008).
- Horntvedt, R., Aamlid, D., Rørå, A. & Joranger, E. 1992. Monitoring programme for forest damage. An overview of the Norwegian programme. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 6: 1-17.
- 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.
- Kellner, P.S. & Redbo-Torstensson, P. 1995. Effects of elevated nitrogen deposition on the field-layer vegetation in coniferous forests. *Ecological bulletins* 44, 227-237.
- Kowalski, T. 2006. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland. *Forest Pathology* 36: 264-270
- Krokene, P. 2007. Angrep av rød furubarveps. Fagartikkel, Skog og landskap. http://www.skogoglandskap.no/fagartikler/2007/rod_furubarveps.
- Landsskogtakseringen 2011. Landsskogtakseringens feltinstruks 2011. Håndbok fra Skog og landskap 01/2011: 119 s + vedlegg. OPS 1989. Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 1988. Norsk Institutt for Skogforskning. Ås, Norge. 52 sp.
- Rosen, K., Gundersen, P., Tegnhammar, L., Johansson, M. & Frogner, T. 1992. Nitrogen enrichment of Nordic forest ecosystems. *Ambio* 21, 361-368.
- Schmid-Haas, P. 2002. Zur Waldinventur gehört die Überwachung der Vitalität. *Schweiz. Z. Forstwes.* 153(2): 68-75.
- Schumacher, J., Wulf, A. & Leonhard S. 2007. Erster Nachweis von *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. in Deutschland - ein Verursacher neuartiger Schäden an Eschen [First record of *Chalara fraxinea* T. Kowalski sp. nov. in Germany - a new agent of ash decline]. *Nachrichtenblatt des Deutschen Pflanzenschutzdienstes* 59, 121-123.
- 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. & Dalen, L.S. (red.) 2007. Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkingsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07: 42 s.
- Solberg, S., Andreassen, K., Clarke, N. & Lange, H. 2009. Monitoring effects of air pollution and climatic stress on Norwegian forests. Long term ecosystem research: Understanding the present to shape the future. LWF-conference report Zürich, Switzerland.
- Solberg, S., Andreassen, K., Clarke, N., Tørseth, K., Tveito, O.E., Strand, G.H. & Tomter, S. 2004. The possible influence of nitrogen and acid deposition on forest growth in Norway. *Forest Ecology and Management* 192: 241-249.
- Solberg, S., 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.. 1990. Rotkjukas biologi. *Norsk Skogbruk* 36(6):24-26.

- 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. 2008. Climate change risks on forest in Norway: pathogens. *In: Hantula, J., Henttonen, Niemelä, P., Vapaavouri, E. & Linder, S. (eds.): Network of climate change risks on forests (FoRisk), 1 p. SNS Workshop, Aug. 29, 2008, Umeå, Sweden.*
- Solheim, H. 2009. Bekymringsfull økning i askeskuddsjuka: Trær ser ut til å dø. *Skogeieren 2009(7-8): 24-25.*
- Solheim, H. & Skrøppa, T. 2005. Store angrep av granrust på Østlandet. *Skogeieren 92 (5): 16-17.*
- Solheim H. & Vuorinen M. 2011. First report of *Mycosphaerella pini* causing red band needle blight on Scots pine in Norway. *Plant Disease 95(7): 875.*
- Solheim H 2012a. Rødbandsopp *Mycosphaerella pini*. Fremmed art. Artsdatabankens faktaark ISSN1504-9140 nr. 276, 3 pp.
- Solheim H 2012b. Askeskuddbeger. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*. Fremmed art. Artsdatabankens faktaark ISSN1504-9140 nr. 277, 3 pp.
- Spiecker, H., Mielikäinen, K., Köhl, M. & Skovsgaard, J. 1996. *Growth Trends in European Forests.* Springer. Berlin. 372 pp.
- Thomsen, I.M., Skovsgaard, J.P., Barklund, P. & Vasaitis, R. 2007. Svampesygdrom er årsag til toptørre i ask [A fungal disease is the cause of dieback of ash]. *Skoven 05/2007, 234-236.*
- Timmermann V, Børja I, Hietala AM, Kirisits T, Solheim H. 2011. Ash dieback: pathogen spread and diurnal patterns of ascospore dispersal, with special emphasis on Norway. *OEPP/EPPO Bulletin 41: 14–20.*
- Timmermann, V., Andreassen, K. & Hysten, G. 2012. Helsetilstanden i norske skoger. Resultater fra den landsrepresentative skogovervåkingen i 2011. *The condition of Norwegian forests. Results from national survey in 2011.* Rapport fra Skog og landskap 11/2012: 27 s. + vedlegg.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2012a. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Programme Coordinating Centres, ICP Forests. Hamburg/Geneve. Part I-XI. Revised 2012. <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2012b. Forest Condition in Europe 2011 Technical Report of ICP Forests, Work report of the Institute for World Forestry 2012 / 1, Hamburg. 175 pp.
- 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.
- Økland B, Wollebæk G & Christiansen E. 2011. Granbarkbillen. Registrering av bestandsstørrelsene i 2011 Oppdragsrapport fra Skog og landskap 23/2011, 21 pp.
- Aamlid, D., Solheim, H. & Venn, K. 1991. Skogskader. Veiledning i overvåking av skogskader. Norsk institutt for skogforskning, Ås. 53 s. ISBN 82-7169-505-3.
- Aas, W., Solberg, S., Manø, S. & Yttri, K.E. 2012. Overvåking av langtransportert forurenset luft og nedbør. Atmosfærisk tilførsel 2011. Norsk institutt for luftforskning. ISBN 978-

82-425-2223-8. Statlig program for forurensningsovervåking. Rapport 1074/2011. TA-2664/2011.187s.