



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

VOL.: 1, NR.: 15, 2015

SKOGENS HELSETILSTAND I NORGE

Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2014

THE STATE OF HEALTH OF NORWEGIAN FORESTS

Results from the national forest damage monitoring 2014



VOLKMAR TIMMERMANN ¹⁾, KJELL ANDREASSEN ²⁾, NICHOLAS CLARKE ³⁾, HALVOR SOLHEIM ¹⁾ OG WENCHE AAS ⁴⁾

¹⁻³⁾ NIBIO – ¹⁾ Seksjon skoghelse, ²⁾ Seksjon skogproduksjon, ³⁾ Seksjon skogøkologi, ⁴⁾ Norsk institutt for luftforskning (NILU)

TITTEL/TITLE

SKOGENS HELSETILSTAND I NORGE. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2014

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

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

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
03.11.2015	15/2015	Åpen	131202	2015/1513
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01469-0		ISSN 2464-1162	56	0

OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:

LMD

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Volkmar Timmermann

STIKKORD/KEYWORDS:

Skogens helsetilstand, langtransporterte luftforurensninger, skogovervåking, askeskuddsyke, skogskader

Forest health, long-range transboundary air pollution, forest monitoring, ash dieback, forest damage

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Skoghelse

Forest health

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Sammendrag (på norsk obligatorisk hvis åpen rapport på engelsk)

Summary (obligatory if open report in English)

LAND/COUNTRY:

Land

FYLKE/COUNTY:

Fylke

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Kommune

STED/LOKALITET:

Sted

GODKJENT / APPROVED

PROSJEKTLEDER / PROJECT LEADER

Kjell Andreassen

NAVN/NAME

NAVN/NAME



FORORD

ICP Forests er et internasjonalt overvåkingsprogram for skogskader under FN-konvensjonen om langtransporterte luftforurensninger (CLRTAP). ICP Forests ble etablert i 1985 og Norge har deltatt i programmet fra starten. NIBIO og Norsk institutt for luftforskning (NILU) er norske partnere, der NIBIO er National Focal Center. All datainnsamling utføres i henhold til en vedtatt felles protokoll for ICP Forests. I Norge er dette arbeidet organisert i Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) og finansiert av Landbruks- og matdepartementet (LMD). I denne rapporten inngår også data og resultater fra andre skogskaderegistreringer som utføres ved NIBIO, og som sammen med OPS danner et faglig grunnlag for å kunne vurdere helsetilstanden til norsk skog.

Ås, august 2015

Dan Aamlid (Programleder/ICP Forests National Focal Center)

SAMMENDRAG

Skogovervåking i Norge og andre land i Europa har blitt utført siden midten av 1980-tallet, med tidsserier som beskriver skogens helsetilstand i tid og rom og dokumenterer endringer i skogøkosystemet både på nasjonalt og europeisk nivå. I denne rapporten presenteres resultater fra det nasjonale *Overvåkingsprogram for skogskader* (OPS), som er en del av det europeiske skogovervåkingsprogrammet ICP Forests. Rapporten omfatter (i) registreringer av skogens helsetilstand på de landsrepresentative overvåkingsflatene, (ii) skogøkologiske analyser på de intensive overvåkingsflatene, (iii) overvåkingen av askeskuddsyke og (iv) granbarkbilleovervåkingen og andre skogskaderegistreringer i 2014.

Gjennomsnittlig kronetetthet i den landsrepresentative skogovervåkingen økte hos både gran og furu i 2014, samtidig som det ble registrert svært lite misfarging hos begge treslag. Det var betydelige regionale forskjeller i kronetetthet, særlig hos gran der Midt-Norge har hatt lavest kronetetthet i hele overvåkingsperioden. Det var en betydelig økning i antall biotiske og abiotiske skader hos gran, furu og andre bar- og lauvtrær i 2014, mens skadeomfanget på bjørk var omtrent uforandret sammenlignet med året før.

På Østlandet ble det observert omfattende angrep av granrustsopp i 2014, og langs kysten fra Vest-Agder til Nordland ble både gran, furu og annen vegetasjon utsatt for store frosttørkeskader.

Til tross for omfattende skader på gran og furu i 2014, har kronetilstanden hos disse treslagene på de landsrepresentative overvåkingsflatene forbedret seg for landet sett under ett. De observerte skadene ga et utslag i kronetetthet, men ikke så mye som man skulle forvente, og påvirket ikke landsgjennomsnittet i særlig grad. Få grantrær på flatene på Sørlandet, Vestlandet og i Nord-Norge og generelt få, spredte overvåkingsflater i disse landsdelene gjør det vanskelig å fange opp alle skader her. Endringen av overvåkingen fra årlige registreringer til 5-årige omdrev kan også ha hatt en innvirkning på resultatene.

Konsentrasjonen av antropogene svovelforbindelser i luft, avsetningen av antropogent sulfat i nedbør og konsentrasjonen av dette i jordvann ble sterkt redusert i Norge på 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet som et resultat av reduserte SO₂-utslipp i Europa, mens det ikke er påvist noen tydelig trend i avsetning av uorganisk nitrogen de siste årene. I 2014 førte et vulkanutbrudd på Island kombinert med store nedbørsmengder i deler av Norge til de høyeste døgnmidlene av svoveldioksid målt i Norge siden begynnelsen av nittitallet og en generelt høy totalavsetning for svovel. Også for uorganiske nitrogenforbindelser har det vært en økning i konsentrasjonsnivået på flere målestasjoner i 2014, muligens pga. av endringer i lokale eller regionale utslipp, som f.eks. økt veitrafikk, i samspill med store nedbørsmengder enkelte steder. De målte ozonkonsentrasjonene i fastlands-Norge oversteg ikke EUs terskelverdi i 2014. Grenseverdien for ozonkonsentrasjoner for landbruksvekster ble likevel overskredet på to målestasjoner, mens det ikke forekom overskridelser for skog.

Askeskuddsyke er stadig på frammarsj i Norge, og hadde i 2014 spredd seg videre nordover i Møre og Romsdal. Utviklingen av askeskuddsyke i skogbestand har blitt overvåket på faste flater på Sør- og Østlandet siden 2009 og på Vestlandet siden 2012. Mortaliteten på overvåkingsflatene er høy, særlig blant de minste trærne på Østlandet, og skadeomfanget er økende i alle landsdeler. Det er store individuelle forskjeller i kronetilstanden mellom de dominante trærne på de fleste flatene. Noen er nesten helt friske, mens andre har svært lite bladverk igjen eller har dødd. Dette kan tyde

på at det fins genetisk betingete forskjeller i resistens mot askeskuddsyken. Angrepne trær svekkes av sykdommen og vil derfor være mer utsatt for andre skadegjørere, konkurranse og ugunstige klimatiske faktorer, slik at det kan være flere faktorer i samspill som fører til at trærne dør til slutt.

Det var en liten oppgang i granbarkbillepopulasjonen i 2014, men det var likevel et relativt lite omfang av angrep, noe som kan skyldes en lav billepopulasjon etter flere år med nedgang.

Nøkkelord:

Skogens helsetilstand, langtransporterte luftforurensninger, skogovervåking, askeskuddsyke, skogskader

SUMMARY

Forest monitoring has been carried out in Norway and in other European countries since the mid-1980s, creating time series that describe the health state of the forest in space and time, and document changes in forest ecosystems both at a national and European level. This report presents results of the Norwegian forest damage monitoring programme which is an integrated part of the European forest monitoring programme (ICP Forests). The report includes results from assessments on (i) the large-scale Level I monitoring plots, (ii) the intensive Level II plots, (iii) the Norwegian ash dieback plots and from (iv) spruce bark beetle monitoring and other damage recording projects in 2014.

Crown condition assessments conducted on the Norwegian Level I plots showed decreasing defoliation and discolouration of Norway spruce and Scots pine in 2014. Notable regional differences in defoliation were observed, especially for Norway spruce. Biotic and abiotic damage to conifers and deciduous trees showed a considerable increase, with the exception of damage to birch which was at the same level as in 2013.

In the eastern parts of Norway extensive attacks of spruce needle rust were observed in 2014, and along the west coast from Vest-Agder to Nordland spruce, pine and other vegetation were heavily damaged by frost drought.

Despite considerable damage to spruce and pine in 2014, crown condition of these species improved on the Norwegian Level I plots for the country as a whole. The observed damage had only a slight impact on defoliation and did not influence mean defoliation for the whole of Norway. Few spruce trees in the plots in South, West and North Norway and generally few, scattered monitoring plots in these regions probably make it difficult to assess damage causes in a representative way. The change from yearly assessments on the same plots and trees to 5-year cycles in the Norwegian Level I monitoring might also have had an influence on the results.

Concentrations of anthropogenic sulphur-containing compounds in air, deposition of anthropogenic sulphate in precipitation and its concentration in soil water were strongly reduced in Norway in the 1990s and in the first years after 2000 due to reduced SO₂ emissions in Europe, while there has not been a clear trend for the deposition of inorganic nitrogen in the last years. In 2014, a volcanic eruption on Iceland in combination with high amounts of precipitation in some parts of Norway led to the highest daily means of SO₂ measured in Norway since the early 1990s and a high total deposition of sulphur. There was also an increase in the concentration of inorganic nitrogen compounds at several stations in Norway in 2014, probably caused by local or regional emissions like e.g. increased road traffic, in combination with high amounts of precipitation in these regions. Measurements of tropospheric ozone in Norway showed generally low values in 2014, but critical values for crops were exceeded at two stations, while critical values for forests were not exceeded at any station.

Ash dieback has spread through large parts of East, South and West Norway. In 2014, the disease spread further north through the county of Møre og Romsdal. The advance of ash dieback in forest stands has been monitored on permanent plots in South and East Norway since 2009 and in West Norway since 2012. Mortality on these monitoring plots is high, especially amongst the youngest trees in East Norway, and the extent of crown damage has been increasing in all plots. There are large differences in crown condition between the dominant trees on most plots, some still being

healthy or only slightly damaged, while others are severely damaged or dead. This might indicate genetically induced differences in resistance to ash dieback. Damaged trees are weakened by ash dieback and will therefore be more susceptible to other damage agents, competition and unfavourable climatic conditions, and a tree's eventual death can be caused by several of these factors in combination.

There was a small rise in the European spruce bark beetle population in Norway in 2014, but there were few attacks on trees, probably due to a bark beetle population still being at a low level after several years of decline.

Key words: Forest health, long-range transboundary air pollution, forest monitoring, ash dieback, forest damage

INNHold

FORORD	3
SAMMENDRAG	4
SUMMARY.....	6
1 INNLEDNING.....	9
2 METODER	11
2.1 Landsrepresentativ overvåking – OPS Level I	11
2.1.1 OVERVÅKINGSFLATER	11
2.1.2 REGISTRERINGER.....	13
2.2 Intensiv overvåking – OPS Level II	14
2.2.1 OVERVÅKINGSFLATER	14
2.2.2 MÅLEPROGRAM	15
2.3 Overvåking av askeskuddsyke	16
2.4 Registrering av spesielle skader	18
3 RESULTATER	19
3.1 Landsrepresentativ overvåking	19
3.1.1 TRÆRNES KRONETILSTAND	19
3.1.2 TRÆRNES ALDER	28
3.2 Intensiv overvåking	28
3.2.1 TRÆRNES KRONETILSTAND	28
3.2.2 TILFØRSEL AV LANGTRANSPORTERTE LUFTFORURENSNINGER.....	30
3.2.3 KJEMISKE ELEMENTER I NEDBØR, KRONEDRYPP OG JORDVANN I SKOG	33
3.2.4 TILVEKSTMÅLINGER	36
3.3 Askeskuddsyke	38
3.3.1 SYKDOMSUTVIKLING OG UTBREDELSE I NORGE I 2014	38
3.3.2 OVERVÅKING PÅ PERMANENTE FLATER	38
3.4 Spesielle skader	43
4 DISKUSJON	49
5 KONKLUSJONER.....	52
ETTERORD	53
LITTERATURREFERANSER.....	54

1 INNLEDNING

Skogens helsetilstand påvirkes i stor grad av klimatiske forhold, enten direkte ved tørke, frost og vind, eller indirekte ved at klimaet påvirker omfanget av soppsykdommer og insektangrep. Ifølge FNs klimapanel (IPCC 2013) er vi inne i en periode der det skjer en oppvarming av atmosfæren, slik at vi vil få en generell økning i temperaturen, både om vinteren og i vekstsesongen. I henhold til ulike klimascenarier for Norge (Hansen-Bauer & Haugen 2007, Anon. 2014) vil temperaturøkningen bli størst i innlandet og i nord, og større om vinteren enn om sommeren. Videre er det antatt at årsnedbøren og nedbørsintensiteten (ekstremnedbør) vil øke i de fleste regioner, mens sommernedbøren lokalt på Sør- og Østlandet vil kunne avta, og at den midlere vindhastigheten vil tilta i vinterhalvåret. For trærne vil en følge av dette kunne være økt frekvens av frost- og tørkeskader, snøbrekk og stormfelling, samt økt risiko for tørke og skogbrann om sommeren, særlig på Sør- og Østlandet. Samtidig vil klimaendringene kunne gi endrede og bedre livsvilkår for en rekke skadegjørere i skogen, både insekter og sopper. Siden trærne gjennom en lang evolusjon er tilpasset en vekstrytme og et forsvar mot et annet regime av klima og skadegjørere, kan de være svært sårbare for slike endringer. Klimaendringene, den forventede økningen i klimarelaterte skogskader og nye invaderende skadegjørere gir dermed store utfordringer for forvaltningen av fremtidens skogressurser. De senere årene har det derfor blitt lagt større vekt på overvåking av skadegjørere som grunnet klimaendringer kan føre til større skader, og av invaderende (fremmede) arter som har kommet eller kan komme til Norge pga. klimaendringer eller utvidet handel og transport.

I 1985 forpliktet Norge seg til å delta i det internasjonale samarbeidsprogrammet om overvåking av effekter av luftforurensninger på skog (ICP Forests). ICP Forests ble opprettet under FN-konvensjonen om langtransporterte grenseoverskridende luftforurensninger (CLRTAP). Programmet dokumenterer endringer i de europeiske skogenes helsetilstand og undersøker årsaksforhold. ICP Forests leverer også informasjon om flere indikatorer for bærekraftig skogbruk til Forest Europe (Köhl & San-Miguel-Ayanz 2011). Denne informasjonen er meget viktig i utformingen av den nasjonale og globale skog- og miljøpolitikken. Overvåkingsprogrammet framskaffer også viktige data for karbonbudsjetter, om biomangfold og klimaendringens innvirkning på skogene, og har et stort potensial for videreutvikling av slik informasjon (Seidling et al. 2014). I programmet deltar 40 europeiske land samt Canada og USA, som alle bruker tilnærmet de samme metodene for å beskrive skogens helsetilstand (UNECE 2010). Hvert år rapporteres det data fra ca. 6000 flater som ligger i et arealbasert nett med én overvåkingsflate pr. 256 km² (Level I) og fra ca. 500 intensivt overvåkede flater (Level II), og det utarbeides årlige rapporter om skogtilstanden i Europa (Michel & Seidling 2014, Seidling et al. 2014).

Skogens vekst og helsetilstand bestemmes i stor grad av et samspill mellom jordsmonn, voksestedsbetingelser, høyde over havet, breddegrad, trærnes alder, klima, skadegjørere og andre naturlige stressfaktorer. Langtransporterte luftforurensninger som sur nedbør og bakkenært ozon kan komme i tillegg til eller virke sammen med de nevnte faktorene. Unaturlig sterkt nåle- eller bladtap og misfarging som gulfarget bar eller løv i trekrona blir vanligvis tolket som et symptom på stress eller ubalanse. Trærnes kronetilstand brukes derfor som indikator på skogens helsetilstand. I 2005 innførte ICP Forests en standardisert rapportering av skader på trær der det er lagt større vekt på å fastslå årsakene til synlige kroneskader. I tillegg til å kunne forklare variasjoner i trærnes kronetetthet og kronefarge, vil en slik harmonisering av skade- og årsaksregistreringer over tid

kunne gi et bedre bilde av utbredelse, forekomst og skadelige virkninger av insekter, sopp, klimatiske forhold, luftforurensninger som sur nedbør og bakkenært ozon og andre faktorer som påvirker skogene i Europa.

Norge er representert i ICP Forests gjennom *Overvåkingsprogram for skogskader (OPS)*. Formålet til OPS er å overvåke norske skogers helsetilstand, registrere skadeomfang, vise utviklingstendenser over tid og overvåke tilførselen og effekten av langtransporterte luftforurensninger i Norge. I et klima i endring legges det særlig vekt på overvåking av nye, invaderende skadegjørere og identifisering av andre biotiske og abiotiske skadeårsaker som kan påvirke trærnes kronetilstand. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) koordinerer og leder arbeidet med skogovervåkingen på oppdrag fra Landbruks- og matdepartementet. I tillegg deltar Norsk institutt for luftforskning (NILU). Skogovervåkingen i OPS foregår i dag på tre flatesett: Overvåkingen på de landsrepresentative flatene (Level I) bidrar årlig med data om skogens generelle helsetilstand i tid og rom, og gir dermed informasjon om skogens utvikling og sykdommers utbredelse og forekomst både nasjonalt og på europeisk nivå. På de intensive overvåkingsflatene (Level II) registreres og analyseres mer dyptgående skogøkologiske data og økosystemprosesser, som sammen med kronetilstandsregistreringer bidrar til en bedre forståelse av de enkelte stressfaktorers betydning for skoghelsen. Utviklingen av askeskuddsyke overvåkes på egne flater i askeskog. I tillegg til overvåkingen på faste flater registreres skader i Skogskader.no og ved befaringer.

I denne rapporten presenteres resultater fra (i) registreringer av skogens helsetilstand på de landsrepresentative overvåkingsflatene, fra (ii) skogøkologiske analyser og målinger av luftkjemi på de intensive overvåkingsflatene, fra (iii) overvåkingen av askeskuddsyke og fra (iv) Skogskader.no, barkbilleovervåkingen og andre skogskaderegistreringer i 2014. Årets resultater er også sammenlignet med overvåkingsdata over tid.

2 METODER

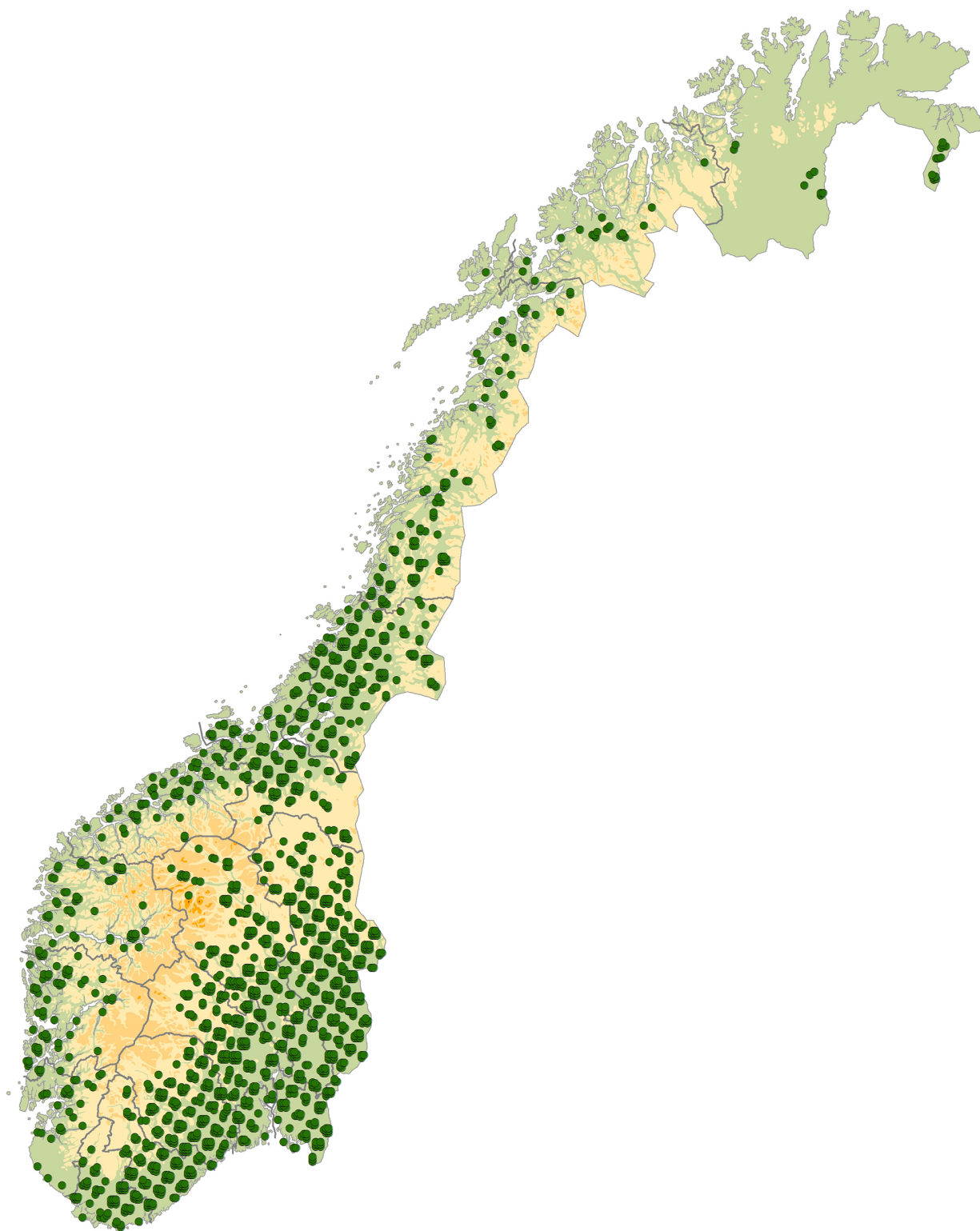
2.1 Landsrepresentativ overvåking – OPS Level I

2.1.1 OVERVÅKINGSFLATER

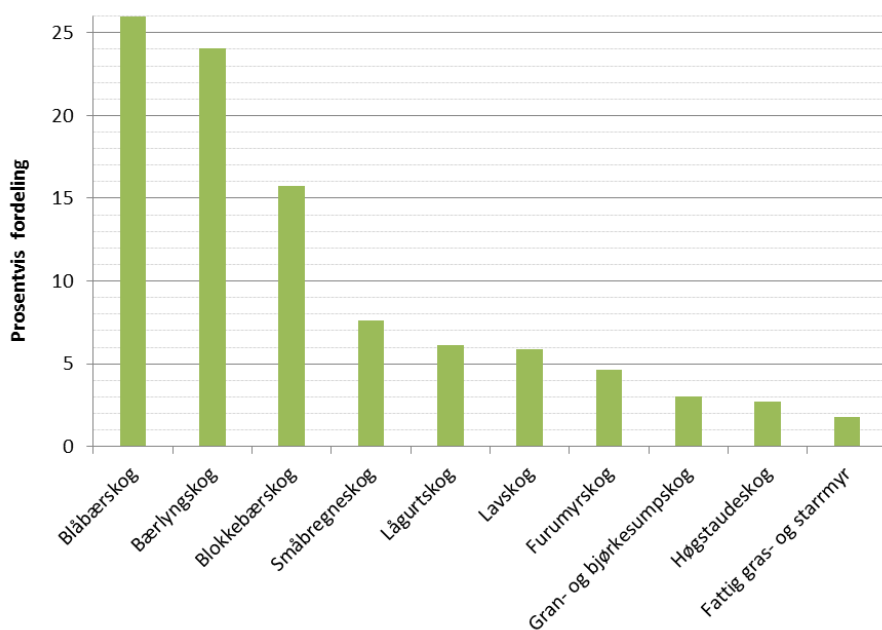
Alle flater i den landsrepresentative skogovervåkingen inngår i Landsskogtakseringens registreringer i skog i et 3x3 km nett med permanente flater som oppsøkes med femårige omdrev (Landsskogtakseringen 2014). Antall flater vil variere noe fra år til år grunnet Landsskogtakseringens registreringsmetodikk. Flatene representerer et tilfeldig utvalg av Norges skoger og er merket slik at nøyaktig samme areal og trær kan undersøkes hver gang. Dette gjør det mulig å fange opp endringer som har skjedd i skogforholdene over tid. Alle overvåkingsflater har et fast areal på 250 m².

Kronetilstandsregistreringer fra et utvalg av de nasjonale flatene rapporteres årlig til den internasjonale skogovervåkingsdatabasen ved ICP Forests sammen med andre europeiske lands overvåkingsdata. Flateutvalget er tilpasset ICP Forests standard Level I nett (16x16 km) med én flate pr. 256 km². Kronetilstandsregistreringer utføres tilnærmet likt over hele Europa i henhold til en felles manual som beskriver metodene (UNECE 2010).

I alt 2 583 flater inngikk i den landsrepresentative skogovervåkingen i 2014. På 1 855 flater fordelt over hele landet vokste det gran og furu (Figur 1). Rundt 53 % av gran- og furuflatene lå på Østlandet, 21 % på Sør- og Vestlandet, 18 % i Trøndelag og 8 % i de tre nordligste fylkene. Rundt 57 % av flatene lå under 400 moh., 36 % mellom 400 og 800 moh., mens bare 6 % lå over 800 moh. De vanligste skogtypene var blåbær-, bærlyng- og blokkebærskog, der til sammen 66 % av flatene var lokalisert (Figur 2). I tillegg til flatene med gran og furu inngikk 728 flater med andre treslag i overvåkingen.



Figur 1. Lokalisering av de landsrepresentative overvåkingsflatene i 2014.



Figur 2. Prosentvis fordeling av flater på de vanligste vegetasjonstypene i 2014.

2.1.2 REGISTRERINGER

Kronetilstandsregistreringer omfatter helseparameterne kronetetthet, kronefarge og biotiske og abiotiske skader. Kronetetthet og -farge bedømmes på gran og furu, mens skaderegistreringer utføres på alle treslag som forekommer på overvåkingsflatene. I tillegg anslås trærnes alder. I 2014 ble kronebedømmelse utført på 10 576 trær totalt, hvorav 5 887 grantrær (*Picea abies*) og 4 689 furutrær (*Pinus sylvestris*). Det ble gjennomført skaderegistreringer på 19 323 trær i 2014 fordelt på mer enn 25 ulike treslag. Skaderegistrering ble utført på alle gran- og furutrær på overvåkingsflatene, på 222 andre nåletrær (for det meste sitkagran, *Picea sitchensis*), 6 842 bjørketrær (*Betula* spp.) og 1 683 andre lauvtrær. Andre lauvtrær bestod først og fremst av gråor (*Alnus incata*, 442 trær), rogn (*Sorbus aucuparia*, 342 trær), selje (*Salix caprea*, 243 trær), osp (*Populus tremula*, 224 trær) og eik (*Quercus* spp., 174 trær). Det registreres bare ett skadetilfelle pr. tre, hvis et tre har flere skader registreres den som har størst betydning for trets tilstand.

Kronetilstandsregistreringer i den landsrepresentative skogovervåkingen utføres på alle høyde/prøvetrær på landsskogflatene. Det blir dermed et utvalg av trær som representerer kronetilstanden på flatene. Kronebedømmelse ble utført på gjennomsnittlig 7 trær pr. flate i 2014, varierende fra 1-37 trær pr. flate.

Registreringsmetodikken for alle parameterne som registreres i den landsrepresentative skogovervåkingen er utførlig beskrevet i Landsskogtakseringens feltinstruks (2014) og i ICP Forests' manual (UNECE 2010) (jf. også avsnittet om Trærnes kronetilstand i kap. 2.2).

2.2 Intensiv overvåking – OPS Level II

2.2.1 OVERVÅKINGSFLATER

I Norge var det tre intensive skogovervåkingsflater i 2014 (Figur 3). Tabell 1 gir en oversikt over viktige karaktertrekk ved flatene. Flatene i Birkenes og Hurdal har et areal på omkring ett dekar, mens flata i Osen er på rundt tre dekar. Alle flatene er omgitt av en ytre sone hvor enkelte av registreringene foretas. Skogen på flatene er dominert av gran. Innblanding av furu forekommer, og er størst på Osen. Her registreres kronetilstand både hos gran og furu.

Tabell 1. Oversikt over de intensive overvåkingsflatene. Hoh = Høyde over havet.

Flate	Treslag	Areal (daa)	Bonitet (H40)	Alder 2013	Hoh (m)	Tre-antall	Etablering	Vegetasjons-type	Startår
BI Birkenes	Gran	1,12	12,9	128	200	149	Naturlig	Bærlyngskog	1986
HU Hurdal	Gran	1,03	17,0	86	280	74	Naturlig	Blåbærskog	1996
OS Osen	Gran+furu	3,15	12,4	160	560	391	Naturlig	Bærlyngskog	1987



Figur 3. Lokalisering av de intensive overvåkingsflatene i 2014.

2.2.2 MÅLEPROGRAM

Med unntak for luftmålinger har alle flatene et nesten identisk måleprogram i henhold til metodene beskrevet i ICP Forests-manualen (UNECE 2010), som også anvendes i de andre europeiske land, og det har stort sett vært uforandret siden oppstarten. I måleprogrammet inngår vurdering av trærnes kronetilstand, tilvekstmålinger, analyser av kjemisk innhold i jord, luft, nedbør, jordvann og barnåler, samt av skogsvegetasjonen (Tabell 2). Enkelte registreringer utføres årlig eller med flere års mellomrom, mens noen målinger foretas kontinuerlig eller med bare en til to ukers mellomrom. Kjemiske analyser er utført ved NIBIOs kjemiske laboratorier etter metoder beskrevet av Ogner et al. (1999). For en utførlig metodebeskrivelse henvises til tidligere rapporter fra OPS (eksempelvis Andreassen et al. 2012a, 2012b).

Tabell 2. Måleprogram og frekvens på de intensive overvåkingsflatene.

Målinger	Flater	Frekvens
Kronetilstand	Alle flater	Årlig
Tilvekst	Alle flater	Hvert femte år
Jordkjemi	Alle flater	Minst to ganger
Barnålkjemi	Alle flater	Annet hvert år
Nedbør (Fritt fall)	Alle flater	Kontinuerlig (NILU på BI og HU) HU)
Nedbør (Kronedrypp)	Alle flater	Kontinuerlig
Jordvann	Alle flater	Kontinuerlig i vekstsesongen
Vegetasjon	Alle flater	Hvert femte år
Strøfall	-	Avsluttet i 2011
Meteorologi	BI	Kontinuerlig (NILU)
Luftkjemi	BI, HU	Kontinuerlig (NILU)
Fenologi	-	Utføres ikke i Norge
Ozonskader	-	Utføres ikke i Norge

2.2.2.1 Trærnes kronetilstand

Kronebedømmelse er en subjektiv vurdering av trærnes kronetilstand basert på individuelle registreringer av blant annet kronetetthet, kronefarge, skader, blomst- og konglemengde etter ICP Forests' standardmetoder (UNECE 2010), med særlig vekt på registrering av biotiske og abiotiske skadeårsaker. Kronebedømmelse utføres på alle gran- og furutrær som ikke er undertrykt, har toppbrekk eller andre betydelige mekaniske skader. Kronetetthet er definert som mengden av levende bar i krona, oppgitt i prosent (0-99 %) av en antatt fulltett krone, der det er tatt hensyn til treets potensial på voksestedet og dets sosiale status. Redusert barmasse som følge av påvirkning fra nabotrær, naturlig utskygging eller blomstring skal ikke registreres som redusert kronetetthet.

2.2.2.2 Tilførsel av langtransporterte luftforurensninger

Målinger av forurensning i luft og nedbør, atmosfæriske tilførsler, utføres av Norsk institutt for luftforskning (NILU, Aas et al. 2015). I 2014 ble svovel- og nitrogenforbindelser i luft målt på fire stasjoner i fastlands-Norge (Birkenes, Hurdal, Kårvatn og Tustervatn), hvorav to er tilknyttet aktive OPS flater (BI, HU). Innholdet av kalium, natrium, kalsium, magnesium og klorid i luft ble i

tillegg også bestemt. Prøver ble tatt døgnavis. I 2014 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV monitor på syv stasjoner på fastlandet: Birkenes (AA), Haukenes (TE), Prestebakke (ØF), Hurdal (AK), Sandve (RO), Kårvatn (MR) og Tustervatn (NO).

2.2.2.3 Kjemiske elementer i nedbør, kronedrypp og jordvann i skog

Nedbør og kronedrypp er samlet inn annenhver uke om vinteren og hver uke om sommeren. Med nedbør menes her frittfallende nedbør innsamlet på ei åpen flate nær skogen, mens kronedrypp er nedbør samlet inn på overvåkingsflata inne i skogen omtrent 50 cm over bakken. De ukentlige prøvene er slått sammen til en fellesprøve for hver 4-ukers periode. Jordvannprøver fra lysimeteranlegg er innsamlet på samme måte som i tidligere år. Lysimetrene er plassert slik at de suger vann fra omkring den nedre grensen av humussjiktet (5 cm jorddybde), og fra både øvre og nedre del av mineraljorda (15 og 40 cm jorddybde). I 2014 ble jordvannet samlet inn hver uke i den frost- og telefrie delen av året, og slått sammen til en prøve for hver 4-ukers periode, på samme måte som i tidligere år.

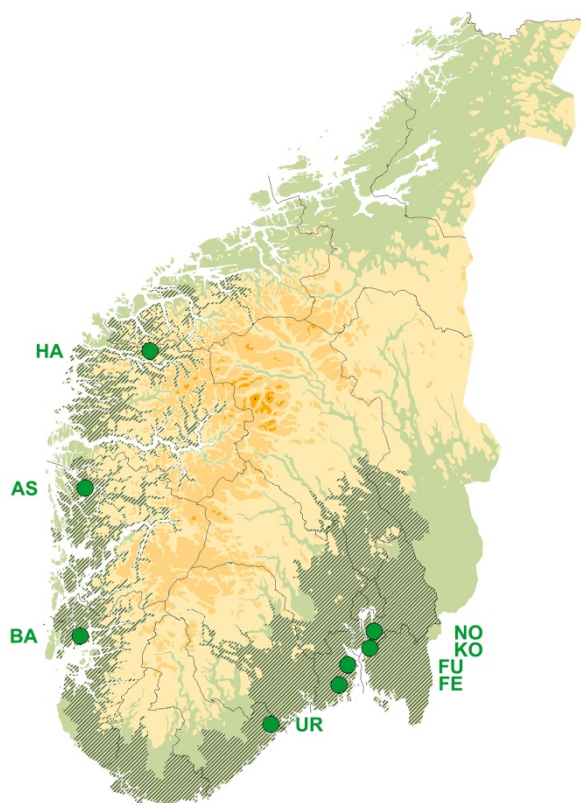
2.2.2.4 Tilvekstmålinger

På de intensive overvåkingsflatene er diameter og høyde til trærne målt hvert femte år siden etableringen på 1980-tallet og frem til den siste målingen i 2014. Flatene som er fulgt lengst er derfor målt syv ganger. Treantall, middeldimensjon, volum og tilvekst er beregnet fra etableringen og frem til 2014. Volum er beregnet ut fra modeller etter Vestjordet (1967).

2.3 Overvåking av askeskuddsyke

I 2014 var det i alt 8 permanente overvåkingsflater for askeskuddsyke i Norge, 4 på Østlandet, 1 på Sørlandet og 3 på Vestlandet (Figur 4). Flatene ble opprettet mellom 2009 og 2012 (Tabell 3), og trærne ble merket og nummerert for langtidsobservasjon. På hver av flatene i Norderås (NO), Kolås (KO), Fjugstad (FU) og Baustad (BA), som alle har distinkte aldersklasser, ble det valgt ut 50 trær. På hver av flatene i Fevang (FE), Urfjell (UR), Askvik (AS) og Hammar (HA), som har mer ensartet alderssammensetning, ble det valgt ut 40 trær. I oppstartsåret ble trærne delt inn i høydeklasser (Timmermann et al. 2013), og diameter i brysthøyde (DBH) ble målt på alle de store trærne. I 2014 ble de store trærne også høydemålt, og DBH-målingene ble gjentatt på alle trær over 5 cm DBH. I resultatdelen er trærne gruppert i tre aldersklasser ut fra DBH målingene i 2014:

1. Små trær (tilvekst): DBH <50 mm, høyde 1-10 m
2. Mellomstore trær («framtidstrær»): DBH 50-125 mm, høyde 8-16 m
3. Store trær (dominante): DBH >125 mm, høyde 12-34 m



Figur 4. Lokalisering av overvåkingsflater for askeskuddsyke og omtrentlig utbredelse av askeskuddsyke (skravert) per 2014.

Tabell 3. Oversikt over overvåkingsflater for askeskuddsyke. Hoh: Høyde over havet.

Flate	Fylke	Kommune	Flateareal (m ²)	Bestandsareal (daa)	Treantall	Hoh (m)	Startår	
NO	Norderås	AK	Ås	378	34	50	100	2009
KO	Kolås	AK	Vestby	1036	1	50	40	2009
FU	Fjugstad	VF	Horten	792	267	50	40	2009
FE	Fevang	VF	Sandefjord	595	0,75	40	100	2009
UR	Urfjell	AA	Risør	114	0,20	40	100	2010
BA	Baustad	RO	Tysvær			50	20	2012
AS	Asvik	HO	Lindås			40	15	2012
HA	Hammar	SF	Stryn			40	110	2012

Kroneskader på ask registreres som utglisning (reduksjon i kronetetthet) og deles inn i 5 grupperte skadeklasser (Tabell 4). Registreringene, som også omfatter andre helseparametere som misfarging, døde greiner og topper, dieback, vannris og frøsetting, utføres en gang per år for hvert tre mellom slutten av juni og midten av august.

Tabell 4. Grupperte kroneskadeklasser med grad av utglisning.

Grupperte skadeklasser

Friske trær (0-10 % utglisning)

Svakt skadet (11-25 % utglisning)

Moderat skadet (26-50 % utglisning)

Sterkt skadet (51-99 % utglisning)

Døde/døende trær

2.4 Registrering av spesielle skader

Skadeobservasjoner stammer fra befaringer og undersøkelser, fra granbarkbilleovervåkingen (Økland & Wollebæk 2014), fra forskningsprosjekter og fra instituttets skadedatabase «Skogskader.no» (2015), som er et rapporterings- og arkiveringssystem for skogskadeobservasjoner. Instituttet har også ansvaret for å overvåke nye, invaderende arter som kan være potensielle skadegjørere.

3 RESULTATER

3.1 Landsrepresentativ overvåking

3.1.1 TRÆRNES KRONETILSTAND

3.1.1.1 Kronetetthet

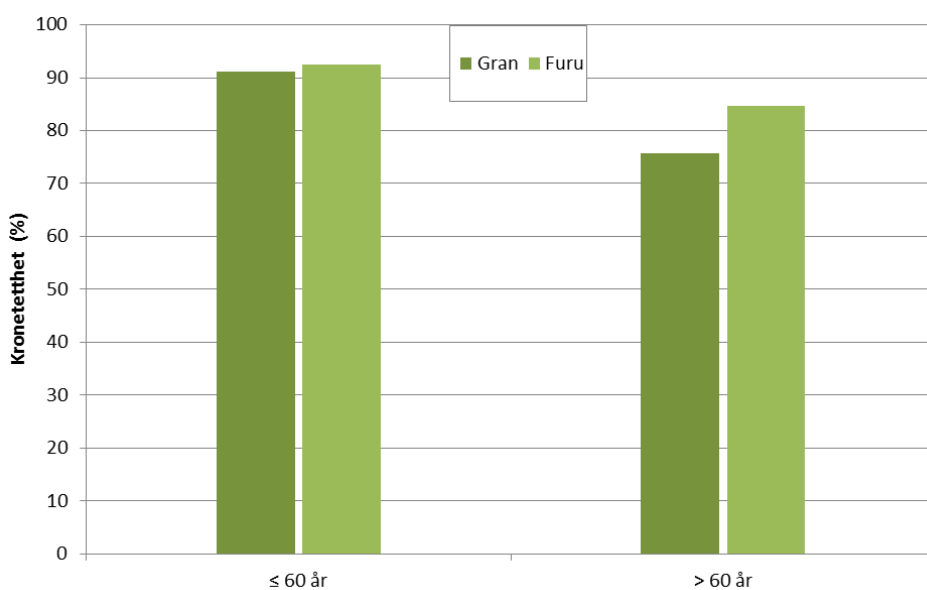
Gjennomsnittlig kronetetthet i 2014 var 84,7 og 87,8 % for henholdsvis gran og furu (Tabell 5). Dette representerer en økning på hhv. 1 og 1,7 %-poeng for gran og furu sammenlignet med kronetettheten i 2013.

Tabell 5. Kronetetthet 2014 i prosent og prosentandel i kronetetthetsklasser (endringer fra året før i parentes).

	Gran	Furu
Gjennomsnittlig kronetetthet	84,7 (1)	87,8 (1,7)
0 Fulltett krone (≥ 90 %)	51,5 (1,3)	48,9 (5)
1 Svakt redusert krone (89-75 %)	28,8 (-0,5)	41,8 (-1,5)
2 Moderat redusert krone (74-40 %)	16,0 (0)	8,8 (-2,6)
3 Sterkt redusert krone (39-0 %)	3,6 (-0,8)	0,5 (-0,9)

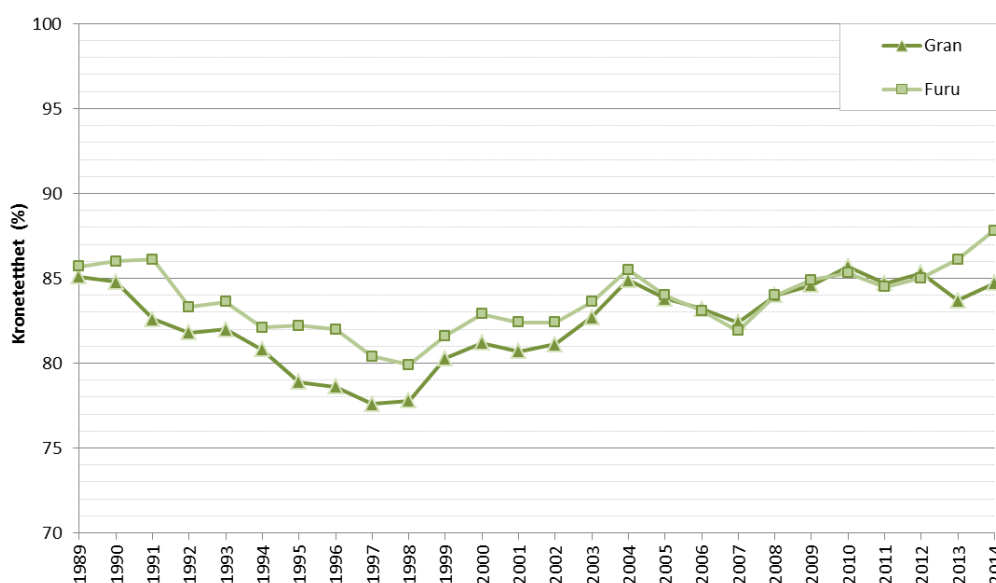
Det var mindre forskjell mellom treslagene når det gjelder prosentandel trær med fulltett krone (kronetetthet ≥ 90 %) enn i tidligere år. Hos gran var prosentandelen 51,5 % og hos furu 48,9 % (Tabell 5). Dette representerer en økning for gran på 1,3 %-poeng og for furu på 5 %-poeng sammenlignet med resultatene for 2013 i kronetetthetsklasse 0. Prosentandelen trær med svakt redusert kronetetthet (kronetetthetsklasse 1) var på 28,8 % for gran og på 41,8 % for furu, mens 16 % av grantrærne og 8,8 % av furutrærne hadde moderat redusert kronetetthet (kronetetthetsklasse 2). Bare 3,6 % av grantrærne og 0,5 % av furutrærne hadde sterkt redusert kronetetthet (kronetetthetsklasse 3), en nedgang på hhv. 0,8 og 0,9 % sammenlignet med 2013.

Eldre trær har generelt lavere kronetetthet enn yngre trær (Figur 5). Gjennomsnittlig kronetetthet i 2014 for gran på 60 år og yngre var 91,2 %, og for gran eldre enn 60 år 75,7 %, altså 15,5 %-poeng lavere. For furu var forskjellen mellom yngre og eldre trær ikke så markant (7,8 %). Kronetettheten minsket hos de yngre grantrærne, mens den økte hos de eldre grantrærne og i begge aldersgruppene hos furu i forhold til 2013.



Figur 5. Gjennomsnittlig kronetetthet for gran- og furutrær yngre og eldre enn 60 år i 2014.

Utviklingen i gjennomsnittlig kronetetthet over tid viser nokså parallelle forløp for gran og furu fra 1998 til 2012 og med nesten identisk kronetetthet mellom 2005 og 2012 (Figur 6). Denne trenden ble brutt i 2013 med en relativt kraftig nedgang i kronetetthet for gran og en oppgang for furu. Kronetetthet for gran var i 2014 på samme nivå som i perioden 2009-2012. Gran hadde den høyeste kronetettheten for hele overvåkingsperioden i 2010, mens det for furu aldri tidligere har blitt registrert en høyere kronetetthet enn i 2014. Begge treslagene hadde lavest kronetetthet i 1997/98, sannsynligvis som følge av gjentatt sommertørke i Sørøst-Norge i første halvdel av 1990-tallet. Siden da har kronetettheten hos gran økt med 7,1 %-poeng og hos furu med 7,9 %-poeng.

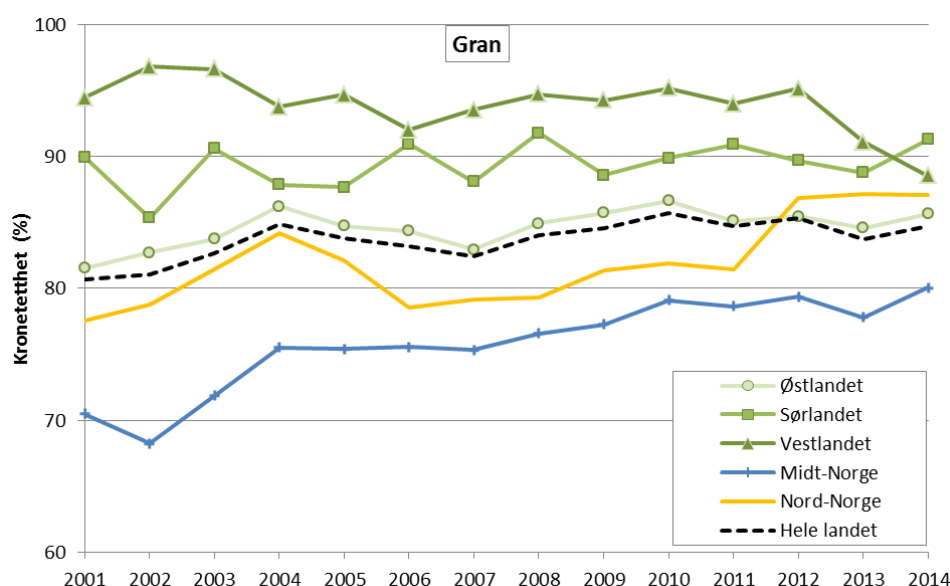


Figur 6. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet for gran og furu fra 1989 fram til 2014.

Deler man opp landet i ulike landsdeler (Tabell 6), ser man tydelige regionale forskjeller i kronetetthet for gran (Figur 7). Forskjellen mellom landsdelen med høyest og den med lavest kronetetthet var på 11,3 %-poeng i 2014. Midt-Norge (Trøndelag) har i alle år siden 2001 hatt den laveste kronetettheten av alle regioner. I 2014 økte kronetettheten i alle regioner med unntak av Vestlandet. Vestlandet hadde den høyeste kronetettheten for gran av alle landsdeler i perioden 2001-2013, men etter en nedgang to år på rad sank kronetettheten i 2014 til under 90 % for første gang i denne perioden. Reduksjonen i kronetetthet for gran på Vestlandet skyldes sannsynligvis omfattende frostørkeskader vinteren 2014 (jf. også kap. 3.4), men det er for få grantrær på overvåkingsflatene i denne landsdelen til at denne nedgangen gir noe utslag i landsgjennomsnittet. Gjennomsnittlig kronetetthet for gran for hele landet faller godt sammen med kronetettheten på Østlandet siden nesten 2/3-deler av alle de overvåkede grantrærne finnes her. Tilsvarende forskjeller mellom landsdelene ble også observert på de regionale skogovervåkingsflatene i perioden 1988-2007 (Timmermann 2008).

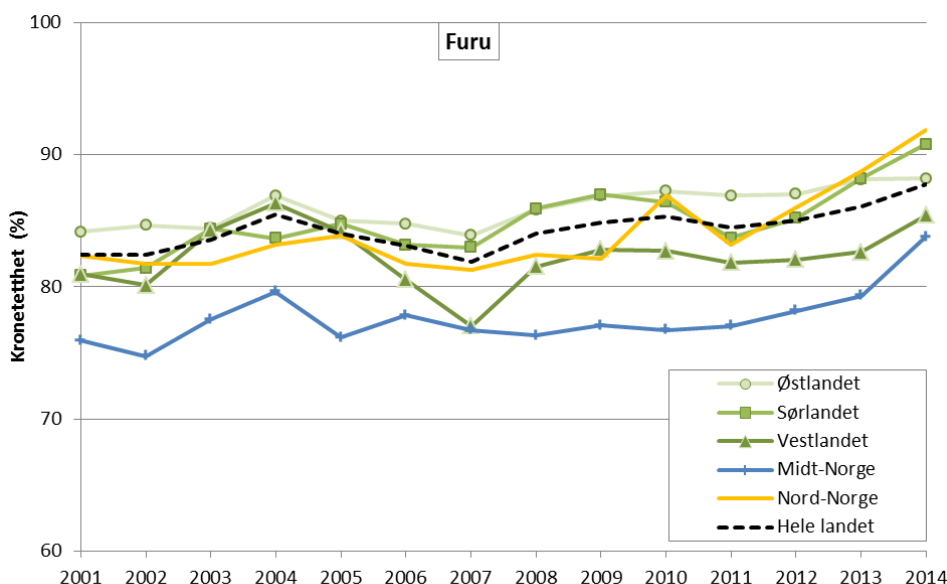
Tabell 6. Antall og prosentandel gran- og furutrær pr. landsdel i 2014.

Landsdel	Fylkesnr.	Gran		Furu		Sum trær Antall
		Antall	(%)	Antall	(%)	
Østlandet	01-08	3793	(64,4)	2199	(46,9)	5992
Sørlandet	09-10	210	(3,6)	672	(14,3)	882
Vestlandet	11-15	224	(3,8)	778	(16,6)	1002
Midt-Norge	16-17	1283	(21,8)	639	(13,6)	1922
Nord-Norge	18-20	377	(6,4)	401	(8,6)	778
Sum trær		5887		4689		10576



Figur 7. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet for gran 2001-2014, fordelt på landsdel.

For furu er forskjellene i kronetetthet mellom landsdelene ikke like utpreget som for gran, men også furu hadde klart lavest kronetetthet i Midt-Norge i hele perioden 2001-2014. Furu-trærne på Vestlandet hadde, i motsetning til gran-trærne, lavere kronetetthet enn landsgjennomsnittet i nesten hele perioden. I 2014 økte kronetettheten hos furu i alle regioner og var høyest på Sørlandet og i Nord-Norge (hhv. 91 og 92 %).



Figur 8. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet for furu 2001-2014, fordelt på landsdel.

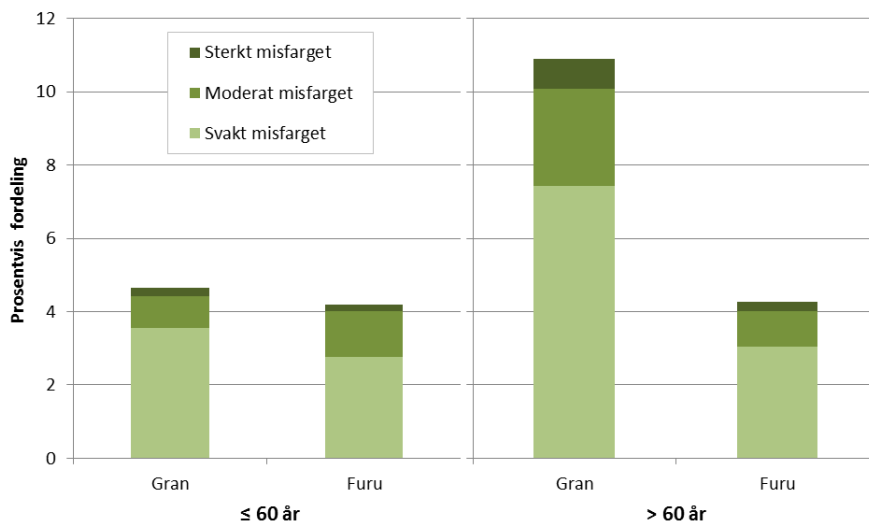
3.1.1.2 Kronefarge

Det var svært lite misfarging hos begge de overvåkede treslagene i 2014 (Tabell 7). 93 % av alle gran-trærne var normalt grønne (0-10 % misfarging), mens 96 % av furu-trærne var normalt grønne i 2014. Det var en svak økning i andelen normalt grønne trær fra 2013 til 2014 for begge treslagene (hhv. 3 og 1 %-poeng). Svært få trær hadde mer enn 60 % misfarging i 2014.

Tabell 7. Omfang av misfarging i 2014 i prosent og prosentandel i misfargingsklasser (endringer fra året før i parentes).

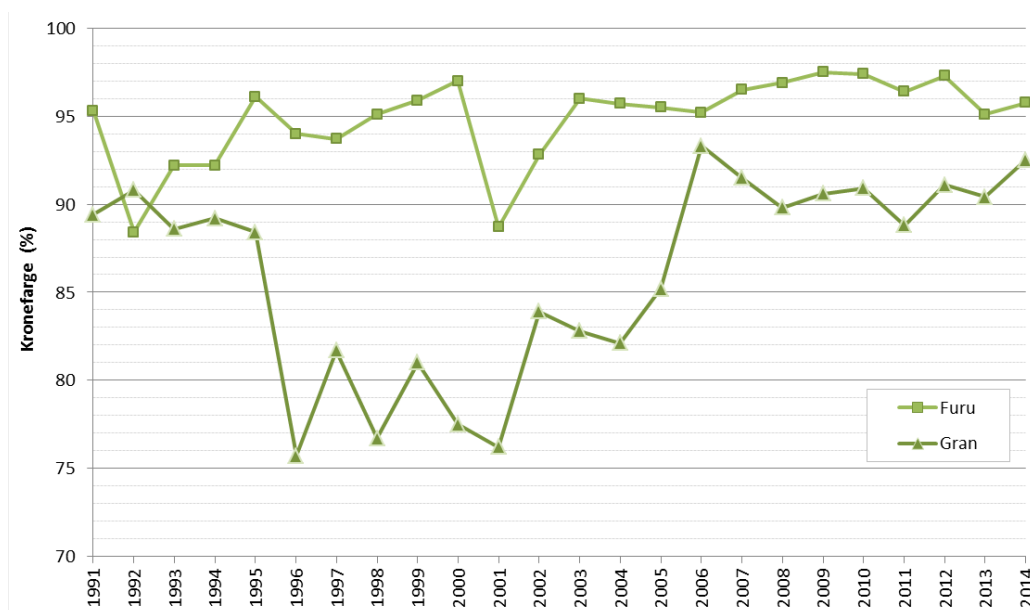
Misfargingsklasse		Gran	Furu
0 Normalt grønt	(0-10 %)	93 (3)	96 (1)
1 Svakt misfarget	(11-25 %)	5 (-2)	3 (-1)
2 Moderat misfarget	(26-60 %)	2 (0)	1 (0)
3 Sterkt misfarget	(>60 %)	0 (-1)	0 (0)

Hos gran var det først og fremst trær eldre enn 60 år som hadde misfarget bar, mens det for furu ikke var store forskjeller mellom aldersgruppene i andelen trær med misfarging (Figur 9).



Figur 9. Fordeling av misfargingsklasser for gran- og furutrær yngre og eldre enn 60 år i 2014.

Kronefarge har blitt registrert etter samme metode siden 1991. Utviklingen av kronefarge over tid viser at gran hadde lite misfarging i perioden 1991-1995, mens perioden 1996-2005 var preget av stor grad av misfarging (Figur 10). Kronefarge hos gran forbedret seg deretter sterkt, og har vært relativt stabilt fra 2008 til 2014 (rundt 90 % normalt grønne trær). Kronefarge hos furu har vært stabil med lite misfarging siden 2003 (mindre enn 5 %), og mellom 2007 og 2012 lå andelen normalt grønne trær rundt 97 %. Furu har generelt hatt lite misfarging i hele overvåkingsperioden.

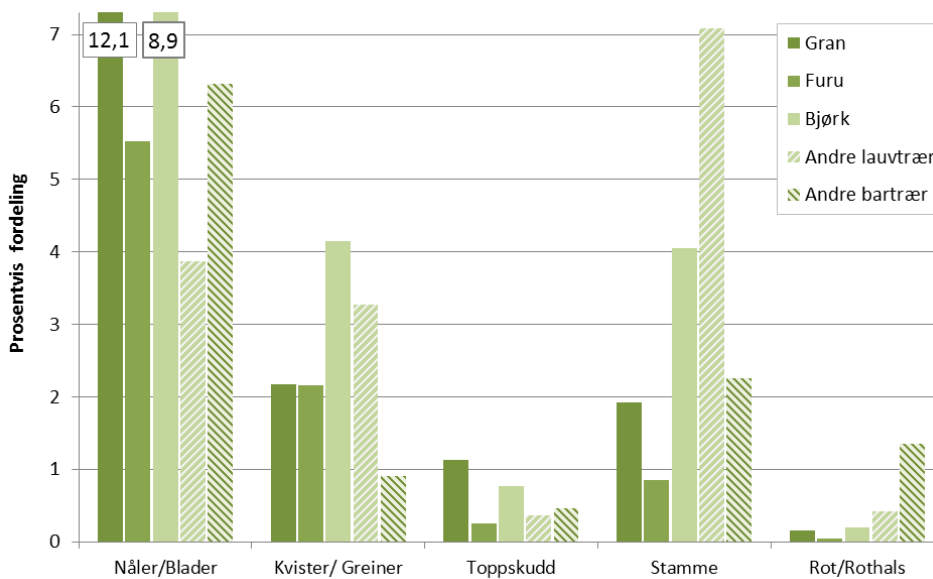


Figur 10. Utvikling i kronefarge for gran og furu fra 1991 fram til 2014. Prosentandel normalt grønne trær (0-10 % misfarging).

3.1.1.3 Skader

Biotiske og abiotiske skader har blitt registrert på gran, furu og bjørk siden 2005, og på alle treslag på overvåkingsflatene siden 2013. I figurene og tabellene presenteres detaljerte skadeoversikter for gran, furu og bjørk, mens andre lauv- og bartreslag presenteres som to grupper.

Hos gran- og furutrærne var det først og fremst nåler (hhv. 12,1 og 5,5 %) som hadde skader (Figur 11), fulgt av kvister og greiner (2,2 % hos begge) og stamme (hhv. 1,9 og 0,9 %). 8,9 % av bladene hos bjørk var skadet og 4,2 % av greinene eller kvistene, mens 4 % av bjørketrærne hadde skader på stammen. Andre lauvtrær hadde mest skader på stammene (7,1 %), mens 3,9 % av bladene og 3,3 % av greinene eller kvistene var skadet. Andre bartrær hadde flest skader på nåler (6,3 %) og på stammen (2,3 %). Det ble generelt registrert få skader på toppskudd og rot eller rothals.



Figur 11. Prosentvis fordeling av skader på de ulike delene av trærne i 2014.

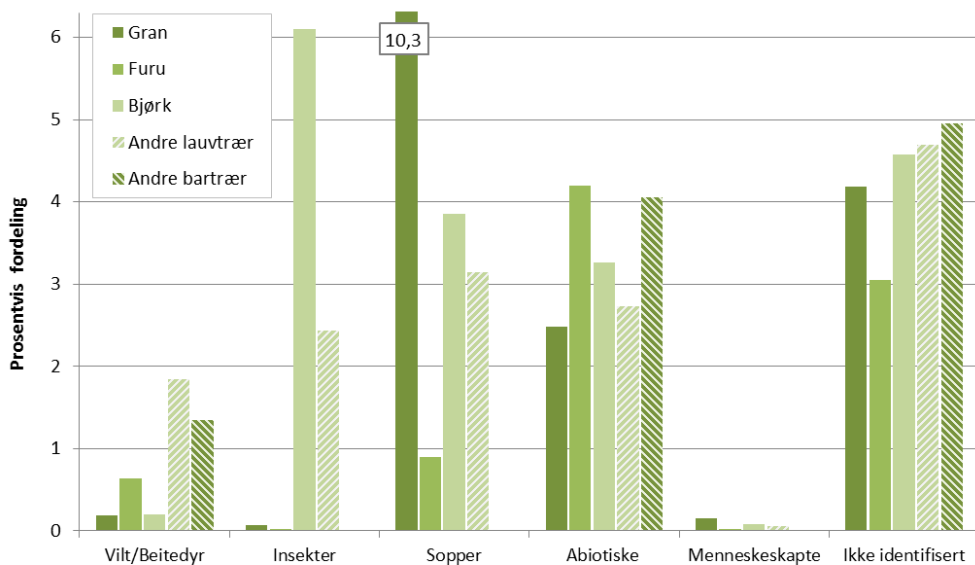
17,4 % av de undersøkte grantrærne og 8,8 % av furutrærne hadde en eller annen form for skade, for det meste forårsaket av sopp (10,3 % hos gran og 0,9 % hos furu) eller av abiotiske årsaker som snø, tørke og vind (hhv. 2,5 og 4,2 %, Figur 12). Det ble registrert få vilt- og insektskader på gran og furu.

Hos bjørk var noe mindre enn en femtedel (18,1 %) av trærne skadet, hvorav 6,1 % av insekter (nesten utelukkende målere) og 3,9 % av sopper. Skader med abiotiske årsaker ble registrert på 3,3 % av de undersøkte bjørketrærne.

De øvrige lauvtrærne var i større grad enn de andre treslagene skadet av vilt eller beitedyr (1,8 %). 2,4 % av andre lauvtrær var skadet av insekter, 3,1 % av sopper og 2,7 % hadde skader med abiotiske årsaker. Totalt hadde 15 % av lauvtrærne utenom bjørk skader.

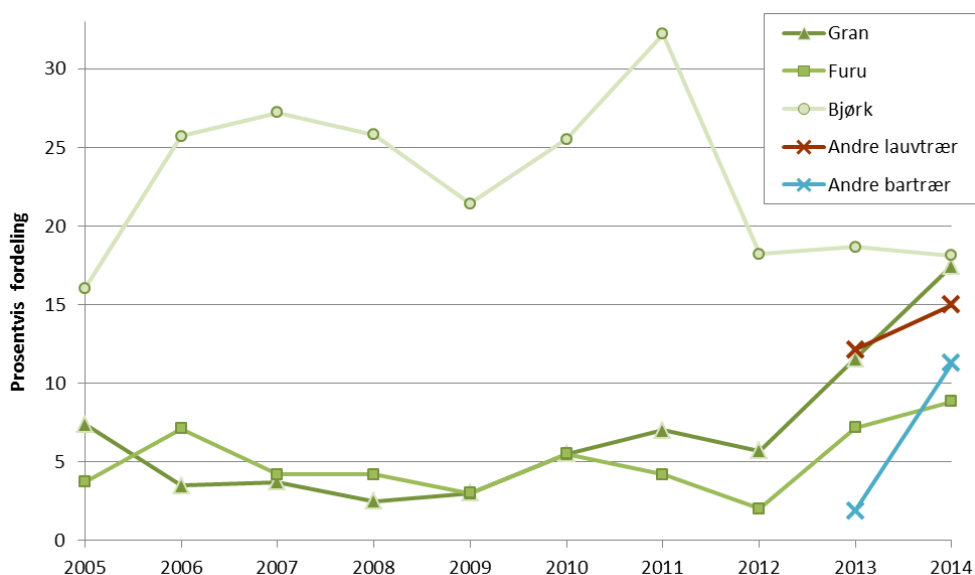
11,3 % av andre bartrær hadde skader, og størsteparten av disse (4,1 %) hadde abiotiske årsaker.

For gjennomsnittlig 4,3 % av de observerte skadene (alle treslag) kunne årsaken ikke identifiseres i felt.

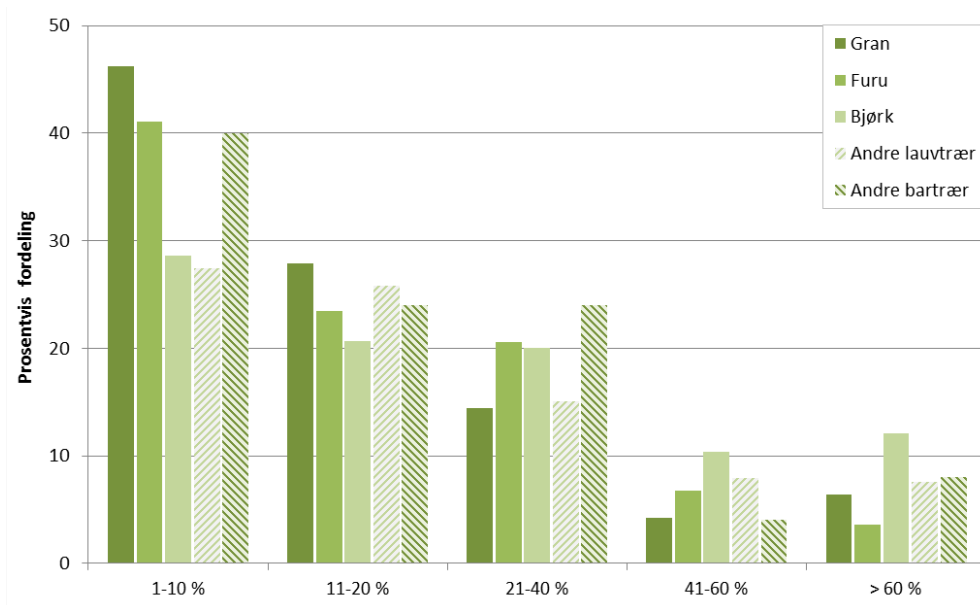


Figur 12. Prosentvis fordeling av grupperte skadeårsaker i 2014.

Det totale antallet skader for gran, furu og andre lauv- og bartrær var vesentlig høyere i 2014 enn i 2013, mens det var omtrent uendret for bjørk (Figur 13). Siden skaderegistreringene startet i 2005, har det aldri blitt registrert like mange skadetilfeller for gran og furu som i 2014. De registrerte skadene hadde likevel i de fleste tilfellene et lite omfang i kronene (Figur 14), slik at innvirkningen på kronetetthet og -farge ble mer enn oppveid av de helt friske trærne. Hos gran og furu hadde hhv. 75 og 65 % av skadetilfellene et lite eller moderat omfang (1-20 % av krona skadet), og i snitt for alle treslagene hadde bare 7,5 % av skadene et stort omfang i krona (>60 %).

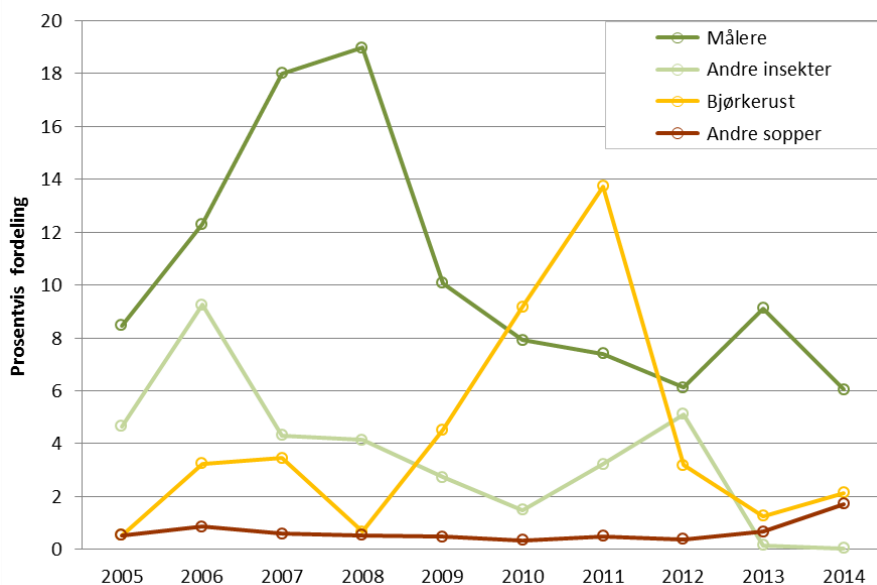


Figur 13. Prosentvis fordeling av alle skader pr. treslag 2005-2014.



Figur 14. Prosentvis fordeling av skadeomfanget pr. treslag i 2014.

I forhold til toppårene 2007-08 var det få målerskader på bjørk i 2014 (Figur 15). Det var også vesentlig færre skader forårsaket av bjørkerustsopp enn i toppåret 2011, selv om det var en liten økning i registrerte tilfeller i 2014. Det var også en liten økning av skader forårsaket av andre sopper enn bjørkerustsopp, mens det nesten ikke ble observert angrep av andre insekter enn målere i 2014.



Figur 15. Utvikling av insekt- og sopp-skader i prosent på bjørk 2005-2014.

Detaljerte årsaker til skader på trærne i 2014 er listet opp i Tabell 8. Av de identifiserte skadeårsakene hos gran var det flest observasjoner av granrustsopp (10,1 %). Dette er en dobling siden 2013 og det største angrepet som er registrert i den landsrepresentative overvåkingen siden

2005 (jf. også kap. 3.4). At dette likevel ikke ga utslag i form av økt misfarging på grantrærne på overvåkingsflatene, må skyldes at nesten 90 % av de registrerte granrustangrepene bare hadde et lite omfang i krona (jf. Figur 14). Furu hadde skader med mange ulike årsaker, men med unntak av frost (2,6 %) ble det registrert få tilfeller av hver skade. Også gruppen med andre bartrær hadde en god del frostskafer (3,6 %), og 1,4 % var skadet av hjortedyr.

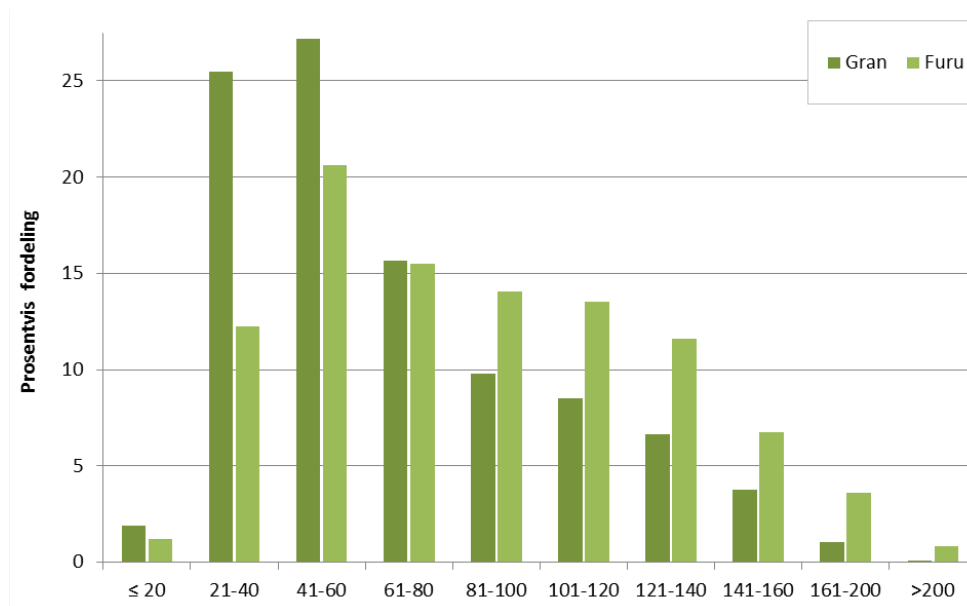
Bjørk var, som i tidligere år, mest utsatt for målere (6,1 % av de undersøkte trærne var angrepne), mens andre insekter gjorde liten skade på bjørk i 2014. Bjørkerust ble registrert på 2,1 %, andre sopper på 1,7 % og snøskader på 2,5 % av bjørketrærne. Av de øvrige lauvtrærne var 2,3 % skadet av målere, 3,1 % av sopper og 1,2 % av hjortedyr, mens 1,9 % av løvtrærne hadde skader forårsaket av snø.

Tabell 8. Årsaker til at trær var skadet i 2014 med prosentandel skadde trær for hvert treslag.

Kategori	Årsak	Gran (%)	Furu (%)	Bjørk (%)	Annet lauv (%)	Annet bar (%)
Vilt og beitedyr	Hjortedyr	0,1	0,6	0,1	1,2	1,4
	Bever			0,01		
	Husdyr	0,02	0,02		0,1	
	Andre virveldyr	0,1		0,07	0,5	
Insekter	Målere			6,1	2,3	
	Granbarkbille	0,02				
	Liten margborer		0,02			
	Andre insekter	0,1		0,04	0,1	
Sopper	Granrustsopp	10,1				
	Bjørkerustsopp			2,1		
	Tyritoppsopp		0,5			
	Furuas knopp- og greintørkesopp		0,1			
	Andre sopper	0,2	0,3	1,7	3,1	
Abiotiske	Oversvømmelse	0,1				
	Tørke	0,2	0,6	0,3	0,2	
	Jord/steinras	0,03		0,04	0,2	
	Frost	0,4	2,6	0,04		3,6
	Snøskred			0,01		
	Snø	1,2	0,7	2,5	1,9	0,5
	Lyn		0,02			
	Brann		0,1			
	Vind	0,5	0,2	0,3	0,4	
	Andre abiotiske	0,02	0,04	0,03		
Menneskeskapte	Høgstskade	0,1	0,02	0,06	0,1	
	Kjøreskade	0,02		0,01		
	Andre menneskeskapte	0,02		0,01		
Annet	Andre kjente	0,1		0,04	0,1	0,9
	Ikke identifisert/Ukjent	4,2	3,0	4,6	4,7	5,0
Skader totalt		17,4	8,8	18,1	15,0	11,3
Antall trær totalt		5887	4689	6842	1683	222

3.1.2 TRÆRNES ALDER

Trærnes alder påvirker kronetettheten, særlig hos gran. I 2014 var drøyt halvparten (54,5 %) av grantrærne 60 år eller yngre, og 25,4 % mellom 61 og 100 år, mens andelen gamle trær (> 100 år) var 20 % (Figur 16). Furu har en annen, jevnere aldersfordeling med en tredjedel (34,1 %) av trærne som var 60 år eller yngre, og 29,6 % mellom 61 og 100 år, mens 36,3 % var over 100 år. 4,4 % av furutrærne som ble målt i 2014 var mer enn 160 år gamle, mens bare 1,1 % av grantrærne kom i samme aldersklasse. Det eldste treet som ble registrert i 2014 var en 291 år gammel furu med moderat redusert kronetetthet og moderat misfarging. De to eldste grantrærne var 240 år gamle og preget av moderat til sterk kroneutglisning, men ikke av misfarging.



Figur 16. Prosentvis fordeling av alder hos gran og furu fordelt på aldersklasser i 2014.

3.2 Intensiv overvåking

3.2.1 TRÆRNES KRONETILSTAND

3.2.1.1 Kronetetthet

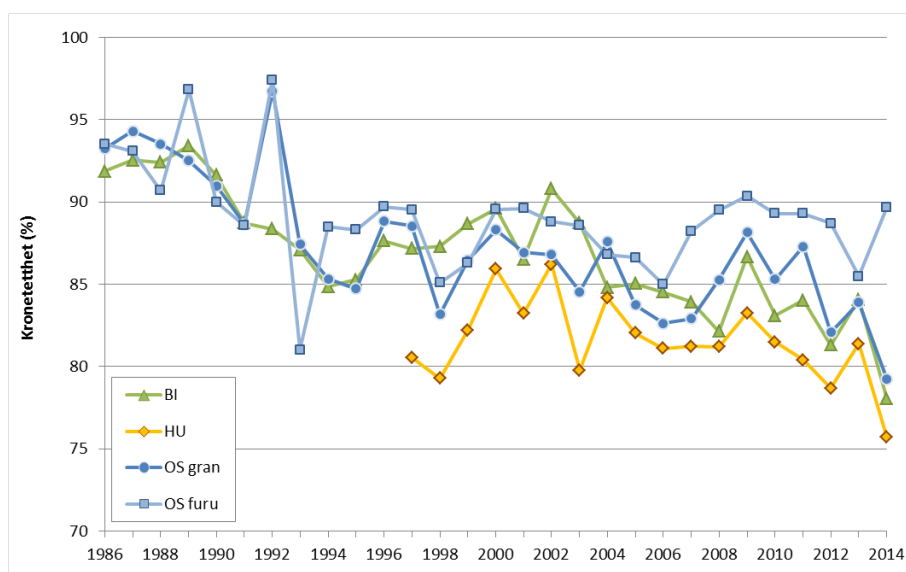
I 2014 var det en kraftig nedgang i kronetettheten på granflatene som førte til en kronetetthet på under 80 % på disse tre flatene (Tabell 9). Kronetettheten for furu i Osen økte derimot med 4,2 %-poeng i 2014.

Tabell 9. Kronetetthet (%) og kronefarge (%-andel grønne trær) for hovedtreslaget på flatene i 2014 med endringer fra 2013 i parentes.

Flate	Treslag	Kronetetthet	Kronefarge
BI	Gran	78,0 (-6,1)	94 (-4)
HU	Gran	75,7 (-5,7)	74 (-18)
OS	Gran	79,2 (-4,7)	92 (-6)
OS	Furu	89,7 (4,2)	99 (-1)

Utviklingen i kronetetthet gjennom overvåkingsperioden har stort sett fulgt samme mønster på granflatene i BI, HU og OS (Figur 17). Det var store svingninger i kronetettheten på 1990-tallet, i begynnelsen av 2000-tallet og i perioden etter 2007 på alle flater. Det er en relativt tydelig trend med synkende kronetetthet over tid for gran i Birkenes og Osen, mens det er ingen slik trend i Hurdal.

Kronetettheten på furuflata i Osen har vært relativt stabil siden midten av 1990-tallet og har holdt seg mellom 85 og 90 % helt siden 1994 (Figur 17). Det er ingen tydelig trend for utviklingen i kronetetthet over tid for furu i Osen.



Figur 17. Utvikling av kronetetthet på flatene i Birkenes, Hurdal og Osen fram til 2014.

3.2.1.2 Kronefarge

Andelen grantrær med normal grønn farge sank kraftig på flata i Hurdal (Tabell 9), der det som i tidligere år ble registrert omfattende misfarging i 2014. I Birkenes og Osen var det små endringer. Så å si alle furutrær i Osen var normalt grønne.

På 1990-tallet var det store variasjoner i kronefarge og generelt mye misfarging på gran, som sannsynligvis var relatert til hyppige tørkeperioder i 1990-årene. I Birkenes var det mye misfarging i flere år på 1990-tallet, og igjen i 2010 da nesten halvparten av trærne hadde varierende grad av misfarging. Utenom disse periodene har andelen normalt grønne grantrær i Birkenes ligget mellom

90 og 100 %. Også i Hurdal var det mye misfarging på slutten av 1990-tallet og i 2009 og 2011, og grantrærne på denne flata har i større grad enn de andre vært preget av misfarging. Kronefarge hos gran i Osen har gjennom hele overvåkingsperioden vært mer stabil med stort sett lite misfarging.

Det har også vært store svingninger i kronefarge for furu gjennom overvåkingsperioden, spesielt på midten av 1990-tallet. I de aller fleste årene av overvåkingsperioden har andelen normalt grønne furutrær i Osen likevel ligget på eller nær 100 %.

3.2.1.3 Skader

Etter ICP Forests' kriterier (Lorenz et al. 2009) defineres trær som skadet når de har en kronetetthet lavere enn 75 % og/eller mer enn 25 % misfarging. Av de 321 trærne som ble kronebedømt på de intensive overvåkingsflatene i 2014, hadde hvert femte tre (19 %) en kronetetthet lavere enn 75 %, men bare tre av disse var sterkt skadet (tetthet <40 %), og bare seks hadde mer enn 25 % misfarging. "Dieback"-symptomer ble observert på seks trær i Hurdal. "Dieback" er avdøing av små og store kvister fra ytterst i krona og innover mot stammen, og kan blant annet skyldes honningsoppangrep (toppskranting) eller tørke. Det ble ellers registrert få skader på overvåkingsflatene; seks grantrær hadde sår eller kvaeutflod, og én furu med tyritopp ble registrert. En dominant gran i Hurdal og to undertrykte grantrær i Birkenes og Osen hadde dødd siden forrige registrering i 2013.

3.2.2 TILFØRSEL AV LANGTRANSPORTERTE LUFTFORURENSNINGER

3.2.2.1 Svovel- og nitrogenforbindelser

I 2014 ble svovel- (S) og nitrogen- (N) forbindelser i luft målt på fire stasjoner i fastlands-Norge, hvorav to er tilknyttet aktive OPS flater. Innholdet av kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na) og klorid (Cl-) i luft ble i tillegg også bestemt (Tabell 10).

Tabell 10. Årsmiddelkonsentrasjoner ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) av luftkomponenter på norske bakgrunnsstasjoner i 2014.

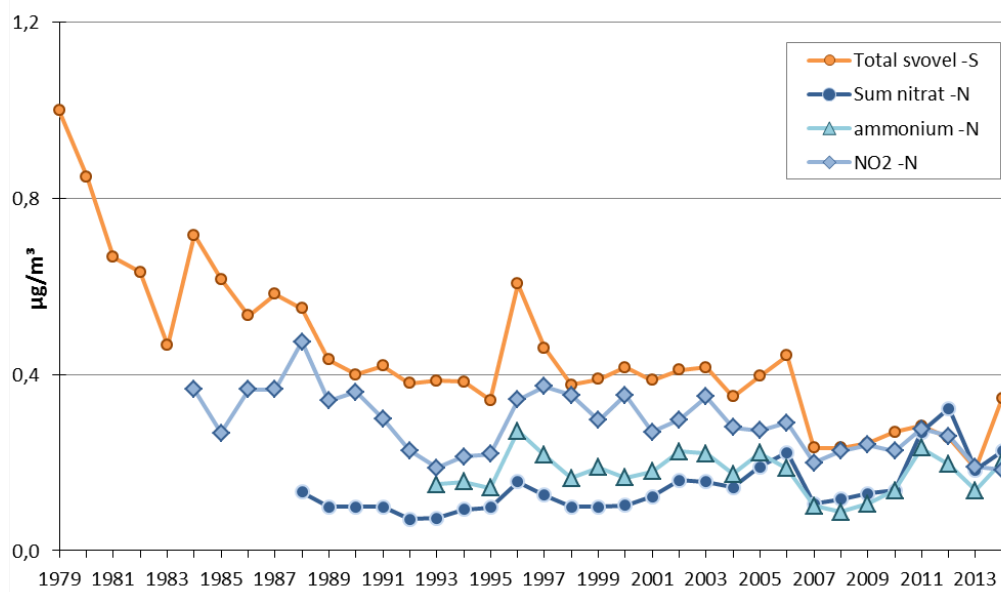
Stasjon	NO ₂ -N	sum NO ₃ -N	NO ₃ -N	sum NH ₄ -N	NH ₄ -N	SO ₂ -S	SO ₄ -S	Ca	K	Mg	Na	Cl ⁻
Birkenes II	0,31	0,38	0,28	0,62	0,34	0,17	0,37	0,07	0,08	0,07	0,52	0,64
Hurdal	0,55	0,22	0,15	0,49	0,25	0,09	0,29	0,05	0,06	0,02	0,16	0,13
Kårvatn	0,14	0,18	0,11	0,63	0,17	0,12	0,20	0,05	0,03	0,02	0,17	0,17
Tustervatn	0,10	0,12	0,09	0,59	0,10	0,08	0,10	0,03	0,02	0,02	0,14	0,16

Det høyeste årsmiddelet av svoveldioksid (SO₂) ble målt på Birkenes i 2014 med 0,17 $\mu\text{g S}/\text{m}^3$. Høyeste døgnmiddel ble derimot målt på Kårvatn og Tustervatn i september (ca. 10 $\mu\text{g S}/\text{m}^3$) som skyldes utslipp fra vulkanen Bárðarbunga på Island. Vulkanen forårsaket de høyeste døgnmidlene av SO₂ målt i Norge siden begynnelsen av nittitallet. Vulkanen påvirket også konsentrasjonen av sulfat (SO₄²⁻) i luft og nedbør spesielt i Midt- og Nord-Norge. I tillegg var det store nedbørsmengder i sør og sørvest i februar og oktober slik at våtavsetningen ble høy i denne delen av landet. Som følge av dette ble totalavsetningen for svovel spesielt høy i 2014, på nivå med avsetningen i begynnelsen av dette årtusen.

Birkenes hadde også de høyeste nivåene av partikulært sulfat, nitrat (NO_3^-) og ammonium (NH_4^+), mens på Hurdal ble den høyeste konsentrasjonen av nitrogendioksid (NO_2) målt i 2014 som sannsynligvis skyldes påvirkning fra et relativt høyt trafikknivå i denne regionen.

Både tørr- og våtavsetning av svovel- og nitrogenkomponenter var større om sommeren enn om vinteren. Bidraget av tørravsatt svovel til den totale avsetning var 16–25 % om sommeren og 3–10 % om vinteren. Tørravsetningen for nitrogenkomponenter bidrar relativt mer til den totale avsetningen enn for svovelforbindelser, 6-29 % på vinteren og 19-49 % i sommerhalvåret.

Selv om nivået av spesielt svovel var uvanlig høyt i 2014, har det i et lengre tidsperspektiv vært store reduksjoner av de målte svoveldioksid- og sulfatnivåene (Figur 18). Med 1980 som referanseår har svoveldioksidreduksjonene vært mellom 92 % og 95 % (76-90 % fra 1990), og for sulfat mellom 76 % og 90 % (65-76 % fra 1990) på fastlands-Norge. Årsmiddelkonsentrasjonen av ammonium i luft viser en signifikant reduksjon på 37-58 % på to stasjoner siden 1993. For summen nitrat + salpetersyre (HNO_3) og sum ammoniakk + ammonium har det derimot vært en økning i konsentrasjonsnivået på flere stasjoner, muligens pga. endringer i lokale eller regionale utslipp. Imidlertid har det vært en tydelig og signifikant nedgang for NO_2 (30-79 %) siden 1990.



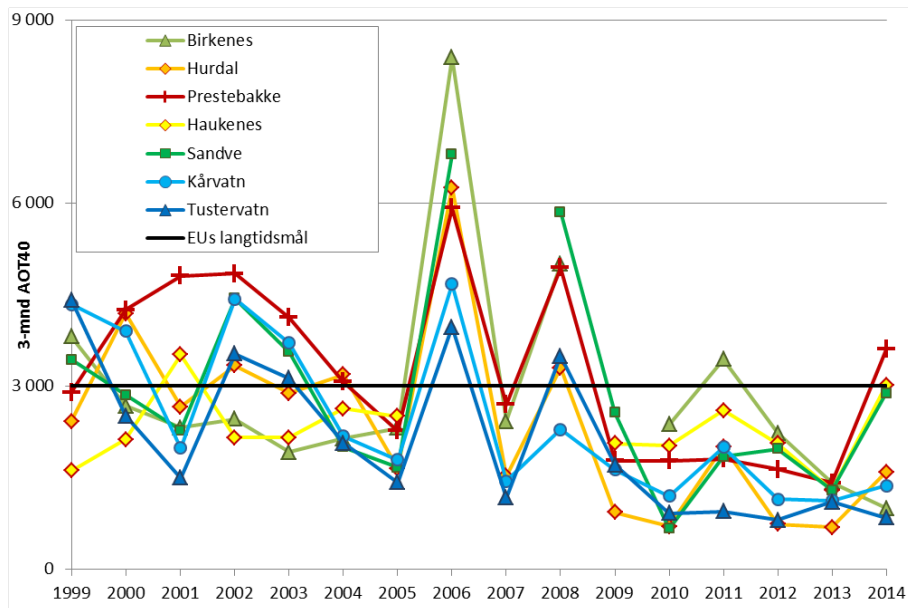
Figur 18. Midlere årlige konsentrasjoner i luft av total svovel ($\text{SO}_2+\text{SO}_4^{2-}$), sum nitrat ($\text{HNO}_3+\text{NO}_3^-$), ammonium (NH_4^+) og nitrogendioksid (NO_2) på tre norske bakgrunnsstasjoner (Birkenes, Kårvatn, Tustervatn).

3.2.2.2 Ozon

I 2014 ble ozonkonsentrasjonen målt med UV monitor på syv stasjoner på fastlandet. 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. Maksimal timesverdi av ozon i 2014 var $147 \mu\text{g}/\text{m}^3$ på Prestebakkke, og EUs terskelverdi på $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ble dermed ikke overskredet.

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 (mai-august) ble overskredet på Prestebakke og Haukenes med høyest verdi på Prestebakke med 3606 ppb timer. Verdier over langtidsmålet på 3000 ppb-timer har forekommet i flere av de siste ti årene (Figur 19).

Det var ingen overskridelser på grenseverdien for skog (5000 ppb-timer for seks månedersperioden april-september) på norske stasjoner i 2014, men Prestebakke var veldig nær med 4999 ppb timer.



Figur 19. Tremåneders AOT-verdi (1. mai - 1. august) for årene 1999-2014. EUs langtidsmål på 3000 ppb-timer er markert i figuren.

3.2.3 KJEMISKE ELEMENTER I NEDBØR, KRONEDRYPP OG JORDVANN I SKOG

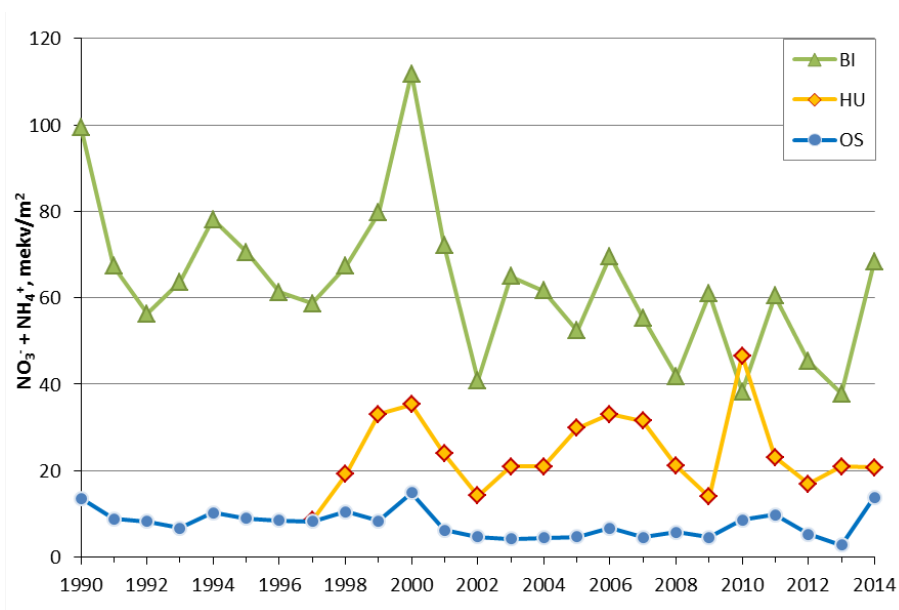
3.2.3.1 Nedbør og kronedrypp

Volumveide årsmiddelkonsentrasjoner er beregnet for noen viktige elementer og forbindelser, mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier av H⁺-aktivitet. Der konsentrasjonen har vært under deteksjonsgrensen, er den satt lik halve deteksjonsgrensen. Sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, nmSO₄-S) er beregnet ut fra formelen: nmSO₄-S = SO₄-S - (0,054 * Cl). Nedbørsmengde (mm), pH, og beregnet deposisjon av forskjellige grunnstoffer og forbindelser (årlige mengder per kvadratmeter, dvs. konsentrasjon ganget med vannmengde) er vist i Tabell 11.

Tabell 11. Nedbørsmengde (mm), pH, og deposisjon av kjemiske grunnstoffer og forbindelser (mg/m²) i 2014. Tot-N = total N, nm = ikke-marint, M = manglende verdi

Flate	mm	pH	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Tot- N	SO ₄ - S	nmSO ₄ -S	Ca	K	Mg	Na	Cl
Frittfallende nedbør:												
BI	2331	4,8	818	813	M	732	413	381	244	425	3365	5744
HU	1172	4,9	293	327	M	278	237	201	136	66	500	819
OS	902	5,1	126	135	334	162	146	63	75	13	232	352
Kronedrypp:												
BI	2127	5,1	468	489	1297	1085	599	702	2235	576	4975	8870
HU	831	5,2	150	141	424	274	209	166	1045	72	652	1147
OS	671	5,2	161	34	651	148	122	121	905	40	274	517

Figur 20 viser langtidstrender i deposisjon av uorganisk nitrogen (NO₃⁻ + NH₄⁺) i kronedrypp på de tre gjenværende felter. Årlige fluktuasjoner i deposisjon beror i stor grad på variasjoner i nedbørsmengde, og store nedbørsmengder er sannsynligvis forklaringen til økningen i uorganisk nitrogen i kronedrypp på Birkenes og Osen i 2014. Om vi ser på langtidstrenden, har det vært en reduksjon siden 1990 i deposisjon av uorganisk nitrogen i kronedrypp i hvert fall på Birkenes, mens Hurdal og Osen ikke viser noen tydelig trend. Årsaken til reduksjonen er uklar, fordi nitrogenavsetning i kronedrypp er påvirket både av tilførsel fra atmosfæren og prosesser i trærnes krone. Deposisjon av antropogent sulfat ble sterkt redusert på 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet som et resultat av reduserte SO₂-utslipp i Europa, men det har ikke vært store endringer i løpet av de siste årene (ikke vist).



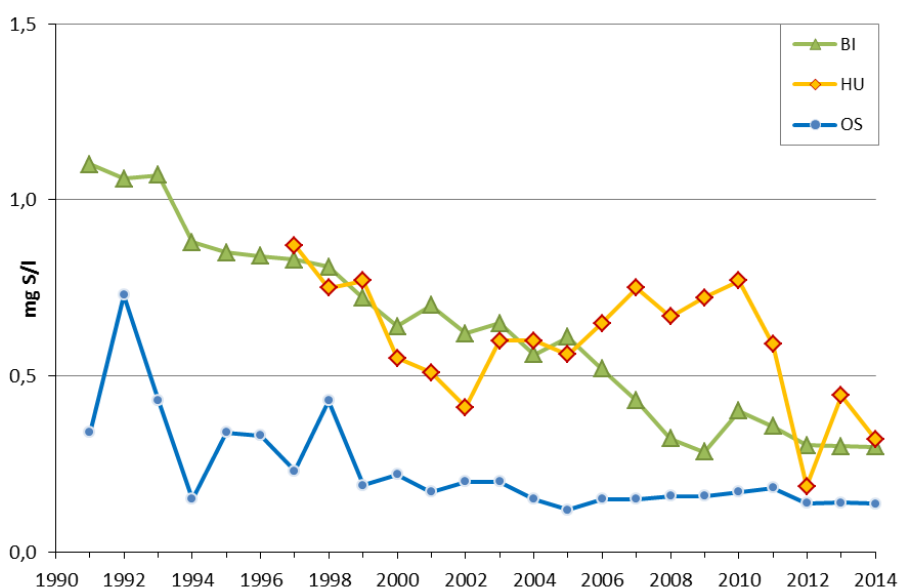
Figur 20. Langtidstrender i uorganisk nitrogen ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, mekv/m²) i kronedrypp.

3.2.3.2 Jordvann

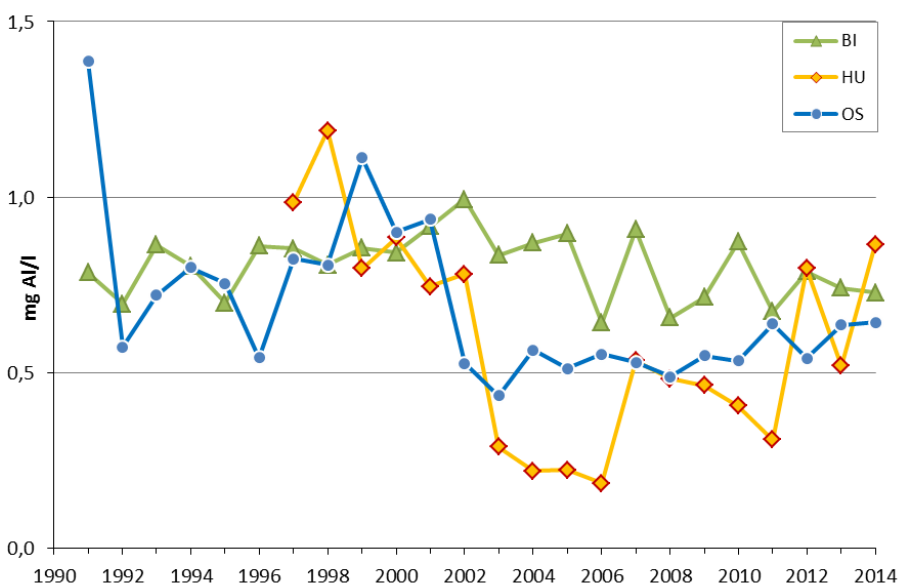
Tabell 12 viser volumveide årsmiddelkonsentrasjoner (unntatt ledningsevne, som ikke er volumveid), mens pH er beregnet ut fra volumveide årsmiddelverdier for H^+ -aktivitet. Der konsentrasjonen har vært under deteksjonsgrensen, er den satt lik halve deteksjonsgrensen. Sjøsaltkorrigerte konsentrasjoner av sulfat-S (ikke marint, $\text{nmSO}_4\text{-S}$) er beregnet ut fra formelen: $\text{nmSO}_4\text{-S} = \text{SO}_4\text{-S} - (0,054 * \text{Cl})$.

Tabell 12. Volumveide middelkonsentrasjoner (mg/l) i jordvann i 2014, der Led = ledningsevne ($\mu\text{S}/\text{cm}$), Tot = total, Lab = labil, nm = ikke marint, * = platelysimeter (øvrige lysimeter er sonder)

Flate	Sjikt	Led	pH	Tot-Al	Lab-Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	NH ₄ -N	NO ₃ ⁻ -N	Tot-N	SO ₄ ⁻ -S	Nm SO ₄ -S	Cl
BI	15*	27	4,4	0,73	0,30	0,19	0,13	0,09	0,11	0,00	1,97	0,04	0,03	0,29	0,42	0,30	2,2
BI	40	32	4,6	0,51	0,44	0,19	0,07	0,15	0,20	0,00	3,30	0,04	0,03	0,14	1,11	0,83	5,2
HU	5	15	4,9	0,45	0,35	0,07	0,05	0,04	0,04	0,00	1,57	0,03	0,03	0,15	0,60	0,51	1,6
HU	15	28	4,2	0,87	0,39	0,09	0,17	0,12	0,04	0,01	1,60	0,03	0,03	0,35	0,37	0,32	1,0
HU	40	12	5,0	0,14	0,13	0,09	0,00	0,03	0,04	0,01	1,21	0,04	0,03	0,08	0,58	0,51	1,3
OS	5	30	4,2	1,10	0,48	0,52	0,97	0,26	0,37	0,12	0,70	0,08	0,03	0,57	0,19	0,16	0,6
OS	15	17	4,5	0,64	0,24	0,35	0,74	0,34	0,32	0,01	0,79	0,08	0,03	0,43	0,16	0,14	0,4
OS	40	12	4,9	0,58	0,39	0,16	0,06	0,45	0,15	0,01	0,57	0,03	0,03	0,20	0,35	0,31	0,7



a. Ikke-marint SO₄-S (mg S/l).



b. Total Al (mg/l)

Figur 21. Langtidstrender i (a) ikke-marint SO₄-S og (b) total Al i jordvann fra 15 cm-sjiktet.

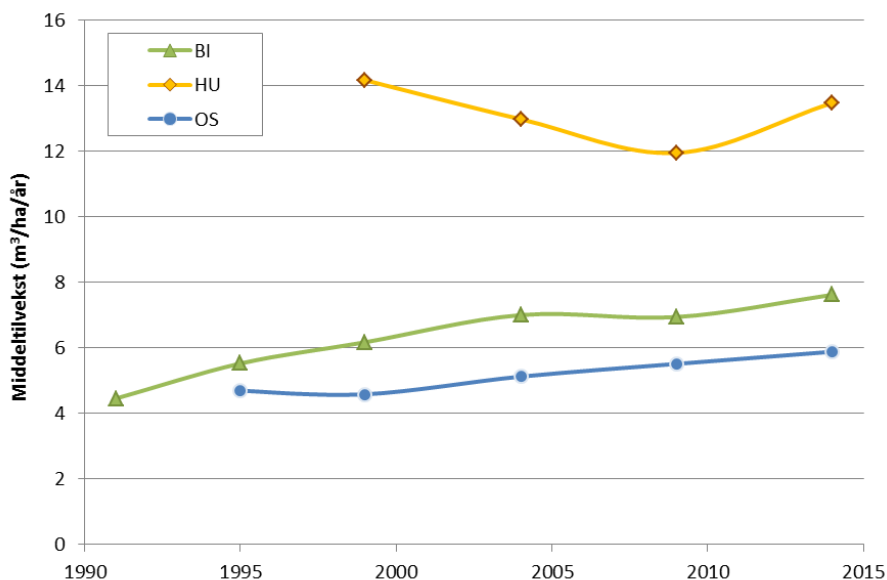
Langtidstrender for total Al og ikke-marint sulfat i 15 cm jorddybde på de tre gjenværende flatene er vist i Figur 21. Konsentrasjonen av antropogent sulfat i jordvann ble sterkt redusert på 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet som et resultat av redusert tilførsel fra atmosfæren, men det har ikke vært store endringer i løpet av de siste årene. Aluminiumkonsentrasjonene ser ut til å være relativt stabile, og er normalt under grensen for toksisitet til granrøtter.

3.2.4 TILVEKSTMÅLINGER

På flere av flatene har det vært betydelig avgang av trær som har dødd av ulike årsaker (tørke, undertrykkelse, billeangrep, vindfall, hogst av enkeltrær etc.), og mange av de minste trærne har ofte gått ut. Alle tre flatene viser økt tilvekst i siste femårsperiode siden forrige måling i 2009 (Tabell 13). Middeltilveksten viser den gjennomsnittlige tilveksten fra etablering og frem til beregningsår (Figur 22), og en avtagende verdi (den høyeste verdi) indikerer vanligvis at bestandet er hogstmodent mht. maksimal produksjon. Imidlertid kan middeltilveksten fluktuere, der en nedgang av ulike årsaker (klima, skader m.m.) kan snu slik vi ser på flaten i Hurdal.

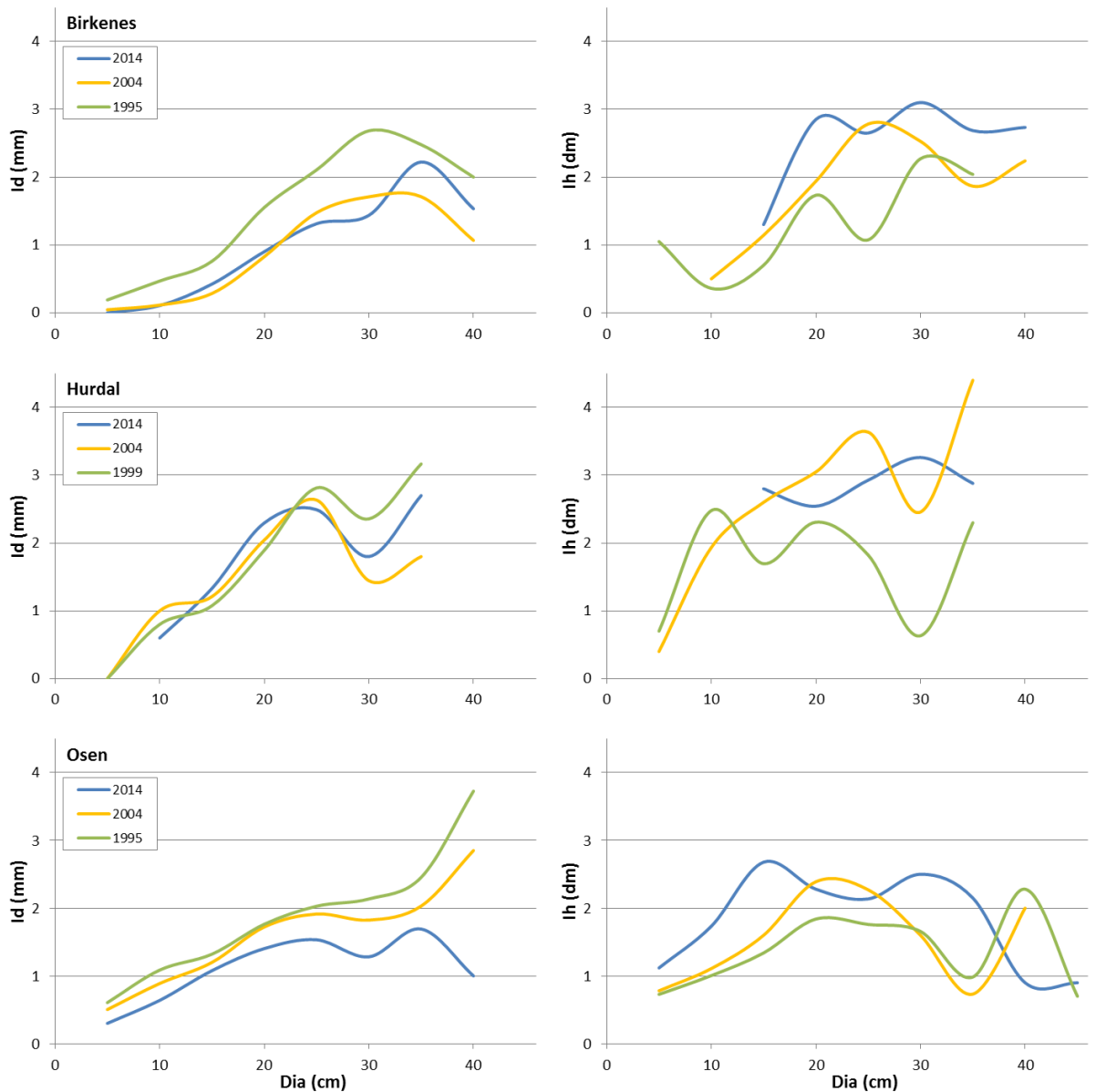
Tabell 13. Treantall, middeldimensjon, volum og periodisk tilvekst for levende trær.

Flate	År	Antall trær (stammer/ha)	Middeldiameter (mm)	Middelhøyde (dm)	Volum (m ³ /ha)	Tilvekst (m ³ /ha/år)
BI	1986	1333	186	182	310	
	1995	1127	211	191	350	6,9
	2004	957	235	214	418	9,2
	2014	832	258	236	484	10,7
HU	1996	717	231	207	304	
	1999	707	245	213	344	14,2
	2004	688	259	228	401	12,3
	2014	630	280	255	488	17,5
OS	1986	1248	164	195	249	
	1995	1213	179	212	313	7,3
	2004	1171	192	222	365	7,1
	2014	1146	205	242	442	8,0



Figur 22. Middeltilvekst på flatene i Birkenes, Hurdal og Osen i m³/ha/år.

Årlig diameter­tilvekst har økt sterkt fra rundt ½ mm hos de minste trærne til ca. 2 mm hos de store trærne (Figur 23). Noen av de aller største trærne har vokst ekstra godt i Hurdal og i Osen. Stort sett følger tilvekst­kurvene hverandre fra år til år og har omtrent samme form. Diameter­tilveksten hos de aller største trærne i Osen har imidlertid avtatt betydelig i siste femårsperiode.



Figur 23. Årlig diameter­tilvekst i mm (Id, venstre) og høydetilvekst i dm (Ih, høyre) i 5 cm diameter­klasser (Dia) for flatene i Birkenes, Hurdal og Osen.

Årlig høydetilvekst øker med økende dimensjon i Birkenes og Hurdal, noe som tyder på at trærne ikke har nådd sitt optimum. I Osen avtar høydeveksten med økende dimensjon, og det kan tyde på at de høyeste trærne her begynner å nå sin optimale høyde og at høyde­kurven begynner å flate ut for de største dimensjonene. Sammenholdes både diameter- og høydetilvekst kan det tyde på at de største trærne i Osen begynner å bli utvokst eller at de begynner å skranke.

Den årlige tilveksten hos trær varierer mye og viser utover den normale tilveksten også naturens respons på eventuelle endringer i klima, forurensninger og andre forstyrrelser i skogbestandet. Selv om tilveksten måles hvert femte år, eller enda hyppigere, er det ikke sikkert endringer i miljø vises på trærnes diameter- og høydevekst. Bestandene er dessuten i utvikling, de blir eldre, tettere eller trær kan dø av naturlige årsaker eller på grunn av forurensninger, endringer i klima, eller menneskeskapte forstyrrelser. Sammenligninger mellom observert tilvekst og nitrogendeposisjon viser at økt nitrogendeposisjon trolig har ført til økt tilvekst i Norge (Solberg et al. 2009, Andreassen & Aas 2015). Eksperimentelle forsøk viser tilvekstreduksjon ved kunstig høy sulfatdeposisjon (Abrahamsen et al. 1994), men dette er ikke påvist i skog i Norge (Solberg et al. 2009, Andreassen & Aas 2015). To forhold som gjør det vanskelig å påvise tilvekstreduksjon etter sulfatdeposisjon i Norge er tilvekstøkningen etter nitrogendeposisjonen som altså virker motsatt vei, samt geologiske forhold som til en viss grad nøytraliserer effekten av sulfatdeposisjonen.

3.3 Askeskuddsyke

3.3.1 SYKDOMSUTVIKLING OG UTBREDELSE I NORGE I 2014

Årsaken til askeskuddsyken er den lille begersoppen askeskuddbeger (*Hymenoscyphus fraxineus*). Fruktlegemene, som bare er noen få millimeter store, vokser på fjorårets askebladstilker på bakken og sprer seg gjennom sporer som infiserer bladene på asketrærne i løpet av vekstsesongen. I Norge ble askeskuddsyken først oppdaget i 2008 og var da allerede spredd over store deler av Øst- og Sørlandet, og man antar derfor at sykdommen må ha vært til stede i Norge minst siden 2006. Sykdommen har siden spredd seg meget raskt (med 20-50 km årlig) og hadde i løpet av 2012 etablert seg over store deler av søndre Sogn og Fjordane med det nordligste funnet i Innvik i Stryn (Timmermann et al. 2013). I 2013 hadde den etablert seg over store deler av Sogn og Fjordane. Noen få funn ble gjort i de sørligste kommuner i Møre og Romsdal med de nordligste funnene i Åheim, Vannylven og Straumshamn, Volda (Timmermann et al. 2014). I 2014 hadde askeskuddsyke spredd seg over hele Sunnmøre og litt inn i Romsdal (Figur 4). De nordligste funnene ble gjort ved Grytten kirke, nær Åndalsnes i Rauma. Ellers var det mye angrep ved Sjøholt i Ørskog. Aldri tidligere er det registrert så massive angrep nær sykdomsfronten.

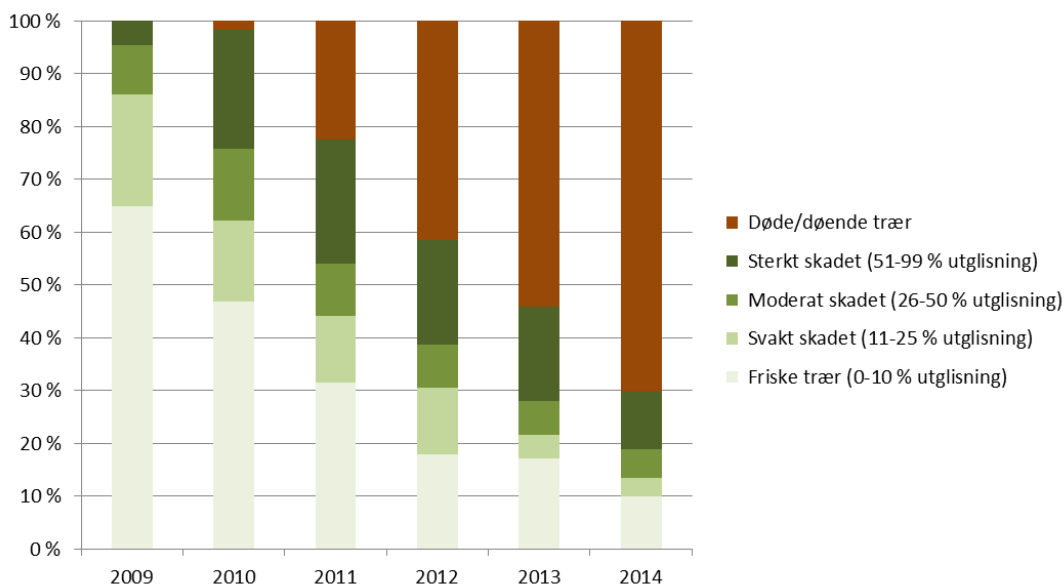
Askeskuddbeger er funnet flere steder i Asia på «mandsjuria-ask» (*Fraxinus mandshurica*) som vokser i de nordøstlige deler av Asia hvor det ikke rapporteres om skader på ask (Zhao et al. 2012; Zheng og Zhuang 2013). En ekspedisjon til Øst-Russland viste imidlertid at soppen var svært vanlig der, og opptrer som en bladflekksykdom. Det er også registrert noe skuddavdøing (Drenkhan og Solheim, pers. komm.).

3.3.2 OVERVÅKING PÅ PERMANENTE FLATER

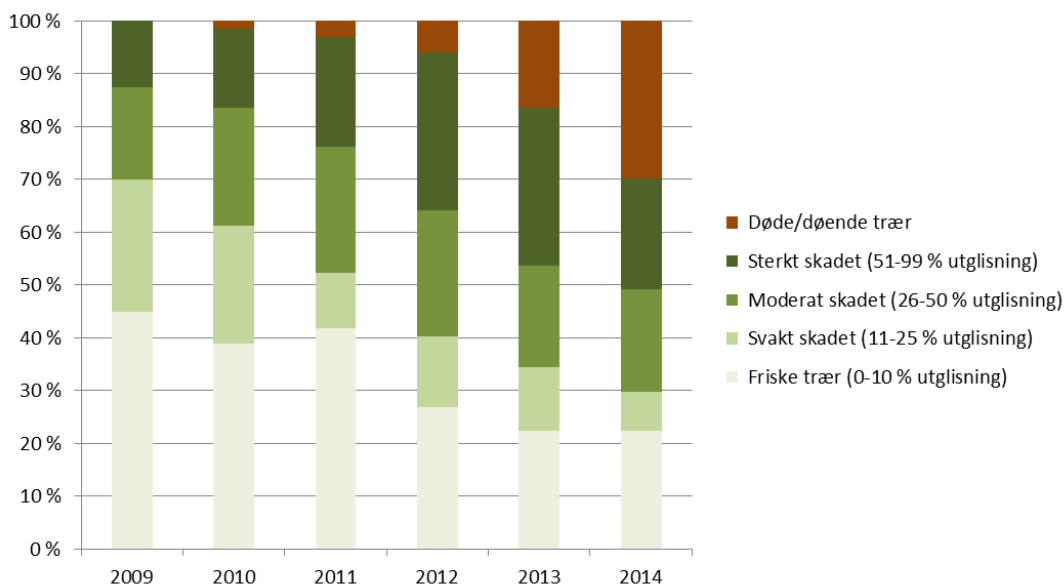
3.3.2.1 Sør- og Østlandet

Det har vært en dramatisk utvikling for de små asketrærne (DBH < 50 mm) på de 5 overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet fra 2009 til 2014. Av de i alt 111 småtrærne var 82 % friske eller bare svakt skadde i 2009 (opptil 25 % kroneutglisning). I 2014 var denne andelen redusert til

14 % (Figur 24). Samtidig økte andelen sterkt skadde og døde/døende trær fra 5 % i 2009 til 81 % i 2014. Mest dramatisk har utviklingen for små trær vært på flatene i Norderås og Fjugstad, der rundt 87 % av de små trærne var sterkt skadde eller døde i 2014.



Figur 24. Utvikling av kroneskader for små asketrær (DBH < 50 mm, n=111) på overvåkingsflatene NO, KO, FU, FE og UR 2009-2014 (UR fra 2010). Prosentandel trær i de grupperte kroneskadeklassene.

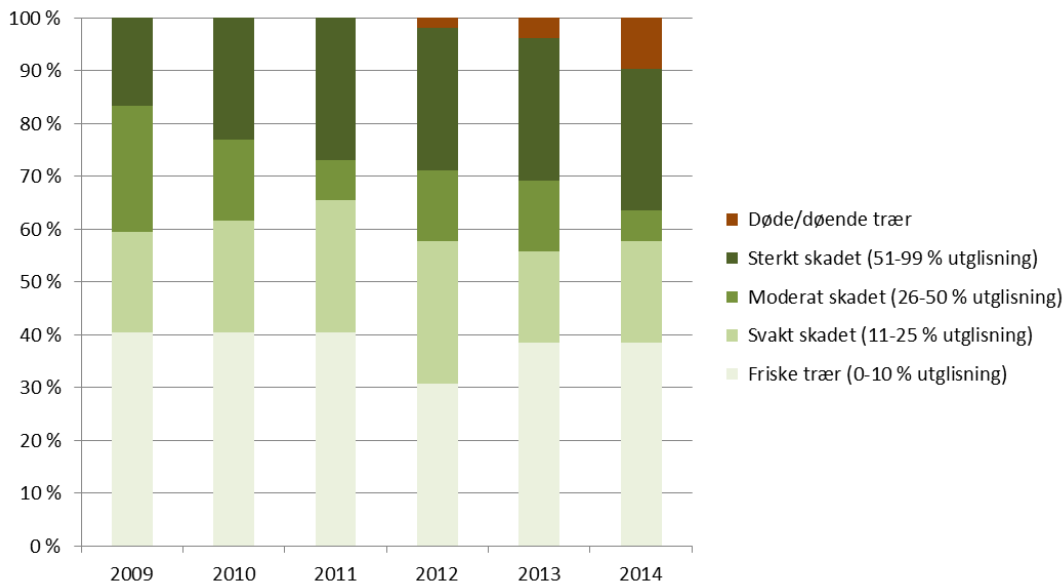


Figur 25. Utvikling av kroneskader for mellomstore asketrær (DBH 50-125 mm, n=67) på overvåkingsflatene NO, KO, FU, FE og UR 2009-2014 (UR fra 2010). Prosentandel trær i de grupperte kroneskadeklassene.

Selv om utviklingen hos de mellomstore asketrærne (DBH 50-125 mm) ikke har vært like dramatisk som hos de små, så har likevel andelen sterkt skadde og døde/døende trær økt fra 13 % i

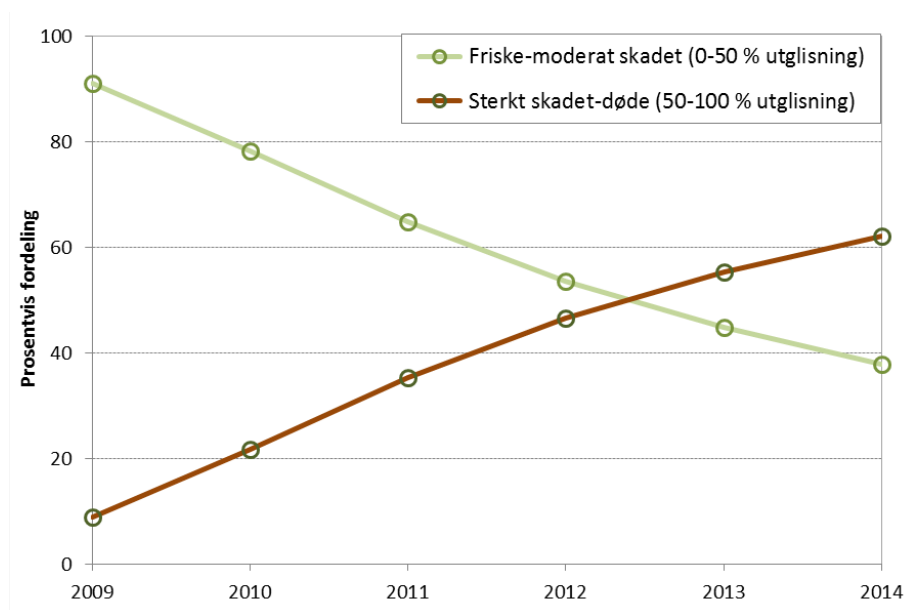
2009 til 51 % i 2014 (Figur 25). Andelen friske og svakt skadde trær har minket tilsvarende fra 70 % i 2009 til 30 % i 2014.

Kroneutglisningen hos de store asketrærne (DBH>125 mm) har økt saktere fra 2009 til 2014 på de 5 overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet enn hos de små, og andelen friske eller svakt skadde trær har vært omtrent uforandret fra 2009 til 2014 (Figur 26). Likevel var 37 % av de store trærne sterkt skadet eller døde i 2014 (mot 17 % i 2009).



Figur 26. Utvikling av kroneskader for store asketrær (DBH>125 mm, n=52) på overvåkingsflatene NO, KO, FU, FE og UR 2009-2014 (UR fra 2010). Prosentandel trær i de grupperte kroneskadeklassene.

Mens over 90 % av de 230 asketrærne (alle aldersklasser) på de 5 overvåkingsflatene på Sør- og Østlandet var friske eller bare svakt til moderat skadde i 2009, var nesten to tredjedeler (62 %) sterkt skadde eller døde i 2014 og bare litt mer enn en tredjedel (38 %) fortsatt friske eller svakt til moderat skadde (Figur 27). Antall friske og svakt til moderat skadde trær har minket raskt fra år til år, mens antall sterkt skadde og døde trær økte tilsvarende raskt.

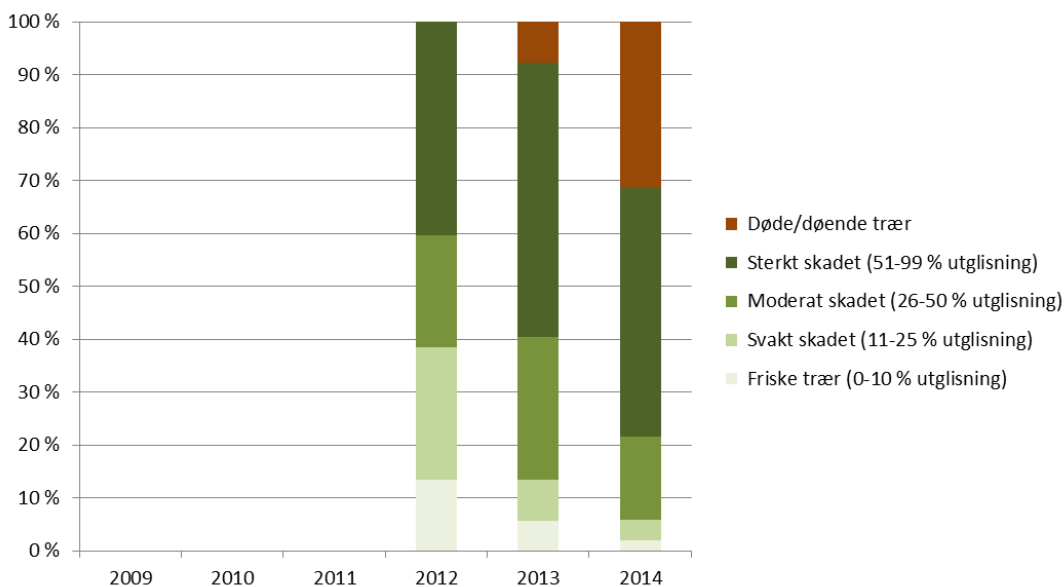


Figur 27. Utvikling av kroneskader for ask på overvåkingsflatene NO, KO, FU, FE og UR 2009-2014 (UR fra 2010), friske-moderat skadde (0-50 % utglisning) og sterkt skadde-døde trær (50-100 % utglisning), alle aldersklasser.

3.3.2.2 Vestlandet

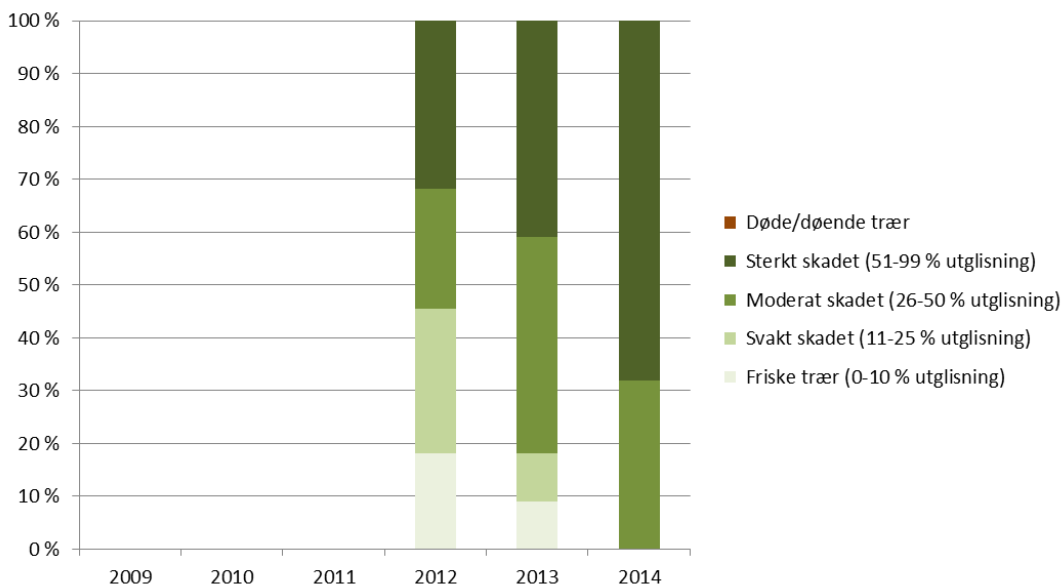
I 2014 ble den andre revisjonen av kronetilstanden hos asketrærne på overvåkingsflatene på Vestlandet gjennomført. På flatene i Baustad og Askvik ble det registrert en tydelig forverring i kronetilstanden i forhold til 2012 og 2013, særlig hos de små trærne, mens det på flata i Hammar ennå ikke ble funnet tegn på askeskuddsyken. Figurene viser derfor bare utviklingen for asketrærne på flatene i Baustad og Askvik.

I 2012 var andelen sterkt skadde småtrær 40 % på flatene i Baustad og Askvik og ingen trær var døde, mens det i 2014 var 77 % sterkt skadde og døde småtrær på disse to flatene, samtidig som andelen friske og svakt skadde småtrær gikk ned fra 38 til bare 6 % (Figur 28).



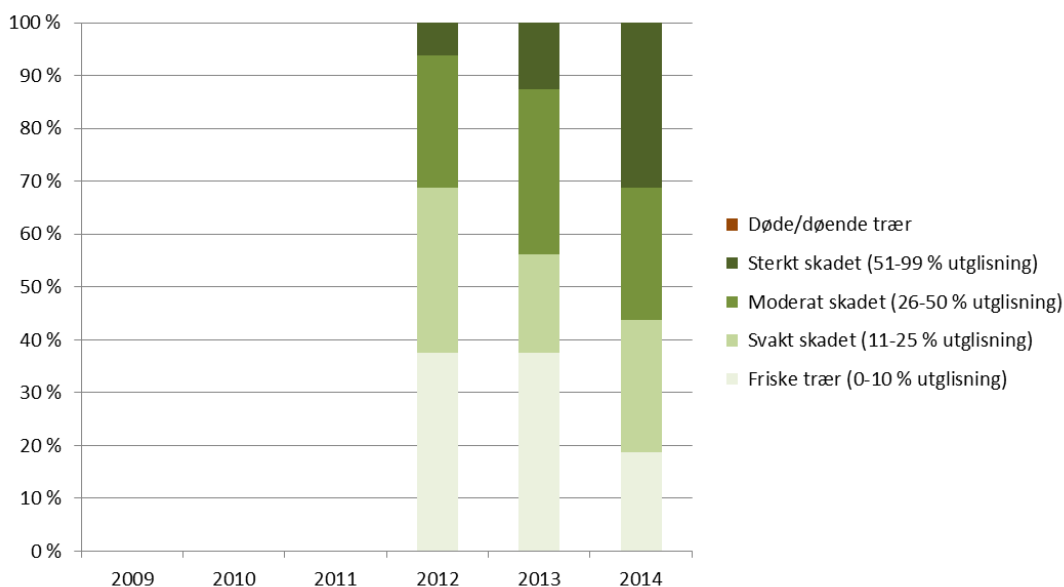
Figur 28. Utvikling av kroneskader for små asketrær (DBH<50 mm, n=52) på overvåkingsflatene BA og AS 2012-2014. Prosentandel trær i de grupperte kroneskadeklassene.

Også hos de mellomstore trærne på Vestlandet økte kroneskadene (Figur 29). Her var det ennå ingen døde trær i 2014, men heller ikke lenger noen friske eller svakt skadde trær. Andelen sterkt skadde trær mer enn fordoblet seg fra 32 % i 2012 til 68 % i 2014.



Figur 29. Utvikling av kroneskader for mellomstore asketrær (DBH 50-125 mm, n=22) på overvåkingsflatene BA og AS 2012-2014. Prosentandel trær i de grupperte kroneskadeklassene.

Heller ikke på Vestlandet har utviklingen for de store asketrærne vært like dramatisk som for de små, og ingen av de store trærne var døde i 2014. Likevel økte andelen sterkt skadde store trær på flatene i Baustad og Askvik fra 6 % i 2012 til 31 % i 2014, mens andelen friske og svakt skadde trær sank fra 69 til 44 % (Figur 30).



Figur 30. Utvikling av kroneskader for store asketrær (DBH>125 mm, n=16) på overvåkingsflatene BA og AS 2012-2014. Prosentandel trær i de grupperte kroneskadeklassene.

3.4 Spesielle skader

3.4.1.1 Bjørkerustsopp (*Melampsorium betulinum*)

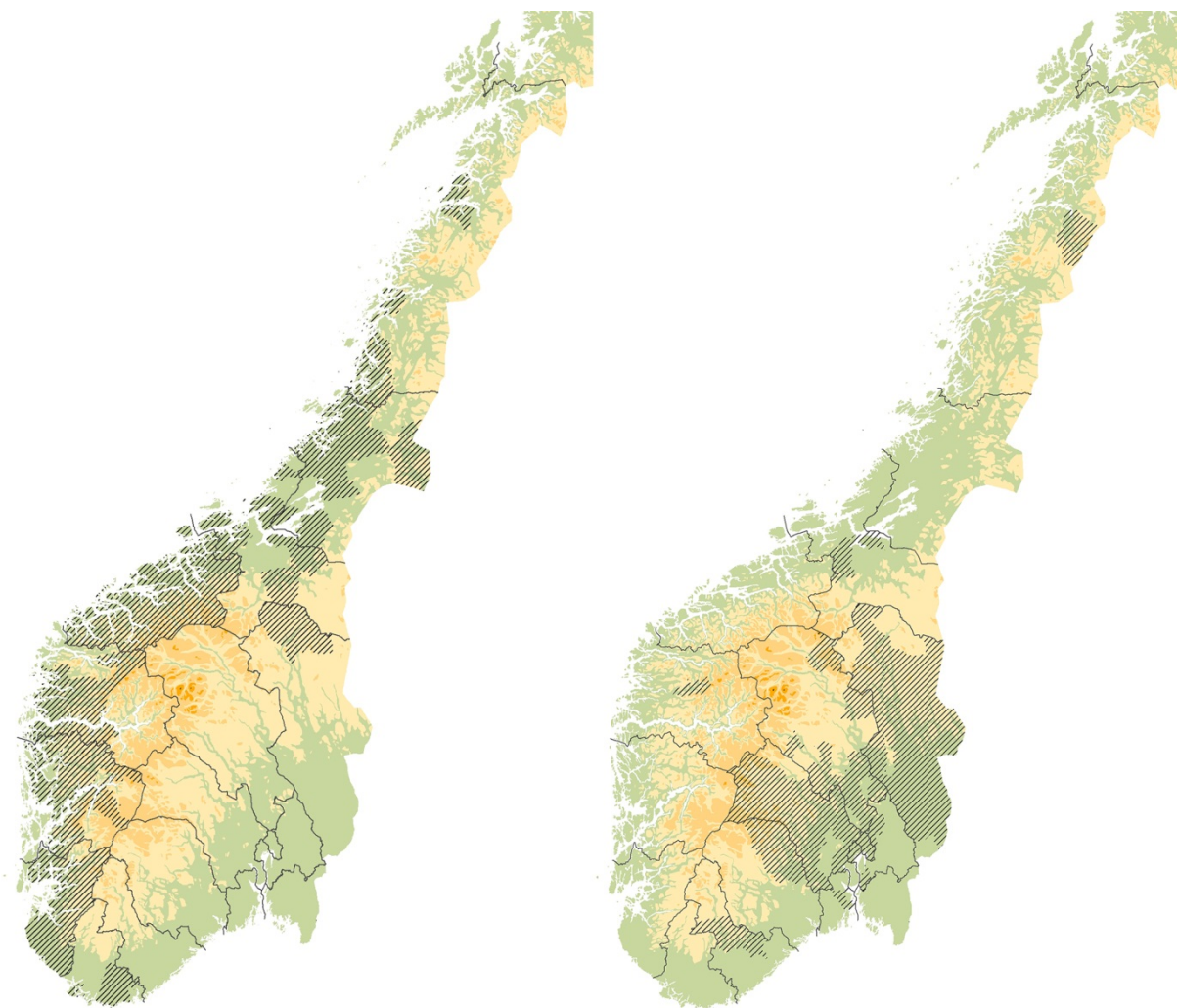
Det var i 2014 en del angrep av bjørkerustsoppen i høyereliggende skoger i Hedmark, Oppland og tilgrensende kommuner i Sør-Trøndelag.

3.4.1.2 Frosttørke

Vinteren 2014 var veldig spesiell langs kysten fra Agder og langt nord i Nordland. Det var lite eller manglende snødekke, svært tørt og sterk vind. Hvem husker ikke brannen i Lærdal og etterfølgende lyngbranner langs Møre- og Trøndelagskysten? Forholdene var lite gunstig også for trærne, og litt utpå vårparten kom det til syne sterke skader på lyng og bartrær. Det ble registrert skader fra Vest-Agder og helt nord til Bodø (Figur 31).

Årsaken til skadene var trolig en kombinasjon av flere forhold. Værdata fra Vossevangen kan illustrere dette. Høsttemperaturene var rimelig grei sett i forhold til innvintring, men det var lokalt mye nedbør så innvintringen var muligens heller ikke perfekt. Tidlig i desember kom den første kuldeperioden, et nokså kraftig temperaturfall etter ei uke med milde forhold. De lave temperaturene varte bare noen dager, så ble det mildt med temperaturer opp mot 10°C som maksimum, og sjeldent under 0°C som minimumstemperatur. Denne mildværsperioden varte i omtrent en måned. Rundt 10. januar ble det igjen plutselig kaldt med temperaturfall på rundt 20°C

over noen få dager. Denne kuldeperioden varte i 2-3 uker for så å bli etterfulgt av en mild periode igjen. Fram til rundt 10. januar var det jevnt varierende med nedbør, men fra da av og noen uker var det lite eller ingen nedbør. Den relative fuktigheten sank fra rundt 80 % til 40-50 % midt i januar. Også vinden endret seg midt i januar. Vindstyrken ble sterkere og vindretningen som tidligere hadde variert og kommet fra forskjellige retninger, endret seg og kom hovedsakelig fra sørøst. Denne vær-situasjonen varte mellom 2 og 3 uker.



Figur 31. Kart som viser kommuner med registrerte skader av frosttørke (venstre) og granrustsoppangrep (høyre) i 2014.

I slike tilfeller er det usikkert hvilke parametere som er viktigst. Det er uansett et samspill mellom flere faktorer: Temperaturendringer som i seg selv kan gi frostskaider, og uttørkende vind fra samme retning over en lang periode som kan gi tørkeskaider. I vid forstand kan slike tilfeller betegnes som en frosttørkeskade.



Figur 32. Eldre, brune furutrær i Brennsdal, Hyllestad kommune. Foto: H. Solheim.

Hvilke planter som ble skadet varierte. Sviskader på lyng var svært vanlig i områder som var snøbare. Lyngen ble helt brun. For skogeiere var det nok verst med nyplantninger. Det ble rapportert om stor avgang, særlig på planter som ble satt ut i 2013, men også om noe avgang på eldre plantefelt. En studie i 7 kommuner i Nord-Trøndelag viste at det var store forskjeller på kystkommuner og innlandskommuner med store skader langs kysten og lite skade lenger fra kysten med minst skader i Lierne, ved svenskegrensa (Rolandsen 2015). I kystkommunen Fosnes ble over 50 % av plantene registrert som døde, mens bare 6 % var helt uskadde. I Lierne ble bare 1 % registrert som døde, mens 90 % av plantene var uskadde (Rolandsen 2015).

Også store trær fikk mye skader. På furu var det mye skuddavdøing, særlig den siste nåleårgangen var mye berørt. Lenge utover våren og sommeren kunne en observere brune furutrær (Figur 32). Drepte grannåler faller mye fortere av, så nokså snart kunne en observere sterk kroneutglisning i granskoger (Figur 33). Skadene forekom på steder som var eksponert for den uttørkende vinden. Retningen kunne variere alt etter hvor langs kysten skader ble observert, men hovedretningen var østlig, fra sørøstlig til nordøstlig.



Figur 33. Sterk kroneutglisning i granskog i Norddal, Fjaler kommune. Foto: H. Solheim.

3.4.1.3 Granbarkbille (*Ips typographus*)

I 2014 var forsommeren tørr og varm, noe som kunne ha gitt sterke angrep av granbarkbilla. Selv om det var en liten oppgang i barkbillepopulasjonen var det likevel relativt lite angrep, noe som kan skyldes en lav populasjon av billene etter flere år med nedgang (Økland & Wollebæk 2014).

3.4.1.4 Granrustsopp (*Chrysomyxa abietis*)

Det ble registrert mye granrustangrep på Østlandet i 2014, særlig i høydelag fra rundt 300 moh. og opp til 700-800 moh. (Figur 34). I lavereliggende områder var det angrep på unge, spredte enkelttrær. Årets angrep var mye sterkere enn de to forgående årene som også hadde endel angrep (Timmermann et al. 2013, 2014), og det ble uttrykt bekymring fra mange skogeiere. Det er blitt observert trær med nåletap både på to og tre nåleårganger, noe som vil medføre tilveksttap på større trær, mens yngre trær kan risikere å dø. Det er blitt observert angrep over store deler av Østlandet og i Sør-Trøndelag (Figur 31).



Figur 34. Granrustangrep i Imsroa, Stor-Elvdal kommune. Foto: H. Solheim.

3.4.1.5 Rødbandsopp (*Dothistroma septosporum*)

Rødbandsyke på furunåler som forårsakes av rødbandsoppa blir regnet som en av de store klimavinnerne på den nordlige halvkule (Solheim 2012). Den ble første gang registrert i Norge i 2009 i indre strøk av Troms og i 2010 ble den funnet på noen få steder på Østlandet (Solheim og Vuorinen 2011). Inntil 2013 var den blitt funnet i 29 kommuner (Timmermann et al. 2014). Det oppdages stadig nye områder med angrepne trær. Angrepsintensiteten varierer fra år til år, og var forholdsvis lav i 2014, noe som kan skyldes den tørre forsommeren.

3.4.1.6 Snøskader

I midten av februar falt det mye tung, bløt snø på Østlandet. Samtidig var det sterke vinder, noe som gjorde at mange trær ble utsatt for snøbrekk. I enkelte liewer kunne det være store mengder med «blinkende», lyse stammesår. Det var særlig granskog som ble rammet, men også andre treslag kunne få stammebrekk. Det er registrert snøbrekkskader fra Vest-Agder til Oppland og Hedmark. I liewer rundt 4-600 moh. var skaden sterkest. I enkelte bestand var rundt 30 % av trærne knekt, og for eksempel allmenningene på Hadeland endret sine hogstplaner for å «redde» skadd skog (Bjørndal 2014).

3.4.1.7 Stormer

Stormer er en del av været særlig langs kysten, og i 2014 var det fire stormer, Jorun, Kyrre, Lena og Mons. Heldigvis ga ingen av dem store skader på skog.



Figur 35. Tørkeskader på bjørk i Garder, Vestby kommune. Foto: H. Solheim.

3.4.1.8 Tørke

Våren og forsommeren i 2014 var svært tørre og nedbørfattige på Østlandet, særlig i de lavere liggende områdene. Utover i juli ga dette seg utslag i sterk gulning og etter hvert visning hos flere løvtrær, særlig var skadene på bjørk lett synlige (Figur 35). Trær som ikke får synlige symptomer før løvfall kan likevel være påvirket, og de kan miste noe av sin vitalitet og bli lettere utsatt for skadegjørere etter hvert. På utsatte steder ble det også observert bruning på furu. På Østlandet og Sørlandet har det tidligere vært problemer med grantørke, noe som også har vært knyttet til tørkesomme (Solberg et al. 2013). Det kan tenkes at slike skader vil bli synlige i 2015.

3.4.1.9 Andre skader

I Midt-Norge har det i flere år nå vært store angrep av seljebill (*Phratora vulgatissima*). I 2014 kom det ikke så mange rapporter, kanskje fordi «nyhetens interesse» ikke lenger er til stede. Ved direkte henvendelser er det tydelig at det fortsatt er noe angrep.

Snutebiller er ofte et problem i forbindelse med granplantinger. Verst er det i kyststrøkene, men Trøndelag er erfaringsmessig lite rammet (Holt Hansen 2010). En registrering av Rolandsen (2015) i noen kommuner i Nord-Trøndelag i 2014 viste det samme nå også, og Nord-Trøndelag har generelt få problemer med snutebiller.

Ellers var det også noe angrep av flere kjente bladflekksykdommer slik som eikemeldugg (*Erysiphae alphitoides*), spisslønnealdugg (*Sawadaea tulasnei*), lønnetjæreflekk (*Rhytisma acerina*), seljerust (*Melampsora caprearum*), vierrust (*Melampsora epitea* var. *epitea*) og rognerust (*Gymnosporangium cornutum*).

4 DISKUSJON

Gjennomsnittlig kronetetthet i den landsrepresentative skogovervåkingen økte hos både gran og furu i 2014, samtidig som det ble registrert svært lite misfarging hos begge treslag. Det var betydelige regionale forskjeller i kronetetthet, særlig hos gran der Midt-Norge har hatt lavest kronetetthet i hele overvåkingsperioden. Det var en betydelig økning i antall biotiske og abiotiske skader hos gran, furu og andre bar- og lauvtrær i 2014, mens skadeomfanget på bjørk var omtrent uforandret sammenlignet med året før.

På Østlandet ble det observert omfattende angrep av granrustsopp i 2014, og langs kysten fra Vest-Agder til Nordland ble både gran, furu og annen vegetasjon utsatt for store frosttørkeskader. Til tross for det høye skadeomfanget på gran og furu i 2014, har kronetilstanden hos disse treslagene forbedret seg på de landsrepresentative overvåkingsflatene for landet sett under ett. Årsakene til dette er flere.

I noen landsdeler (Sørlandet, Vestlandet, Nord-Norge) er det få grantrær som overvåkes, og overvåkingsflatene i disse landsdelene ligger naturlig også mer spredt enn på Østlandet eller i Midt-Norge (jf. Figur 1). Skader på gran som registreres på Sørlandet, Vestlandet og i Nord-Norge vil kunne påvirke kronetettheten og -fargen regionalt (jf. Figur 7), men ikke nasjonalt.

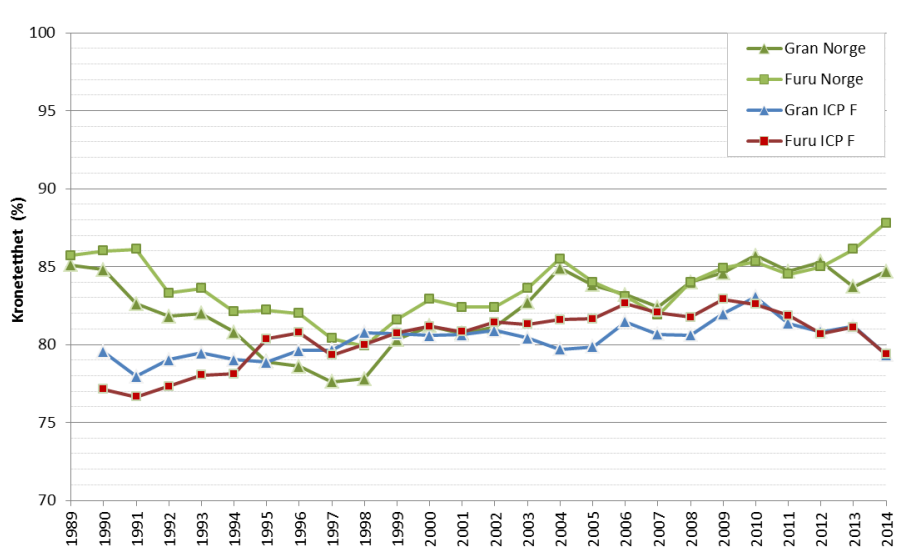
Selv om frosttørkeskadene langs kysten mellom Agder og Nordland stedvis var omfattende og sterke, forekom de mer spredt regionalt og var mest framtrødende nærmest kysten, slik at de kanskje ikke ble fanget opp av flatenettet i disse landsdelene, særlig når det gjelder gran. De frostskadde furutrærne som ble registrert i den landsrepresentative overvåkingen langs kysten mellom Agder og Nordland hadde 6,5 % lavere kronetetthet enn landsgjennomsnittet og to tredjedeler (66 %) av de skadde trærne hadde misfarging, men antallet skadde furutrær som ble registrert på disse overvåkingsflatene var for lavt til å kunne påvirke gjennomsnittet regionalt eller nasjonalt.

På Østlandet var 15 % av grantrærne angrepet av granrust, en dobling siden 2013 og det største angrepet som er registrert i den landsrepresentative overvåkingen siden 2005, likevel økte kronetettheten her. Mens nesten 90 % av de registrerte granrustangrepene bare hadde et lite omfang i krona, hadde skadde trær likevel 2,7 % lavere kronetetthet enn landsgjennomsnittet og en tredjedel (32 %) av de angrepne grantrærne var misfarget. Det betyr at skadene ga et utslag i kronetetthet, men ikke så mye som man skulle forvente, og at forbedringen i kronetilstanden hos de friske trærne mer enn oppveide for reduksjonen hos de skadde trærne.

Overvåkingsmetodikken kan også føre til at skadeomfanget i noen tilfeller ikke fanges opp i tilstrekkelig grad. Mens kronetetthet og -farge bedømmes på øvre halvdel (gran) og øvre 2/3 (furu) av krona (observasjonsdel), registreres skadeforekomsten i hele krona, men omfanget igjen kun i kronas observasjonsdel. De registrerte skadene hadde i de fleste tilfeller et lite omfang i krona, og innvirkningen på kronetetthet og -farge ble dermed ikke så stor. Etter at den landsrepresentative skogovervåkingen ble endret i 2013 slik at den nå følger Landsskogtakseringens 5-årige omdrev, blir det ikke lenger utført årlige registreringer på de samme trærne og flatene. Isteden er det nå et representativt utvalg av flater og trær som overvåkes hvert år. Dermed har muligheten til å kunne følge utviklingen i kronetilstanden hos de samme trærne fra år til år falt bort. Ved årlige registreringer på de samme trærne ville de observerte skadene muligens ha kunnet gi et større

utslag i kronetetthet og -farge enn det som ble registrert på de landsrepresentative overvåkingsflatene i 2014.

Gjennomsnittlig kronetetthet for gran på ICP Forests' Level I flater i Europa har stort sett vært lavere enn i Norge (Figur 36, Seidling et al. 2015). Unntaket er perioden fra 1996-99, som var preget av lav kronetetthet hos gran i Norge som en følge av gjentatte tørkeepisoder i sommerhalvåret. Furu i Norge har hatt høyere kronetetthet enn i Europa i hele overvåkingsperioden, bortsett fra i 1998. Fra 2009 til 2014 har kronetetthet for både gran og furu i det europeiske Level I nettverket hatt en synkende tendens. Statistiske trendanalyser har vist at kronetettheten hos gran har hatt en svak, men signifikant nedgang i perioden 1992-2014, mens det ikke kunne påvises noen trend hos furu (Potočnik et al. 2015). En studie gjennomført på data fra ICP Forests Level II flater viste en positiv sammenheng mellom nitrogendeposisjon og lav kronetetthet (<75%) hos gran i Europa, mens effekten var motsatt for furu (Ferretti et al. 2015).



Figur 36. Utvikling i gjennomsnittlig kronetetthet for gran og furu på de landsrepresentative flatene i Norge (fra 1989) og på ICP Forests' Level I flater (fra 1990) fram til 2014.

Utslipp fra vulkanen Bárðarbunga på Island i 2014 førte til de høyeste døgnmidlene av svoveldioksid målt i Norge siden begynnelsen av nittitallet, og påvirket også konsentrasjonen av sulfat i luft og nedbør spesielt i Midt- og Nord-Norge. Store nedbørsmengder i Sørvest-Norge førte til en høy våtavsetning i denne delen av landet. Dermed ble totalavsetningen for svovel i Norge spesielt høy i 2014. I et lengre tidsperspektiv (35 år) har det likevel vært store reduksjoner av de målte svoveldioksid- og sulfatnivåene i Norge.

For uorganiske nitrogenforbindelser har det vært en økning i konsentrasjonsnivået på flere stasjoner i 2014, muligens pga. av endringer i lokale eller regionale utslipp, mens store nedbørsmengder sannsynligvis er årsaken til økningen i nitrat og ammonium i kronedrypp i Birkenes og Osen i 2014. Den høyeste konsentrasjonen av nitrogendioksid ble i 2014 målt i Hurdal, sannsynligvis forårsaket av utslipp fra et relativt høyt trafikknivå i denne regionen. Imidlertid har

det vært en tydelig og signifikant nedgang for nitrogendioksid i Norge siden 1990 og en reduksjon i deposisjon av uorganisk nitrogen i kronedrypp, i hvert fall i Birkenes.

Generelt ble konsentrasjonen av antropogene svovelforbindelser i luft, avsetningen av antropogen sulfat i nedbør og konsentrasjonen av dette i jordvann i Norge sterkt redusert på 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet som et resultat av reduserte SO₂-utslipp i Europa, mens det ikke er påvist noen tydelig trend i avsetning av uorganisk nitrogen de siste årene.

De målte ozonkonsentrasjonene i fastlands-Norge oversteg i 2014 ikke EUs terskelverdi på 180 µg/m³. Grenseverdien for landbruksvekster, 3000 ppb-timer, ble likevel overskredet på to målestasjoner, mens det ikke forekom overskridelser av grenseverdien for skog (5000 ppb-timer).

Nitrogen deposisjon har trolig ført til økt tilvekst i Norge (Solberg et al. 2009, Andreassen & Aas 2015). Eksperimentelle forsøk viser tilvekstreduksjon ved kunstig vanning med høye sulfatkonsentrasjoner (Abrahamsen et al. 1994), men observert sulfatdeposisjon har ikke påvirket tilveksten i skog i Norge (Solberg et al. 2009, Andreassen & Aas 2015). Virkningen av nitrogen- og sulfatdeposisjon på trær tilvekst motvirker hverandre, slik at en negativ effekt av sulfatdeposisjon på tilvekst ikke kan utelukkes.

Utviklingen av askeskuddsyke i skogbestand har blitt overvåket på faste flater på Sør- og Østlandet siden 2009 og på Vestlandet siden 2012. Mortaliteten på overvåkingsflatene er høy, særlig blant de minste trærne på Østlandet, og skadeomfanget er økende i alle landsdeler. Små trær rammes hardere og drepes lettere av askeskuddsyken enn store trær fordi nekroser på stammen lett kan føre til at hele toppen eller endog hele treet dør, mens det hos et stort tre vil ta flere år å drepe store greiner. Antakelig er også infeksjonspresset større for de små trærne som har sin bladmasse nærmere bakken der sporespredningen fra fruktlegemene skjer, enn for de store, dominante trærne. Dessuten er de minste trærne mer utsatt for konkurranse fra annen vegetasjon og vil lettere bukke under når de i tillegg er angrepet og svekket av askeskuddsyken. Angrepne asketrær danner mye vannris, som er et symptom på stress, for å kompensere for løvverket som er tapt gjennom sykdommen, noe som fører til en midlertidig økning i bladmasse særlig hos store trær. Det er store individuelle forskjeller i kronetilstanden mellom de dominante trærne på de fleste flatene. Noen er nesten helt friske, mens andre har svært lite bladverk igjen eller har dødd. Dette kan tyde på at fins forskjeller i resistens mot sykdommen hos ask som kan være genetisk betinget. Felles for askeskuddsykens forløp hos de fleste store trærne er at kronetilstanden forverrer seg gradvis og at det som oftest skjer små endringer i bladmassen fra år til år. Angrepne trær, både små og store, svekkes av sykdommen og vil derfor være mer utsatt for andre skadegjørere (for eksempel honningsopp) og for konkurranse og ugunstige klimatiske faktorer. Det kan dermed være flere faktorer i samspill som til slutt fører til at trærne dør.

5 KONKLUSJONER

Endret klima med mildere vintre, tørkeepisoder om sommeren i noen regioner og økt stormfrekvens vil kunne føre til et større omfang av abiotiske skader. Også en del sopper og insekter begunstiges av et endret klima, og man vil kunne forvente at allerede forekommende arter sprer seg til nye områder eller gjør større skade en tidligere. Også nye, invaderende skadegjørere kan forventes å etablere seg i Norge.

Året 2014 var preget av særlig to sopp-skadegjørere; askeskuddbeger og granrustsopp. Askeskuddsyke er stadig på frammarsj i Norge, og hadde i 2014 spredd seg videre nordover i Møre og Romsdal. Mortaliteten blant asketrærne på overvåkingsflatene er høy på Østlandet og økende på Vestlandet, særlig i de minste diameterklassene, og andelen sterkt skadde asketrær øker i alle aldersklasser. Det ble også registrert mye angrep av granrustsopp på Østlandet i 2014, der mange trær ble angrepet for tredje år på rad med misfarging og kroneutglisning og dermed tilveksttap som følge.

Gran, furu og bunnvegetasjonen ble i 2014 utsatt for omfattende frosttørkeskader langs kysten fra Vest-Agder til Nordland. På sommeren ble det også observert tørkesymptomer på mange forskjellige treslag på Østlandet, særlig på løvtrær.

Til tross for omfattende skader på gran og furu i 2014, har kronetilstanden hos disse treslagene på de landsrepresentative overvåkingsflatene forbedret seg for landet sett under ett. Få grantrær på flatene på Sørlandet, Vestlandet og i Nord-Norge og generelt få, spredte overvåkingsflater i disse landsdelene gjør det vanskelig å fange opp alle skader her. Endringen av overvåkingen fra årlige registreringer til 5-årige omdrev kan også ha hatt en innvirkning på resultatene.

Det var en liten oppgang i granbarkbillepopulasjonen i 2014, men det var likevel et relativt lite omfang av angrep, noe som kan skyldes en lav billepopulasjon etter flere år med nedgang.

Konsentrasjonen av antropogene svovelforbindelser i luft, avsetningen av antropogent sulfat i nedbør og konsentrasjonen av dette i jordvann ble sterkt redusert i Norge på 1990-tallet og begynnelsen av 2000-tallet som et resultat av reduserte SO₂-utslipp i Europa, mens det ikke er påvist noen tydelig trend i avsetning av uorganisk nitrogen de siste årene. I 2014 førte et vulkanutbrudd på Island og store nedbørsmengder i deler av Norge til de høyeste døgnmidlene av svoveldioksid målt i Norge siden begynnelsen av nittitallet og en generelt høy totalavsetning for svovel. Også for uorganiske nitrogenforbindelser har det vært en økning i konsentrasjonsnivået på flere målestasjoner i 2014, muligens pga. av endringer i lokale eller regionale utslipp, som f.eks. økt veitrafikk, i samspill med store nedbørsmengder enkelte steder. De målte ozonkonsentrasjonene i fastlands-Norge oversteg ikke EUs terskelverdi i 2014. Grenseverdien for landbruksvekster ble likevel overskredet på to målestasjoner, mens det ikke forekom overskridelser av grenseverdien for skog.

ETTERORD

Overvåkingsprogram for skogskader (OPS) og skadearkivet «Skogskader.no» 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. En spesiell takk rettes til Rune Eriksen for tilretteleggingen av data fra den landsrepresentative overvåkingen og til Jørn Petter Storholt for produksjon av kart.

LITTERATURREFERANSER

- Abrahamsen, G., Stuanes, A.O. & Tveite, B. 1994. Long-term experiments with acid rain in Norwegian forest ecosystems. *Ecological Studies* 104. Springer-Verlag. New York.
- Andreassen, K. & Aas, W. 2015. Effects of nitrogen deposition on growth in Norway spruce forest in Norway. In Ferretti, M. (ed.). Long-term trends and effects of air pollution on forest ecosystems, their services, and sustainability. Proceedings of 4th ICP Forests scientific conference, Ljubljana, Slovenia. 1-50.
- Andreassen, K., Clarke, N. & Timmermann, V. 2012a. Intensiv skogovervåking i 2011. Resultater fra ICP Forests Level 2 flater i Norge. Rapport fra Skog og landskap 17/12: 19 s.
- Andreassen, K., Timmermann, V., Clarke, N., Solheim, H. & Aas, W. 2012b Overvåkingsprogram for skogskader. Årsrapport 2011. Rapport fra Skog og landskap 18/12: 24 s.
- Anon. 2014. Klimaendringene i Norge og betydningen for lokal beredskap. I: Felles beredskap – Felles ansvar. Røde Kors Rapport 2014: 4-15.
- Bjørndal, J. 2014. Store snøbrekkskader. *Norsk Skogbruk* 60(6): 4-5.
- Ferretti, M., Calderisi, M., Marchetto, A., Waldner, P., Thimonier, A., Jonard, M., Cools, N., Rautio, P., Clarke, N., Hansen, K., Merilä, P. & Potočnik, N. 2015. Variables related to nitrogen deposition improve defoliation models for European forests. *Annals of Forest Science*. Springer-Verlag France. DOI 10.1007/s13595-014-0445-6.
- Hansen-Bauer, I. & Haugen, J.E. 2007. Klimascenarier. I: Solberg, S. & Dalen, L.S. (red.). Effekter av klimaendring på skogens helsetilstand, og aktuelle overvåkingsmetoder. *Viten fra Skog og landskap* 3/07: 9-12.
- Holt Hansen, K. 2010. Snutebilleskader på Vestlandet og i Trøndelag 2009. Rapport fra Skog og landskap 01/2010.
- IPCC 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Köhl, M. & San-Miguel-Ayanz, J. 2011. Part I: Pan-European Quantitative Indicators for Sustainable Forest Management. In *FOREST EUROPE, UNECE and FAO 2011: State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe*: 15-142.
- Landsskogtakseringen 2014. Landsskogtakseringens feltinstruks 2014. Håndbok fra Skog og landskap 02/2014: 158 s + vedlegg.
- Lorenz, M., Fischer, R., Becher, G., Mues, V., Granke, O., T. Braslavskaya, T., Bobrinsky, A., Clarke, N., Lachmanová, Z., Lukina, N. & Schimming, C. 2009: *Forest Condition in Europe. 2009 Technical Report of ICP Forests*. Work report of the Institute for World Forestry 2009/1, Hamburg, 85 pp + Annexes.
- Michel, A. & Seidling, W. (eds.). 2014. *Forest Condition in Europe. 2014 Technical Report of ICP Forests*. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. BFW-Dokumentation 18/2014. 121 pp + Annexes.
- Ogner, G., Wickstrøm, T., Remedios, G., Gjelsvik, S., Hensel, G.R., Jacobsen, J.A., Olsen, M., Skretting, E. & Sørli, B. 1999. The chemical analysis program of the Norwegian Forest Research Institute 2000. Norwegian Forest Research Institute. Chemical Laboratories, Ås. ISBN 82-7169-917-2. 23 pp.
- Potočnik, N., Timmermann, V. & Trotzer, S. 2015. Trends in forest responses. Crown condition. In: De Wit, H. (ed.). Trends in ecosystem and health responses to long-range transported atmospheric pollutants. WGE Trends report 2015. *In prep.*
- Rolandsen, S. 2015. Skader på granforyngelser, Nord-Trøndelag. Bachelor i skogbruk, Høgskolen i Hedmark, avdeling for anvendt økologi og landbruksfag.
- Seidling, W., Sanders, T., Akselsson, C., Cools, N., De Marco, A., de Vos, B., de Vries, W., Etzold, S., Ferretti, M., Fischer, U., Giordani, P., Graf Pannatier, E., Hansen, K., Jonard, M., Marchetto, A., Nevenic, R., Rautio, P., Reinds, G., Skudnik, M., Solberg, S., Suz, L.M., Ukonmaanaho, L., Vanguelova, E., Veresoglou, S., Waldner, P., Wattel-

- Koekoek, E., Lindra, D. & Fischer, R., 2014: The Condition of Forests in Europe: 2013 Executive Report. ICP Forests, Eberswalde, 36 p.
- Seidling, W., Trotzer, S., Sanders, T., Timmermann, V., Potočík, N. & Michel, A. 2015. Tree crown condition and damage causes. In: Michel, A. & Seidling, W. (eds.). Forest condition in Europe: 2015 Technical report of ICP Forests. Report under the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). Vienna: BFW Austrian Research Centre for Forests. BFW Dokumentation 21/2015. 182 p.
- Skogskader.no 2015. Skogskadebeskrivelser og rapportering. <http://www.skogskader.no>.
- Solberg, S., Dobbertin, M., Reinds, G.J., Lange, H., Andreassen, K., Fernandez, P.G., Hildingsson, A. & de Vries, W. 2009. Analyses of the impact of changes in atmospheric deposition and climate on forest growth in European monitoring plots: A stand growth approach. *Forest Ecology and Management* 258: 1735-1750.
- Solberg, S., Andreassen, K., Antón Fernández, C., Børja, I., Ermák, J., Dalsgaard, L., Eklundh, L., Garcia, M., Gessler, A., Godbold, D., Hentschel, R., Kayler, Z., Madsen, P., Nadezhdina, N., Rosner, S., Světlík, J., Tollefsrud, M.M., Tveito, O.E. & Øyen, B.-H. 2013. Grantørkeprosjektet. Sluttrapport. Rapport fra Skog og landskap 22/13: V, 27 s.
- Solheim, H. 2012. Klimavinnerne. Rødbandsoppen - den røde fare. *Norsk Skogbruk* 58(5): 34.
- 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.
- Timmermann, V. 2008. Kronetilstandsregistreringer på de regionale skogovervåkingsflater. Resultater 2007. Forskning fra Skog og landskap 2/08:
- Timmermann, V., Solheim, H., Clarke, N., Aas, W. & Andreassen, K. 2013. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2012. Rapport fra Skog og landskap 12/13: 32 s.
- Timmermann, V., Andreassen, K., Clarke, N., Nordbakken, J.F., Røsberg, I., Solheim, H. & Aas, W. 2014. Skogens helsetilstand i Norge. Resultater fra skogskadeovervåkingen i 2013. Rapport fra Skog og landskap 13/14: 43 s.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) 2010. Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Revised 2010. UNECE ICP Forests Programme Co-ordinating Centre, Hamburg. ISBN: 978-3-926301-03-1. [<http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>]
- Vestjordet, E. 1967. Funksjoner og tabeller for kubering av stående gran. Meddelelser fra det norske skogforsøksvesen. 22: 539-574.
- Zhao, Y.-J., Hosoya, T., Baral, H.-O., Hosaka, K. & Kakishima, M. 2012. *Hymenoscyphus pseudoalbidus*, the correct name for *Lambertella albida* reported from Japan. *Mycotaxon* 122: 25-41.
- Zheng H.-D. & Zhuang, W.-Y. 2013. *Hymenoscyphus albidoides* sp. nov. and *H. pseudoalbidus* from China. *Mycological Progress* DOI 10.1007/s11557-013-0945-z.
- Økland, B. & Wollebæk, G. 2014. Granbarkbillen. Registrering av bestandsstørrelsene i 2014. Oppdragsrapport fra Skog og landskap 05/14: IV, 14 s.
- 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., Platt, S., Solberg, S. & Yttri, K.E. 2015. Monitoring of long-range transported air pollutants in Norway, annual report 2014. Rapport fra Miljødirektoratet M-367/2015: 69s + vedlegg.



NIBIO

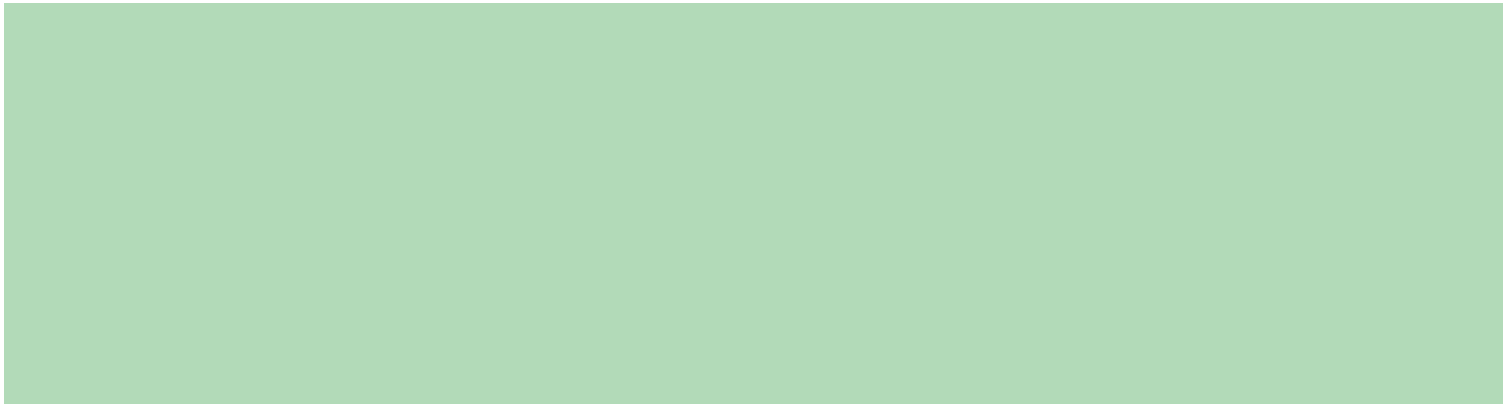
NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.



Forsidefoto: H.Solheim

nibio.no